

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Трифонов Дмитро Миколайович



УДК 629.331:662.994

**ПОЛІПШЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ І ЕКОЛОГІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ
АКУМУЛЯТОРІВ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ДЛЯ ПРОГРІВУ ДВИГУНА**

Спеціальність 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі "Двигуни і теплотехніка" Національного транспортного університету (НТУ) Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Гутаревич Юрій Феодосійович,
Національний транспортний університет, м. Київ,
завідувач кафедри "Двигуни і теплотехніка".

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Поляков Андрій Павлович,
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,
професор кафедри "Автомобілі та транспортний менеджмент";

кандидат технічних наук, доцент
Симоненко Роман Вікторович,
ДП "Державний автотранспортний науково-дослідний і
проектний інститут", м. Київ,
заступник завідувача лабораторії дослідження використання
палив та екології.

Захист відбудеться "18" травня 2018 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.03 в Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, аудиторія 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розісланий "14" квітня 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



С.В. Ковбасенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Забезпечення ефективної експлуатації автомобіля, що відповідає сучасним вимогам до паливної економічності та екологічної безпеки, неможливе без урахування умов експлуатації. Значний вплив на паливну економічність та екологічні показники автомобіля чинять природно-кліматичні фактори. В умовах низьких температур навколишнього повітря ефективність експлуатації автомобіля при безгаражному утриманні значною мірою залежить від способу його підготовки, який повинен з мінімальними витратами паливно-енергетичних ресурсів, забезпечити швидкий і безаварійний пуск його холодного двигуна і прискорене прогрівання. В зв'язку з цим актуальним є пошук і застосування методів і заходів, які дозволяють зменшити витрати паливно-енергетичних ресурсів та скоротити час на відновлення теплового стану двигуна. Перспективним напрямом реалізації енергоефективних технологій на автомобільному транспорті є застосування пристроїв, які здатні утилізувати та акумулювати частину теплової енергії відпрацьованих газів (ВГ) з метою подальшого її використання для поліпшення робочого процесу завдяки підігріву повітря на впуску в режимі прогрівання холодного двигуна.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно плану наукових робіт Національного транспортного університету: за темою «Поліпшення показників автомобілів в умовах експлуатації застосуванням сучасних систем живлення і альтернативних палив» на 2013-2014 роки (державна реєстрація № 0112U008409), за темою «Дослідження екологічних показників двигунів різного призначення при використанні альтернативних палив та удосконалення систем регулювання та живлення» на 2014-2015 роки (державна реєстрація № 0112U008409), за темою «Дослідження систем живлення, регулювання, систем впуску - використанням теплових акумуляторів та систем нейтралізації відпрацьованих газів двигунів різного призначення» на 2015-2016 роки (державна реєстрація № 0116U007533), за темою «Розробка і дослідження комплексної системи комбінованого прогріву транспортного двигуна на основі технології теплового акумулювання в умовах експлуатації» на 2016-2017 роки (державна реєстрація № 0116U006429).

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційного дослідження є поліпшення паливної економічності і екологічних показників автомобіля раціональним прогріванням його двигуна за допомогою теплового акумулятора фазового переходу (ТАФП).

Для досягнення поставленої мети вирішували наступні задачі:

1. Аналіз досліджень впливу режиму прогрівання двигуна з іскровим запалюванням на паливну економічність та екологічні показники.

2. Аналіз методів і пристроїв для полегшення пуску холодного двигуна та його прогріву з метою поліпшення паливної економічності та екологічних показників двигунів з іскровим запалюванням легкових автомобілів в режимі прогрівання.

3. Обґрунтування доцільності застосування системи прогріву двигуна з іскровим запалюванням з накопиченням теплової енергії в ТАФП. Визначення параметрів теплового акумулятора (ТА).

4. Розробка методики визначення ефективності застосування системи прогріву двигуна підігрівом повітря на впуску з ТАФП.

5. Проведення стендових випробувань двигунів з іскровим запалюванням з різними системами живлення в режимі прогрівання з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї.

6. Проведення дорожніх випробувань легкових автомобілів з двигунами з іскровим запалюванням в режимі прогрівання з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї.

7. Проведення розрахункових досліджень щодо ефективності використання на автомобілі системи підігріву повітря на впуску з ТАФП.

Об'єкт дослідження – режим прогрівання двигунів легкових автомобілів з іскровим запалюванням в умовах низьких температур навколишнього повітря.

Предмет дослідження – паливна економічність, викиди шкідливих речовин (ШР) з ВГ автомобіля в режимі прогрівання його двигуна різними методами.

Методи дослідження.

Експериментальним методом досліджували:

- паливну економічність, вміст ШР у ВГ та показники теплового стану двигунів з іскровим запалюванням з різними системами живлення в режимі прогрівання різними методами;

- показники роботи двигунів з іскровим запалюванням з різними системами живлення в режимі прогрівання з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї;

- показники роботи автомобіля в дорожніх умовах при прогріванні його двигуна з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї;

- процеси зарядки, зберігання теплової енергії та розрядки ТАФП.

Розрахунковим методом визначали:

- масові викиди ШР двигунів з іскровим запалюванням з різними системами живлення в режимі прогрівання;

- показники роботи автомобіля в русі за режимами Європейського міського їздового циклу з використанням системи підігріву повітря на впуску з ТАФП;

- параметри ТАФП для забезпечення раціонального підігріву повітря на впуску в режимі прогрівання двигуна автомобіля.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Встановлено, що при підігріві повітря на впуску в двигунах з іскровим запалюванням з різними системами живлення та нейтралізації ШР, зменшуються тривалість прогрівання двигуна, витрата палива на прогрів, масові викиди ШР з ВГ.

2. Вперше встановлено, що підігрів повітря на впуску двигуна з іскровим запалюванням і системою впорскування зі зворотнім зв'язком зменшує тривалість прогрівання трикомпонентного каталітичного нейтралізатора (КН) і виходу його на ефективні показники функціонування.

3. Встановлено, що використання теплової енергії ТАФП дозволяє забезпечити раціональне використання акумульованої частини теплової енергії ВГ для підігріву повітря на впуску в режимі прогрівання двигунів з іскровим запалюванням в умовах низьких температур навколишнього повітря.

Практичне значення одержаних результатів складають:

1. Методика визначення ефективності системи підігріву повітря на впуску з ТАФП за руху автомобіля в режимах Європейського міського їздового циклу.

2. Експериментальні дані стосовно витрат палива автомобілем в дорожніх умовах при прогріві його двигуна різними методами.

3. Обґрунтовані рекомендації щодо вибору методу прогріву двигуна автомобіля при експлуатації в умовах низьких температур навколишнього повітря.

4. Експериментальні значення витрати палива автомобілем в режимі прогрівання двигуна залежно від його теплового стану з системою підігріву повітря

на впуску з ТАФП та без неї.

5. Рекомендації щодо визначення параметрів ТАФП та вибору теплоакумуючого матеріалу (ТАМ).

6. Результати досліджень впроваджені в 482-ому конструкторсько-технологічному центрі Збройних Сил України та ТОВ науково-виробнича компанія «ТЕХІМПЕКС».

Особистий внесок здобувача. Основні результати, які викладені в дисертації і подані до захисту, отримано здобувачем самостійно. Роботи [4,7,9,11,12,13] опубліковані без співавторів у роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: аналіз сучасних методів дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу в режимах пуску і прогрівання [1], постановка задачі та обробка результатів експериментальних досліджень двигуна з карбюраторною системою [2,17], розрахунок запропонованого пристрою для підвищення паливно-економічних й екологічних показників автомобіля в режимі прогрівання та його випробування [3,10], постановка задачі та обробка результатів випробування двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 в режимі холостого ходу [5] та дорожніх умовах [6], постановка задачі та обробка результатів дорожніх випробувань автомобіля Daewoo Lanos [8,16], аналіз сучасних методів і засобів прогріву автомобільних двигунів в умовах експлуатації, в тому числі з використанням ТАФП [14,15].

Апробація результатів дисертації. Теоретичні, методичні та практичні положення дисертаційної роботи представлені у вигляді тез та доповідей на 4-х міжнародних та 2-х всеукраїнських науково-технічних конференціях: LXXI науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, НТУ, 2015 р., м. Київ, міжнародній українсько-польській конференції «Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів та двигунів», НТУ, 2015 р., м. Київ, 13-й міжнародній науково-технічній конференції «Наука – образованию, производству, экономике», БНТУ, 2015, м. Мінськ, LXXII науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, НТУ, 2016 р., м. Київ, міжнародній українсько-польській конференції «Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів та двигунів», НТУ, 2016 р., м. Київ, 15-й міжнародній науково-технічній конференції «Наука – образованию, производству, экономике», БНТУ, 2017, м. Мінськ.

Публікації. Матеріали дисертаційної роботи опубліковано у 17 наукових працях, з яких 7 статей опубліковано у фахових виданнях України, 2 статті в іноземних періодичних виданнях та 4-х тезах науково-технічних конференцій. Шість наукових праць видано одноосібно. Отримано два патента України на корисну модель і два свідоцтва про реєстрацію авторських прав на твір (у співавторстві).

Структура та обсяг дисертації. Робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 236 сторінок, включаючи 159 сторінок основного тексту, 21 таблицю, 85 рисунків, список використаних джерел зі 135 найменувань та 6 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовані мета, задачі, об'єкт і предмет дослідження, викладені наукова новизна, практичне значення, інформація про апробацію та публікацію основних положень дисертації.

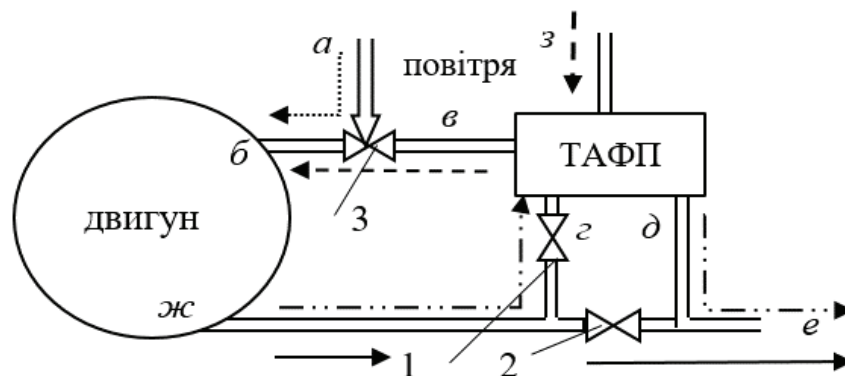
У першому розділі проведено аналіз впливу низьких температур навколишнього повітря на показники роботи автомобіля в режимі прогрівання його холодного двигуна, результатів попередніх досліджень різних методів прогріву автомобільних двигунів в умовах експлуатації та впливу цих методів на паливну економічність, екологічні показники та час виходу КН на режим ефективного функціонування після пуску холодного двигуна.

За результатами аналізу методів і засобів, з точки зору поліпшення паливної економічності і екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням та системою нейтралізації ВГ встановлено, що: системи передпускової теплової підготовки двигуна потребують додаткових витрат паливно-енергетичних ресурсів, сприяють збільшенню викидів ШР в навколишнє середовище, потребують внесення несанкціонованих автовиробником змін в конструкцію двигуна або систем, які забезпечують його роботу. Використання різного роду нагрівачів і хімічних реагентів (у тому числі продуктів, що містять водень) для прискорення виходу системи нейтралізації ВГ на режим ефективного функціонування вимагає вирішення складних технічних і конструктивних завдань і є досить енерговитратним.

Встановлено, що перспективним напрямом реалізації енергоефективних технологій на автомобільному транспорті є прогрівання двигуна з використанням пристрою, який здатен утилізувати та акумулювати частину теплової енергії ВГ з метою подальшого її використання в режимі прогрівання холодного двигуна.

У другому розділі визначена загальна методика проведення досліджень. За результатами аналізу систем передпускового розігріву двигуна та пристроїв, які застосовують в режимах пуску холодного двигуна і прогрівання, обрана система прогріву двигуна легкового автомобіля з підігрівом повітря на впуску.

Для отримання теплової енергії для підігріву повітря на впуску використали ТАФП, в якому акумулюється утилізована частина теплової енергії ВГ. Запропонована система підігріву повітря на впуску з ТАФП не потребує додаткових джерел енергії, внесення змін в конструкцію двигуна та систем, які забезпечують його роботу, та не збільшує аеродинамічний опір у впускному колекторі (рис. 1).



1, 2 – крани прохідні запірні, 3 – пристрій автоматичного регулювання температури повітря на впуску
Рисунок 1 – Схема функціонування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП

Запропонована система забезпечує наступні режими функціонування:

- режим роботи двигуна зі штатною системою впуску повітря (а – б) та випуску ВГ (жс – е) - кран 1 закритий, кран 2 відкритий (повітря з навколишнього середовища минаючи ТАФП надходить у впускний колектор);
- ...→ режим зарядки ТАФП - повітря (а – б), ВГ (жс – г – д – е), кран 1 відкритий, кран 2 закритий (ВГ при роботі двигуна проходять через ТАФП);

---► режими пуску та прогрівання холодного двигуна – повітря (з – в – б), ВГ (ж – е), кран 1 закритий, кран 2 відкритий (холодне повітря з навколишнього середовища через ТАФП надходить у впускний колектор двигуна).

Запропоновано спрощений варіант теплотехнічного розрахунку ТАФП для системи підігріву повітря на впуску з метою визначення: параметрів теплоносіїв, необхідного запасу теплової енергії (теплової ємності ТА), маси вибраного ТАМ, габаритних розмірів ТАФП, площі поверхні теплообміну (внутрішньої та зовнішньої), товщини шару теплоізоляційного матеріалу.

У **третьому розділі** уточнена математична модель руху автомобіля за режимами Європейського міського їздового циклу з врахуванням прогріву двигуна різними методами. За результатами аналізу сучасних їздових циклів (зокрема, Європейського міського їздового циклу) для дослідження впливу різних методів прогріву двигуна запропоновано скористатись спрощеним їздовим циклом в зв'язку з тим, що регламентований їздовий цикл досить складний для відтворення в математичній моделі теплового стану двигуна.

Прийняті спрощення дозволяють розглядати в Європейському міському їздовому циклі (рис. 2):

1. Режими мінімальної частоти обертання холостого ходу.
2. Режими прискорення автомобіля на різних передачах.
3. Режими руху з сталою швидкістю на різних передачах.
4. Режими сповільнення.

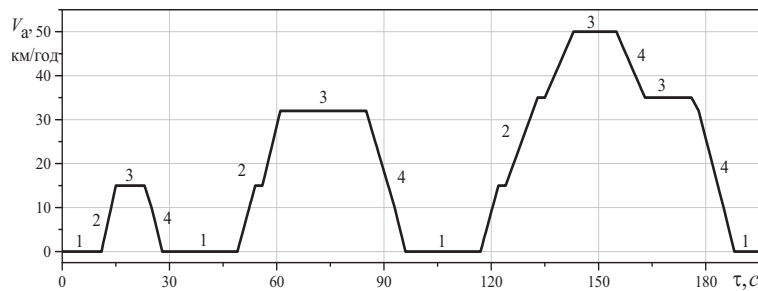


Рисунок 2 – Фрагмент Європейського міського їздового циклу з прийнятими в розрахунках режимами

Використовуючи відомі математичні рівняння, визначали необхідний для руху автомобіля крутний момент M_k . Для прикладу, в русі автомобіля з прискоренням на кожній елементарній ділянці розгону та кожній передачі в коробці передач згідно карти їздового циклу:

$$M_k = I_\partial \cdot \frac{dn_\partial}{dt} \cdot \frac{\pi}{30} + I_{зч} \cdot \frac{dn_\partial}{dt} \cdot \frac{\pi}{30} + M_{оп}, \quad (1)$$

де $\frac{dn_\partial}{dt}$ – прискорення колінчастого вала двигуна, $\text{хв}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$;

I_∂ – момент інерції мас двигуна, що обертаються, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$I_{зч}$ – момент інерції мас автомобіля, які обертаються, зведений до зчеплення, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$M_{оп}$ – момент опору руху автомобіля, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

За використанням значення M_k і швидкості руху автомобіля визначали необхідні розрідження у впускному колекторі Δp_k і частоту обертання n_∂ , за допомогою яких в режимі прискорення на кожній елементарній ділянці.

Ці показники описували поліноміальними залежностями другого степеня:

$$G_i = c_0 + c_1 \Delta p_k + c_2 n_d + c_{11} \Delta p_k^2 + c_{22} n_d^2 + c_{12} \Delta p_k n_d \quad (2)$$

Після розрахунку параметрів за абсолютними показниками в кожному неусталеному режимі на елементарній ділянці визначали за наведеними нижче математичними залежностями значення цих параметрів в «середній точці».

Після заміни ділянок з однаковим математичним описом "середньою точкою" об'єднали їх в один режим.

Середню частоту обертання на певній ділянці режиму Європейського міського їздового циклу визначали за залежністю:

$$n_{d_c} = \frac{\sum_1^m n_d \cdot \tau_i}{\sum_1^m \tau_i}, \quad (3)$$

де n_d – частота обертання на елементарній ділянці неусталеного режиму, хв^{-1} ;

m – кількість ділянок режиму;

τ_i - тривалість руху автомобіля на елементарній ділянці режиму, год.

Середній крутний момент на певній ділянці режиму Європейського міського їздового циклу визначали за залежністю:

$$M_{k_c} = \frac{\sum_1^m M_k \cdot \tau_i}{\sum_1^m \tau_i}, \quad (4)$$

де M_k – крутний момент на елементарній ділянці неусталеного режиму, Н·м.

Середню витрату бензину на певній ділянці режиму Європейського міського їздового циклу визначали за залежністю:

$$G_{нал_c} = \frac{\sum_1^m G_i \cdot \tau_i}{\sum_1^m \tau_i}, \quad (5)$$

де G_i – витрата бензину на елементарній ділянці неусталеного режиму, кг/год.

Масові викиди ШР розраховували за поліноміальними залежностями (2) аналогічно розрахунку годинної витрати бензину.

Можливість спрощення їздового циклу (заміни неусталених режимів усталеними) перевіряли розрахунком витрати бензину в регламентованому і спрощеному їздових циклах при прогрітому двигуні, розрахунки за якими проводили в інших дослідженнях.

Порівняння витрати бензину за фрагмент Європейського міського їздового циклу при змінній і середній витраті проводили методом порівняння площі під лініями витрати бензину прогрітим двигуном (рис. 3):

$$G_{нал} = S \cdot m_G \cdot m_\tau, \quad (6)$$

де S – $\text{мм}^2/\text{фрагмент}$;

m_G - масштаб витрати бензину, $(\text{кг}/\text{год})/\text{мм}$;

m_τ - масштаб часу, $\text{год}/\text{мм}$.

Різниця в витраті бензину, яка отримана в попередніх дослідженнях на один фрагмент регламентованого Європейського міського їздового циклу та розрахункова на один фрагмент спрощеного, складає 2,5%, що свідчить про можливість такого підходу для визначення порівняльних показників автомобіля з двигуном з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї.

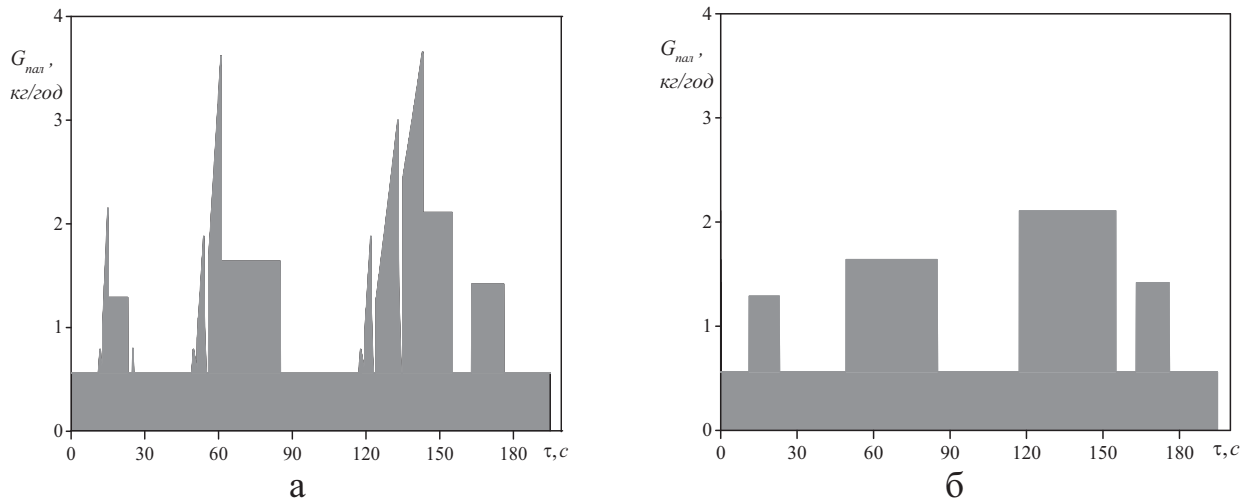


Рисунок 3 – Залежності годинної витрати бензину в режимах регламентованого (а) і спрощеного (б) їздових циклів для прогрітого двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія»

У четвертому розділі наведено мету, задачі, програму, об'єкти стендових і дорожніх випробувань та результати експериментальних досліджень.

Метою експериментальних досліджень є визначення ефективного методу прогріву двигуна легкового автомобіля з іскровим запалюванням при експлуатації в умовах низьких температур навколишнього повітря з урахуванням його паливної економічності та викидів ШР з ВГ.

Для досягнення мети експериментальних досліджень у роботі вирішували наступні задачі:

1. Дослідження впливу підігріву повітря на впуску двигунів з іскровим запалюванням з різними системами живлення на паливну економічність та викиди ШР з ВГ в режимі прогрівання двигунів різними методами.

2. Визначення показників ТАФП як джерела теплової енергії для підігріву повітря на впуску двигунів з іскровим запалюванням.

3. Дослідження впливу методу прогріву двигуна з іскровим запалюванням в штатній комплектації на паливну економічність легкового автомобіля в експлуатаційних умовах.

4. Визначення паливної економічності і викидів ШР автомобілем в режимі прогрівання його двигуна в штатній комплектації за низьких температур навколишнього повітря в умовах інтенсивного дорожнього руху в міських умовах.

5. Визначення паливної економічності і викидів ШР автомобілем в режимі прогрівання його двигуна з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП.

Об'єктами стендових досліджень були двигуни з іскровим запалюванням MeM3-245 з карбюраторною системою та VW BBU з системою впорскування та двоступеневою системою нейтралізації ШР. У систему випуску ВГ двигуна MeM3-245 встановлено трикомпонентний КН.

Об'єктами дорожніх випробувань були легкові автомобілі Daewoo Lanos з системою впорскування та ЗАЗ-1102 «Таврія» з карбюраторною системою.

Дослідження впливу застосування підігріву повітря на впуску на паливну економічність та екологічні показники в режимі прогрівання сучасного двигуна з іскровим запалюванням ВВУ фірми Volkswagen в режимі холостого ходу здійснювали при температурі навколишнього повітря близько 10°C (рис. 4, рис. 5).

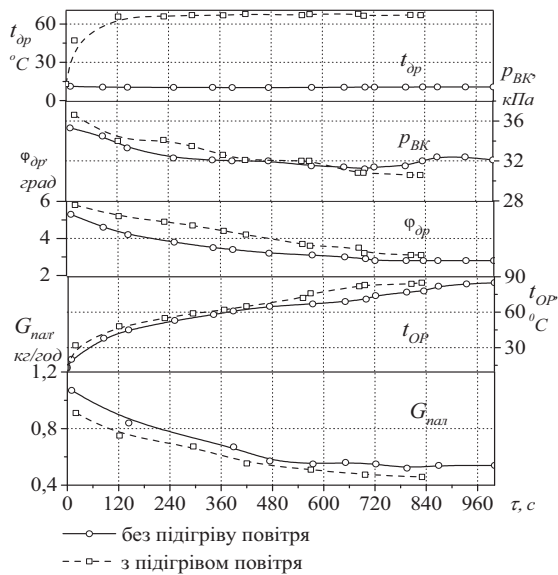


Рисунок 4 – Показники роботи двигуна VW ВВУ в режимі холостого ходу

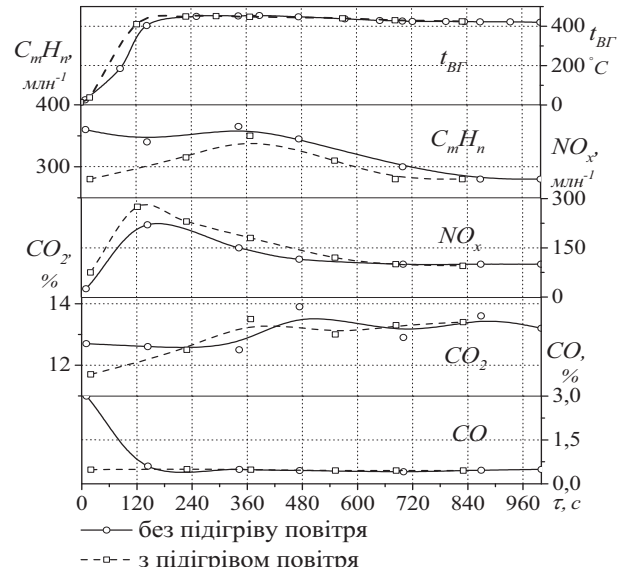


Рисунок 5 – Зміна концентрацій ШР у ВГ до попереднього КН

Частота обертання колінчастого вала двигуна змінювалася відповідно до програми прогріву, закладеної в електронному блоці системи управління двигуном, і змінювалася в середньому від 1150 хв⁻¹ до 700 хв⁻¹.

Підвищення температури повітря на впуску спричиняє збільшення кута відкриття дросельної заслінки в середньому на 10% і підвищення тиску у впускному колекторі на 6%.

Час прогрівання двигуна з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП в режимі холостого ходу зменшився на 9%. Витрата палива в режимі прогрівання склала, при підігріві повітря – 0,193 кг, зі штатною системою – 0,249 кг. Економія склала – 0,056 кг, що становить близько 22%.

Важливим параметром, який визначає початок ефективного функціонування попереднього КН після пуску холодного двигуна, є температура ВГ. Час прогрівання КН до температури 360°C зменшився на 29 с, що становить близько 19%.

Для оцінювання впливу температури повітря на впуску за роботи двигуна VW ВВУ в режимі малих навантажень проведено випробування в режимі, який відповідає середній точці Європейського міського їздового циклу. Параметри даного режиму визначені на математичній моделі руху автомобіля за їздовим циклом, яка розроблена на кафедрі «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету. Для двигуна VW ВВУ ефективний крутний момент M_k складає 19 Н·м, частота обертання колінчастого вала n_d – 2136 хв⁻¹.

Дослідження впливу підігріву повітря на впуску на паливну економічність та екологічні показники в режимі прогрівання двигуна VW ВВУ під навантаженням здійснювали при температурі навколишнього повітря близько 3°C.

Застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП дозволило збільшити температуру повітря на впуску до 42°C (рис. 6 - рис. 8).

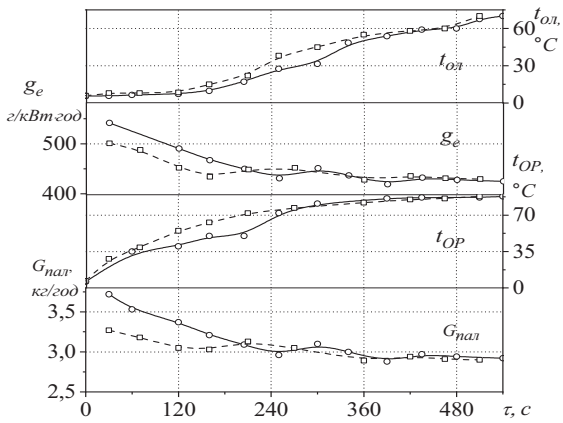


Рисунок 6 – Показники роботи двигуна VW ВВУ в режимі прогрівання під навантаженням

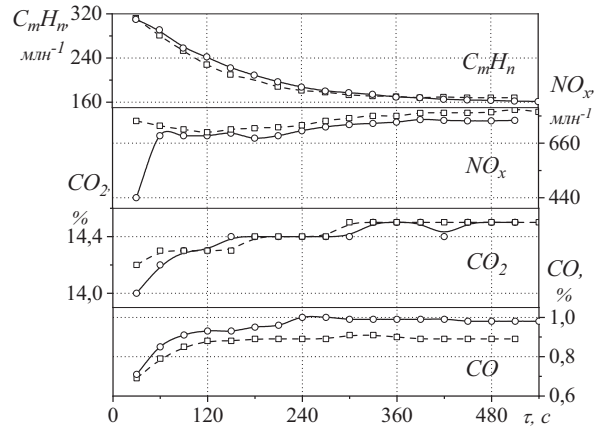


Рисунок 7 – Зміна концентрацій ШР у ВГ двигуна VW ВВУ під навантаженням

Час прогрівання двигуна з використанням системи підігріву повітря на впуск з ТАФП під навантаженням зменшився на 6%. Витрата палива склала, при підігріві повітря – 0,518 кг, зі штатною системою – 0,64 кг. Економія склала – 0,122 кг, що становить близько 19%.

Час прогрівання КН до температури 360°C зменшився на 13 с, що становить близько 18%. Стабілізація складу паливоповітряної суміші при підігріві повітря на впуску на рівні $\alpha = 0,98$ відбувається на 40-й секунді, зі штатною системою – на 75-й секунді (різниця складає близько 47%).

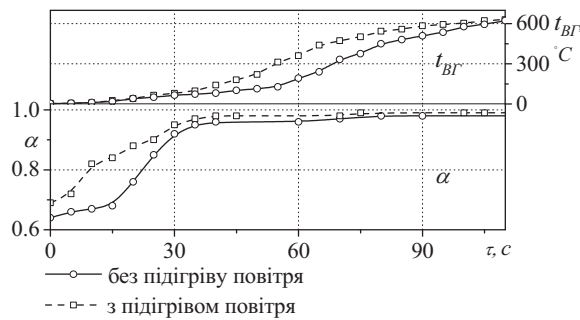


Рисунок 8 – Показники роботи двигуна VW ВВУ в режимі прогрівання під навантаженням

Дослідження паливної економічності і екологічних показників двигуна МеМЗ-245 автомобіля ЗАЗ-1102 при прогріванні в режимі холостого ходу здійснювали при температурі навколишнього повітря близько 3°C (рис. 9, рис. 10).

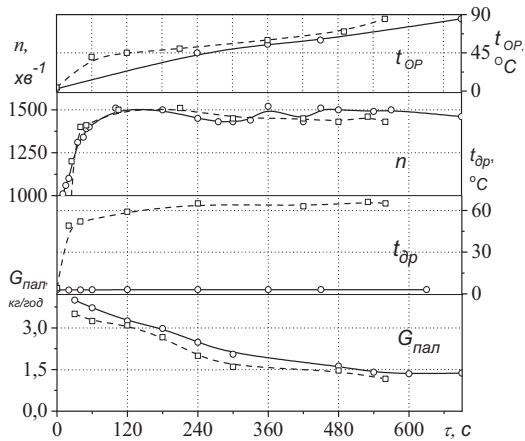


Рисунок 9 – Показники роботи двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 при прогріванні в режимі холостого ходу

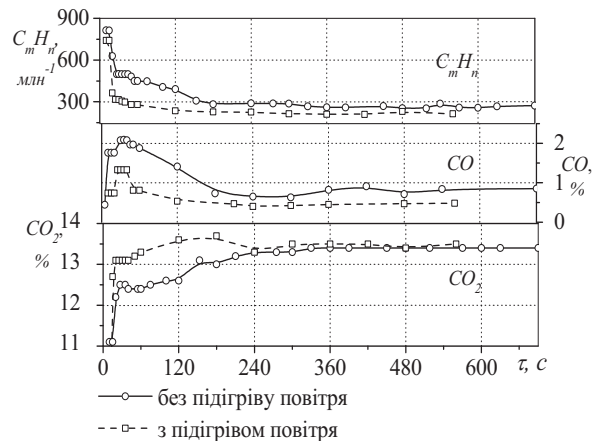


Рисунок 10 – Зміна концентрацій ШР у ВГ двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 при прогріванні в режимі холостого ходу

Час прогрівання двигуна з використанням системи підігріву повітря на впуск

з ТАФП в режимі холостого ходу зменшився на 19%. З підгрівом повітря на впуску, витрата палива складає – 0,464 кг, зі штатною системою – 0,582 кг. Економія палива, при підгріві повітря на впуску, становить 0,118 кг (близько 20%).

З метою визначення паливної економічності та екологічних показників автомобіля ЗАЗ-1102 при прогріванні його двигуна в дорожніх умовах з використанням системи підгріву повітря на впуску з ТАФП та без неї провели експериментальні дослідження в м. Києві на ділянці дороги з інтенсивним рухом автомобільного транспорту.

Пуск та прогрівання двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 здійснювали при температурі навколишнього повітря близько мінус 10°C (рух автомобіля почався відразу після пуску двигуна) (рис. 11, рис. 12).

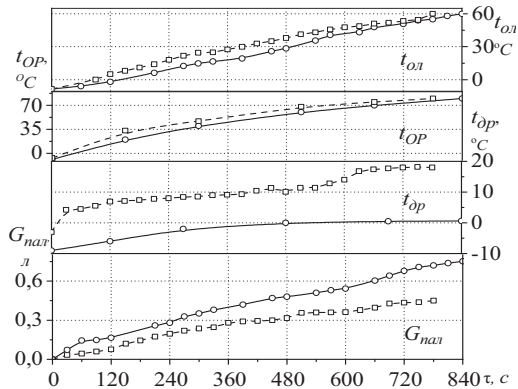


Рисунок 11 – Показники роботи двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 в режимі прогрівання в дорожніх умовах

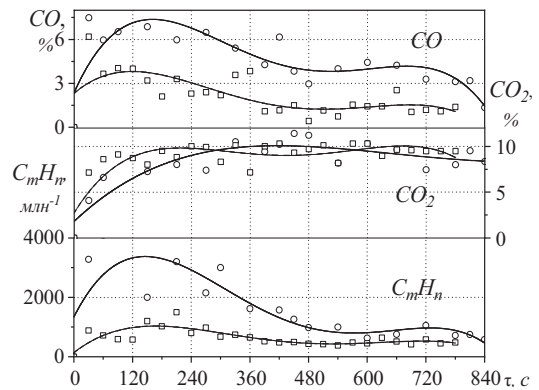


Рисунок 12 – Концентрації ШР у ВГ двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 в режимі прогрівання в дорожніх умовах

При застосуванні системи підгріву повітря на впуску з ТАФП, температура повітря на впуску зросла в середньому до 15°C, витрата палива зменшилася на 0,21 л (28%). Шлях руху автомобіля на прогрів двигуна скоротився на 400 метрів (6%).

У п'ятому розділі наведені результати розрахункових досліджень впливу системи підгріву повітря на впуску з ТАФП на паливну економічність та екологічні показники двигунів з іскровим запалюванням. В математичну модель для визначення паливної економічності автомобіля в режимі прогрівання при відтворенні руху за Європейським міським їздовим циклом запропоновано ввести коефіцієнт температурного впливу, який оцінює температурний стан двигуна за температурою оливи в системі мащення.

За результатами дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 отримана залежність цього коефіцієнта від температури оливи. Ця залежність отримана за результатами опрацювання даних щодо витрати бензину на одиницю пробігу в режимі прогрівання двигуна, як з системою підгріву повітря на впуску з ТАФП, так і без неї.

Експериментальні точки, які отримані для різних температур оливи з використанням даних дорожніх випробувань використовували для визначення коефіцієнта температурного впливу:

$$K_t = G_{нал i} / G_{нал np}, \quad (7)$$

де $G_{нал i}$ – витрата бензину на одиницю пробігу автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» в режимі прогрівання двигуна, кг/км;

$G_{нал np}$ – витрата бензину на одиницю пробігу цього автомобіля з прогрітом двигуном, кг/км.

За результатами опрацювання отриманих значень за допомогою програми

OriginPro отримали поліном четвертого степеня, що описує зміну коефіцієнта температурного впливу від температури оливи в системі мащення двигуна (рис. 13):

$$K_t = 4,98294 - 0,26711 \cdot t_{ol} + 0,00721 \cdot t_{ol}^2 - 9,40101E-5 \cdot t_{ol}^3 + 4,93107E-7 \cdot t_{ol}^4, \quad (8)$$

де t_{ol} – температура оливи в системі мащення двигуна.

Коефіцієнт достовірності апроксимації - 0,99764.

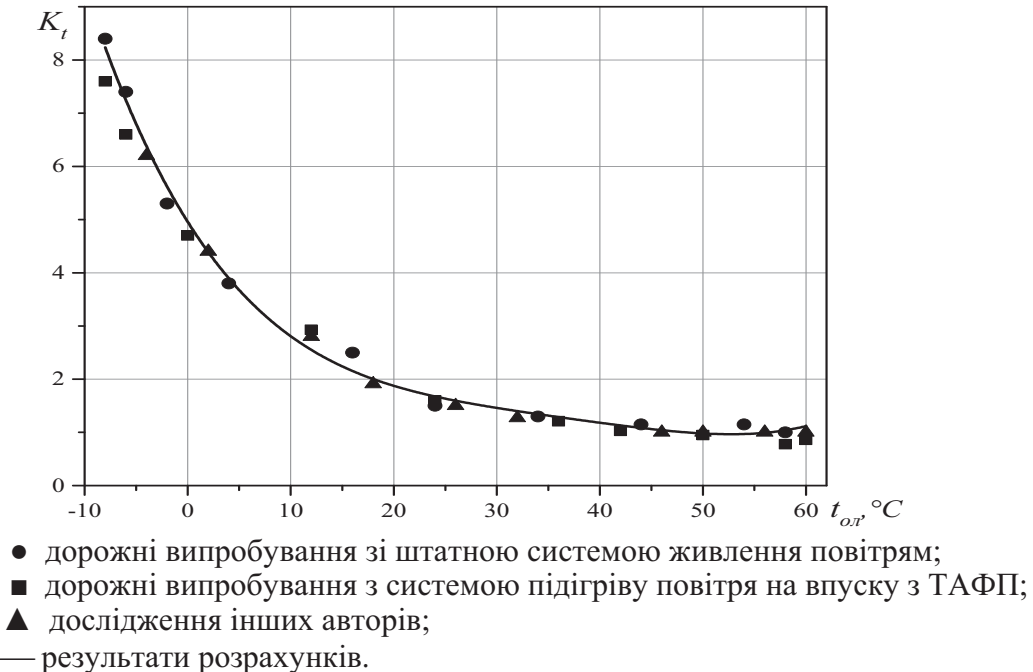


Рисунок 13 – Залежність коефіцієнта температурного впливу від температури оливи в системі мащення двигуна автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія»

Перевірку адекватності уточненої математичної моделі проводили порівнянням розрахункових показників роботи двигуна автомобіля в умовному русі за Європейським міським їздовим циклом з експериментально отриманими при аналогічних умовах руху.

За розподілом годинної витрати бензину автомобілем з прогрітим двигуном та зміною температури оливи в системі мащення з використанням коефіцієнта температурного впливу (рис. 13) розраховали годинні витрати бензину двигуном за використання системи підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї за залежністю:

$$G_{nali} = K_t \cdot G_{nali пр} \quad (9)$$

Підтвердженням такого підходу можуть бути близькі значення витрати палива на 1 км в умовному русі за Європейським міським їздовим циклом і в дорожніх умовах.

Експериментально визначену закономірність зміни температури оливи в системі мащення двигуна в процесі руху автомобіля в дорожніх умовах з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї побудували на графіку середньої годинної витрати бензину в спрощеному Європейському міському їздовому циклі (рис. 14) за температури навколишнього повітря мінус 10°C з нанесеним окремо графіком годинної витрати палива при прогрітому двигуні.

За результатами розрахунків застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП при температурі навколишнього повітря мінус 10°C дозволяє очікувати поліпшення паливної економічності автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» в режимі

прогрівання в дорожніх умовах на 22,5%. За результатами дорожніх випробувань паливна економічність поліпшилась на 23,7%. Розбіжність розрахункових і експериментальних значень витрати палива склала близько 5%. Тобто результати практично збігаються, що підтверджує можливість такого підходу до визначення ефективності застосованої системи підігріву повітря на впуску з ТАФП.

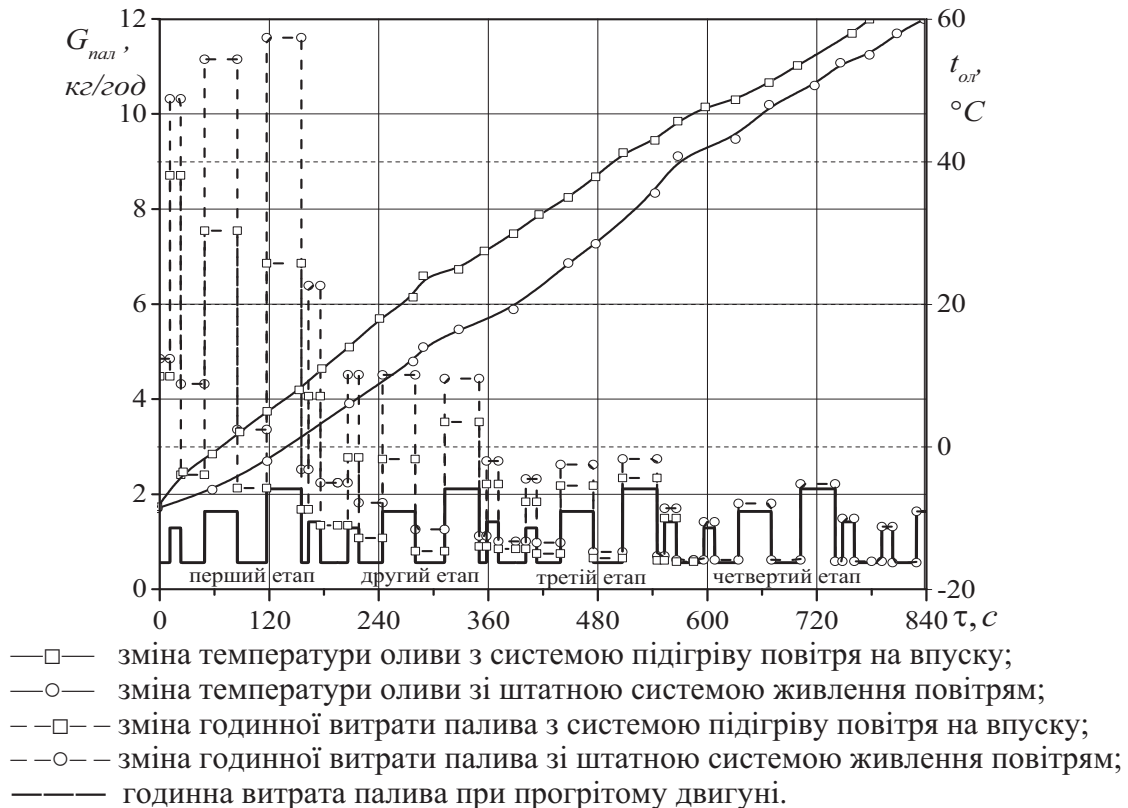


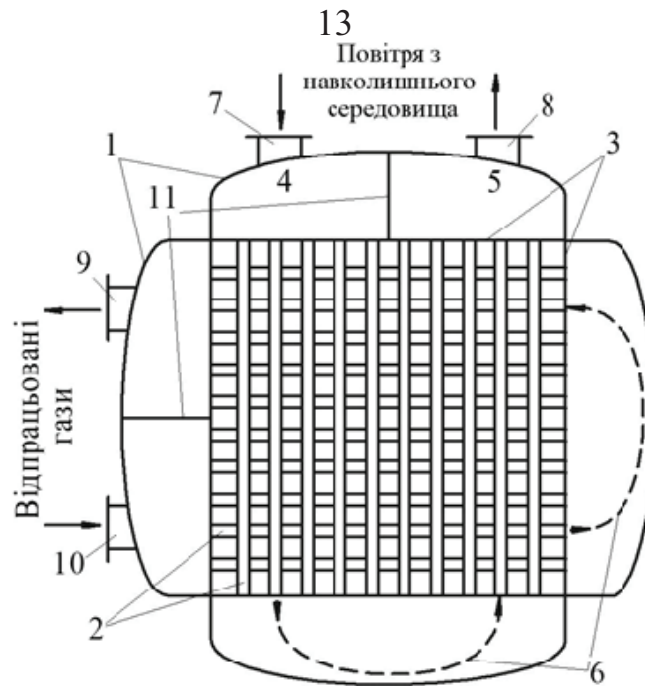
Рисунок 14 – Закономірність зміни температури оливи системи мащення та годинної витрати бензину від часу руху автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» за Європейським міським їздовим циклом в режимі прогрівання

Можливість прийнятого підходу до визначення очікуваної витрати палива автомобілем в режимі прогрівання двигуна також підтверджують розрахунки з використанням даних, отриманих в дослідженнях інших авторів.

Для досліджень системи підігріву повітря на впуску з ТАФП використали виготовлений за участю працівників Інституту Газу НАН України кожухотрубчатий ТАФП, що пояснюється простотою конструкції і надійністю. Міжтрубчатий простір ТАФП заповнений ТАМ – октагідратом гідроксиду барію, підведення теплоти до якого від ВГ і відведення теплоти від якого до повітря відбувається крізь стінки теплообмінників (пучка трубок) (рис. 15).

Термін зберігання теплової енергії ТАФП в інтервалі температур від 10°C до 4°C склав 8 год 20 хв. За цей час температура ТАФП зменшилась від 100°C до 65°C. Кінцева температура визначалася можливістю забезпечення пуску холодного двигуна та його прогрівання за даних атмосферних умов.

Для оцінювання економічної ефективності застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП провели розрахунок терміну окупності витрат на виготовлення ТАФП. Розрахований прогнозний термін окупності виготовлення ТАФП складає: для двигунів з карбюраторною системою (MeM3-245) – близько 16 місяців, з системою розподіленого впорскування (VW VBU) – близько 20 місяців експлуатації автомобіля в умовах низьких температур навколишнього повітря.



1 – кожух; 2 – трубки; 3 - трубні решітки; 4 – вхідна розподільна камера;
5 - вихідна камера; 6 – поворотна камера; 7,8,9,10 – патрубки для входу і виходу
теплоносій; 11 – перегородка

Рисунок 15 – Схема кожухотрубчатого двоходового ТАФП

При оцінюванні ефективності запропонованого технічного рішення враховували не тільки термін окупності витрат, але і позитивний вплив на екологічні показники автомобіля, а також початок ефективного функціонування КН після пуску холодного двигуна.

Концентрації ШР у ВГ не характеризують повною мірою шкідливий вплив двигуна автомобіля на довкілля, важлива кількість ШР, що надходить в навколишнє середовище, яка залежить від кількості продуктів згорання, що утворюються в циліндрах двигуна – тобто масові викиди ШР.

Для розрахунків масових викидів ШР двигуна з живленням бензином скористалися відомими математичними залежностями.

Наприклад, визначення масових викидів оксиду вуглецю здійснювали за залежністю:

$$G_{CO} = C_{CO} / 100 \cdot \mu_{CO} \cdot (0,022597 \cdot (6,104 \cdot G_{нал} + G_{нов})), \quad (10)$$

де C_{CO} – концентрація оксиду вуглецю у ВГ, %;

μ_{CO} – молекулярна маса оксиду вуглецю, кг/кмоль.

За масовими викидами окремих шкідливих компонентів ВГ розраховували сумарні масові викиди ШР, зведені до CO, з врахуванням коефіцієнту відносної агресивності шкідливої речовини:

$$G_{\Sigma CO} = G_{CO} + 3,16 \cdot G_{CmHn} + 41,1 \cdot G_{NOx}. \quad (11)$$

За результатами розрахунків масових викидів окремих компонентів (G_{CO} , G_{CmHn} , G_{NOx}), а також сумарних масових викидів ($G_{\Sigma CO}$), зведених до CO, отримали, що використання системи підігріву повітря на впуску з ТАФП в режимі прогрівання дозволяє зменшити кількість сумарних масових викидів ШР, зведених до CO, а саме: двигуна VW BBU в режимі холостого ходу до попереднього КН на 10%, після – на 51%; двигуна VW BBU під навантаженням до попереднього КН на 3%; двигуна MeM3-245 автомобіля ЗАЗ-1102 «Таврія» в режимі холостого ходу на 48%, в

дорожніх умовах на 62%.

Найбільша інтенсивність зростання кількості шкідливих викидів з ВГ відбувається в режимі прогрівання, що свідчить про значний вплив цього режиму на екологічні показники автомобіля. У зв'язку з цим, зменшення тривалості прогрівання КН і його вихід на ефективні показники функціонування, разом з поліпшенням паливної економічності двигуна, є важливою вимогою, що висувають до сучасних енергетичних установок.

Для визначення впливу підігріву повітря на впуску на початок ефективних окиснювально-відновних реакцій в попередньому КН двигуна VW ВВУ порівнювали коефіцієнт ефективності перетворення i -ї шкідливої речовини у ВГ двигуна. Вимірювання концентрацій ШР у ВГ виконували до і після попереднього КН з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї. Оцінку ефективності роботи попереднього КН здійснювали за коефіцієнтом ефективності знешкодження i -ї шкідливої речовини.

Коефіцієнт ефективності знешкодження i -ї шкідливої речовини розраховували за залежністю:

$$E_i = \frac{C_{id} - C_{in}}{C_{id}} \cdot 100, \quad (12)$$

де C_{id} - концентрація i -ї шкідливої речовини до КН;

C_{in} - концентрація i -ї шкідливої речовини після КН.

Застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП в режимі прогрівання забезпечує досить високу ефективність нейтралізації ШР в попередньому КН практично з 20-ї секунди після пуску холодного двигуна (рис. 16).

В режимі прогрівання холодного двигуна VW ВВУ без застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП коефіцієнт ефективності нейтралізації NO_x досягає 90% на 102-й секунді, CO - 60% на 170-й секунді, C_mH_n - 50% на 290-й секунді після пуску холодного двигуна.

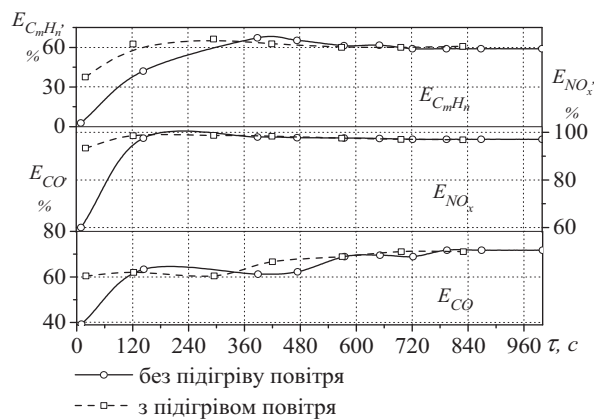


Рисунок 16 – Зміна коефіцієнтів ефективності нейтралізації ШР у попередньому КН двигуна VW ВВУ в режимі холостого ходу

Результати експериментальних випробувань і розрахункових досліджень прийняті до використання в 482-ому конструкторсько-технологічному центрі Збройних Сил України та ТОВ науково-виробнича компанія «ТЕХІМПЕКС».

ВИСНОВКИ

Результати, отримані в процесі дисертаційного дослідження, дають підстави сформулювати такі висновки та пропозиції.

1. Експлуатація автомобіля в умовах низьких температур навколишнього повітря призводить до погіршення його паливної економічності та екологічних показників, в зв'язку з цим актуальним є пошук і запровадження заходів, які дозволяють з мінімальними витратами паливно-енергетичних ресурсів забезпечити пуск холодного двигуна і прискорене його прогрівання. В дисертаційній роботі вирішена наукова-технічна задача поліпшення паливної економічності і екологічних показників автомобільних двигунів з іскровим запалюванням в режимі прогрівання використанням ТАФП.

2. Розроблена методика розрахунку витрати палива автомобілем в режимі прогрівання двигуна, в якій вперше запропоновано застосування коефіцієнта температурного впливу, що дозволяє оцінити ефективність застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП за різної початкової температури оливи в картері двигуна та оцінити на математичній моделі паливну економічність автомобіля в русі за Європейським міським їздовим циклом з прогріванням двигуна з системою підігріву повітря на впуску з ТАФП та без неї.

3. Стендові випробування двигунів при їх прогріванні в режимі холостого ходу показали, що при підігріві повітря на впуску час прогрівання карбюраторного двигуна MeM3-245 зменшився на 19%, паливна економічність поліпшилась на 20%, сумарні масові викиди продуктів неповного згорання, зведені до CO, зменшились на 48%; час прогрівання двигуна з системою впорскування і зворотнім зв'язком VW BBU зменшився на 9%; паливна економічність поліпшилась на 22%. Підігрів повітря на впуску прискорює початок функціонування КН, підвищення температури ВГ в зоні попереднього КН до 360°C на 19% швидше ніж зі штатною системою. Сумарні масові викиди, зведені до CO, до попереднього КН зменшились на 10%, після попереднього КН зменшилась на 51%.

4. При прогріванні двигуна VW BBU в режимі середньої точки Європейського міського їздового циклу час прогрівання двигуна зменшується на 6%; паливна економічність поліпшується на 19%.

5. Дорожні випробування автомобіля ЗАЗ-1102 показали, що застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП при прогріванні холодного двигуна зменшує шлях прогріву двигуна на 6%, загальну витрату палива на 28%, сумарні масові викиди продуктів неповного згорання, зведені до CO, на 62%.

6. Запропонований в роботі спрощений варіант теплотехнічного розрахунку ТАФП дозволяє прогнозувати кількість акумульованої теплової енергії в залежності від маси ТАМ і його теплофізичних властивостей. Випробування виготовленого ТАФП в інтервалі температур від 10°C до 4°C, показало, що час зберігання теплової енергії в необхідній кількості складає 8 годин 20 хвилин. За цей час температура теплового акумулятора знизилась від 100°C до 65°C.

7. За результатами розрахунків, згідно запропонованій методиці, застосування системи підігріву повітря на впуску з ТАФП дозволяє очікувати поліпшення паливної економічності автомобіля ЗАЗ-1102 при прогріванні в режимах Європейського міського їздового циклу на 22,5%.

8. Розрахований прогнозний термін окупності виготовлення ТАФП складає: для двигунів з карбюраторною системою (MeM3-245) – близько 16 місяців, з системою розподіленого впорскування (VW BBU) – близько 20 місяців експлуатації автомобіля в умовах низьких температур навколишнього повітря.

9. Результати експериментальних випробувань і розрахункових досліджень прийняті до використання в 482-ому конструкторсько-технологічному центрі Збройних

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації в наукових фахових виданнях

1. Гутаревич Ю.Ф. Обґрунтування структури вимірювального комплексу для дослідження роботи двигуна внутрішнього згорання транспортного засобу з системою прогріву й тепловим акумулятором в процесі пуску і прогріву / Ю.Ф. Гутаревич, І.В. Грицук, Д.С. Адров, А.П. Комов, Д.М. Трифонов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Темат. вип.: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2014. – № 10 (1053). – С. 55-62.

2. Трифонов Д.М. Дослідження впливу підігріву повітря на паливну економічність та емісію шкідливих речовин у двигуні з іскровим запалюванням / Д.М. Трифонов, О.В. Сирота, С.В. Карев, О.С. Добровольський // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. - Вип. 2 (32) С. 278 – 285.

3. Трифонов Д.М. Використання теплового акумулятора фазового переходу для забезпечення пуску холодного двигуна та його прогрівання за рахунок поліпшення сумішоутворення / Д.М. Трифонов, В.С. Вербовський, І.В. Грицук // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – ПолтНТУ, 2015. - Вип. 3 (45) С. 18-27.

4. Трифонов Д.М. Вплив підігріву повітря на впуску на паливну економічність та екологічні показники сучасного двигуна з іскровим запалюванням / Д.М. Трифонов // Вісник Національного транспортного університету Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. - К.: НТУ, 2016. - Вип. 2 (35) С. 227-233.

5. Gutarevich Yu.F. Car ZAZ-1102 improvement in fuel efficiency and environmental performance in warm-up phase after engine cold start / Yu.F. Gutarevich, D.M. Trifonov, O.V. Syrota // Academic Journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – PoltNTU, 2017. - Issue 1 (48) S. 19-25.

6. Гутаревич Ю.Ф. Дослідження паливної економічності та екологічних показників автомобіля ЗАЗ-1102 при роботі в режимі прогріву в дорожніх умовах / Ю.Ф. Гутаревич, Д.М. Трифонов, О.В. Сирота // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. - К.: НТУ, 2017. - Вип. 1 (37). С. 93-100.

7. Трифонов Д.М. Визначення показників автомобіля в русі за режимами Європейського їздового циклу в процесі прогріву двигуна / Д.М. Трифонов // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. - К.: НТУ, 2017. - Вип. 3 (39) С. 194 – 204

Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав

8. Трифонов Д.М. Дослідження різних методів прогріву двигуна з іскровим запалюванням, з метою оптимізації витрати палива / Д.М. Трифонов, І.В. Манько, О.В. Сирота // Systemy i środki transportu samochodowego. Monografia nr 6. Seria: Transport. Rzeszów 2015. S.201-208

9. Трифонов Д.М. Підвищення ефективності нейтралізації відпрацьованих газів двигуна з іскровим запалюванням в режимі прогріву / Д.М. Трифонов // Systemy i środki transportu samochodowego. Monografia nr 7. Seria: Transport. Rzeszów 2016. S.195-202.

Публікації апробаційного характеру

10. Трифонов Д.Н. Повышение энергоэффективности силовых установок

путем использования тепловых аккумуляторов / Д.Н. Трифонов, Л.П. Мержиевская // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 13-й Международной научно-технической конференции. - Минск: БНТУ, 2015. - Т. 2. С. 74.

11. Трифонов Д.М. Поліпшення паливної економічності і екологічних показників автомобіля використанням теплових акумуляторів фазового переходу для прогріву двигуна / Д.М. Трифонов // LXXI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. - К: НТУ, 2015. С.31.

12. Трифонов Д.М. Поліпшення гомогенності паливоповітряної суміші за рахунок забезпечення оптимальної температури повітря, що надходить у двигун / Д.М. Трифонов // LXXII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. - К: НТУ, 2016. С.31.

13. Трифонов Д.Н. Исследование топливной экономичности и экологических показателей автомобиля ЗАЗ-1102 оснащенного тепловым аккумулятором в режиме прогрева / Д.Н. Трифонов // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 15-й Международной научно-технической конференции. - Минск: БНТУ, 2017. С. 95-96.

Патенти на корисну модель

14. Патент № 94641 Україна, МПК (2014.01) F01P 3/22 (2006.01), F01M 5/00, «Система регулювання температури охолоджуючої рідини, температури і тиску моторної оливи двигуна внутрішнього згорання з утилізацією теплоти тепловими акумуляторами» / В.Й. Поддубняк, Ю.Ф. Гутаревич, О.І. П'ятничко, І.В. Грицук, В.С. Вербовський, М.І. Сергієнко, О.О. Зародов, Д.С. Адров, А.М. Гуцин, Ю.В. Прилепський, Д.М. Трифонов, З.І. Краснокутська, А.В. Вербовський, А.І. Грицук / (Україна); Заявник і патентовласник: Донецький інститут залізничного транспорту, Національний транспортний університет, Інститут газу НАНУ, Державний № u2014 05701; заяв. 27.05.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. №22.-14 с.: іл.

15. Патент № 94642 Україна, МПК (2014.01) F01P 3/22 (2006.01), F01M 5/00, «Система регулювання температури охолоджуючої рідини, температури і тиску моторної оливи двигуна внутрішнього згорання» / В.Й. Поддубняк, Ю.Ф. Гутаревич, О.І. П'ятничко, І.В. Грицук, В.С. Вербовський, М.І. Сергієнко, О.О. Зародов, Д.С. Адров, А.М. Гуцин, Ю.В. Прилепський, Д.М. Трифонов, З.І. Краснокутська, Ш.К. Амерханова, А.В. Вербовський, А.І. Грицук / (Україна); Заявник і патентовласник: Донецький інститут залізничного транспорту, Національний транспортний університет, Інститут газу НАНУ, Державний № u2014 05702; заяв. 27.05.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл. № 22.-12 с.: іл.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

16. Літературний твір наукового характеру «Дослідження різних методів прогріву двигуна з іскровим запалюванням, з метою оптимізації витрати палива» / Д.М. Трифонов, І.В. Манько, О.В. Сирота // Національний транспортний університет. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 63946 від 05.02.2016.

17. Літературний твір наукового характеру «Дослідження впливу підігріву повітря на паливну економічність та емісію шкідливих речовин у двигуні з іскровим запалюванням» / Д.М. Трифонов, О.В. Сирота, С.В. Карев, О. С. Добровольський // Національний транспортний університет. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 63949 від 05.02.2016.

АНОТАЦІЯ

Трифонов Д.М. Поліпшення паливної економічності і екологічних показників автомобіля використанням теплових акумуляторів фазового переходу для прогріву двигуна. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - «Експлуатація та ремонт засобів транспорту». - Національний транспортний університет, Київ, 2018.

Метою дисертаційного дослідження є пошук і застосування методів і заходів, які дозволяють зменшити витрати паливно-енергетичних ресурсів та скоротити час на відновлення теплового стану двигуна. Перспективним напрямом реалізації енергоефективних технологій на автомобільному транспорті є застосування системи полегшення пуску і прискореного прогрівання двигуна легкового автомобіля з іскровим запалюванням завдяки підігріву повітря на впуску (для поліпшення робочого процесу) ТАФП, в якому акумулюється утилізована частина теплової енергії ВГ.

У роботі уточнено математичну модель для визначення паливної економічності автомобіля в режимі прогрівання, при відтворенні його руху за Європейським міським їздовим циклом. Уточнення полягає у внесенні в модель коефіцієнта температурного впливу, який оцінює температурний стан двигуна за температурою оливи в системі мащення.

Для визначення ефективного методу прогріву проведені стендові випробування двигунів (MeM3-245 та VW BBU) та автомобілів в дорожніх умовах (Daewoo Lanos та ЗАЗ-1102 «Таврія»).

За результатами дорожніх випробувань автомобіля ЗАЗ-1102 отримана залежність коефіцієнта температурного впливу від температури оливи.

Встановлено, що при підігріві повітря на впуску зменшується тривалість прогрівання двигуна, витрата палива на прогрів, масові викиди ШР а також тривалість прогрівання трикомпонентного каталітичного нейтралізатора і виходу його на ефективні показники функціонування.

Ключові слова: двигун з іскровим запалюванням, низькотемпературні умови експлуатації, тепловий акумулятор фазового переходу, підігрів повітря, витрата палива, каталітичний нейтралізатор, шкідливі викиди.

АННОТАЦИЯ

Трифонов Д.Н. Улучшение топливной экономичности и экологических показателей автомобиля использованием тепловых аккумуляторов фазового перехода для прогрева двигателя. - Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 - «Эксплуатация и ремонт средств транспорта». - Национальный транспортный университет, Киев, 2018.

Обеспечение эффективной эксплуатации автомобиля, соответствующей современным требованиям к топливной экономичности и экологической безопасности, невозможно без учета условий эксплуатации. Значительное влияние на топливную экономичность и экологическую безопасность автомобиля оказывают природно-климатические факторы. Основными причинами роста расхода топлива является неполнота сгорания и увеличение продолжительности прогрева двигателя.

На основе анализа конструкции и эффективности систем аккумулирования тепловой энергии, предложена система для облегчения пуска и ускоренного прогрева двигателя легкового автомобиля с искровым зажиганием за счёт подогрева воздуха на впуске тепловым аккумулятором фазового перехода (ТАФП), в котором аккумулируется утилизированная часть тепловой энергии отработавших газов.

В работе уточнена математическая модель для определения топливной экономичности автомобиля в режиме прогрева. Уточнение заключается во внесении в модель коэффициента температурного влияния, который оценивает температурное состояние двигателя по температуре масла в системе смазки.

Исходя из того, что городские ездовые циклы широко используют для оценки топливной экономичности и экологических показателей работы автомобилей в условиях, приближенных к их реальной эксплуатации в городе, провели анализ современных ездовых циклов, в частности Европейского городского ездового цикла и возможность использования вместо регламентированного – упрощенного ездового цикла для исследования влияния различных методов прогрева двигателя на его показатели.

Возможность упрощения ездового цикла проверяли расчетом расхода топлива в регламентированном и упрощенном ездовых циклах при прогревом двигателя.

Для определения эффективного метода прогрева двигателей с искровым зажиганием в условиях низких температур окружающего воздуха с учетом их топливной экономичности и экологических показателей, провели стендовые испытания двигателей с различными системами питания (MeM3-245 и VW BBU) и автомобилей в дорожных условиях (Daewoo Lanos и ЗАЗ-1102 «Таврия»).

Исследования влияния подогрева воздуха на впуске на показатели работы двигателей MeM3-245 и VW BBU проводили в лаборатории испытаний двигателей Национального транспортного университета.

С целью определения топливной экономичности и экологических показателей автомобиля ЗАЗ-1102 при прогреве его двигателя в дорожных условиях с использованием системы подогрева воздуха на впуске с ТАФП и без неё провели экспериментальные исследования в г. Киеве на участке дороги с интенсивным движением автомобильного транспорта.

В результате дорожных испытаний получена зависимость коэффициента температурного влияния от температуры масла в системе смазки двигателя автомобиля ЗАЗ-1102. Эта зависимость получена в результате обработки данных расхода бензина на единицу пробега в режиме прогрева двигателя, как с системой подогрева воздуха на впуске с ТАФП, так и без неё.

Возможность принятого подхода для определения ожидаемого расхода топлива автомобилем в режиме прогрева двигателя подтверждают расчеты с использованием данных, полученных в этом и в других исследованиях.

В диссертационной работе использовали кожухотрубчатый тепловой аккумулятор, межтрубное пространство которого заполнено теплоаккумулирующим материалом – октагидратом гидроксида бария, подвод и отвод теплоты к и от которого, обеспечивают теплоносители (отработавшие газы и воздух из окружающей среды) через поверхности теплообмена.

По методике, которая предложена в данной работе для расчета ТАФП, рассчитали его основные теплофизические характеристики, геометрические размеры корпуса теплового аккумулятора и на основе выбранного теплоизоляционного материала – его толщину.

Для оценки экономической эффективности использования системы подогрева воздуха на впуске с ТАФП рассчитали срок окупаемости затрат, связанных с изготовлением ТАФП.

В связи с тем, что повышение эффективности функционирования каталитического нейтрализатора автомобиля, наряду с улучшением его топливной экономичности, является одним из основных требований к современным энергетическим установкам, провели расчет экологического эффекта использования системы подогрева воздуха на впуске с ТАФП.

Ключевые слова: двигатель с искровым зажиганием, низкотемпературные условия эксплуатации, тепловой аккумулятор фазового перехода, подогрев воздуха, расход топлива, каталитический нейтрализатор, вредные выбросы.

SUMMARY

Trifonov D.M. Improvement on fuel efficiency and environmental performance of the vehicle by the use of thermal batteries phase transition for warming up the engine. – Qualification scientific work on the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences on speciality 05.22.20 "Operation and repair of means of transport". – National Transport University, Kyiv, 2018.

The aim of the research is the search for and application of methods and events that allow you to reduce costs fuel and energy resources and to reduce the recovery time of the thermal state of the engine. A promising direction for implementation of energy efficient technologies in road transport is the use of the system to facilitate start-up and accelerated warming of the engine cars with spark ignition due to heated intake air (to improve workflow) heat accumulator phase transition, which is accumulated, a recycled portion of the thermal energy of the exhaust gas.

On the indicators of engine, operation in the mode of warming is influenced by many factors, which is almost impossible to take into account. Therefore, in the developed method for forecasting fuel consumption, it is proposed to evaluate the temperature state of the engine oil temperature, and the change in fuel economy in the mode of engine warming is estimated by the coefficient of temperature influence.

To determine an effective method of heating carried out bench tests of the engine (MeMZ-245 and VW BBY) and cars on the road (Daewoo Lanos and ZAZ-1102 "Tavria").

According to the results of road tests of the ZAZ-1102, the dependence of the coefficient of temperature influence (for estimating the fuel economy change in the mode of engine warming) is obtained from the oil temperature.

It has been established that during the heating of the air at the inlet, the duration of engine warming, the fuel consumption for heating, the mass emissions of harmful substances, as well as the duration of heating of the three-component catalytic converter and its output on effective performance indicators is reduced.

Keywords: spark-ignition engine, low-temperature operating conditions, thermal phase transition battery, air heating, fuel consumption, catalytic converter, harmful emissions.

Підписано до друку 03.04.2018 р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний № 1. Гарнітура Times.
Вк. 11. Наклад 100. Зам. 4725

Редакційно-видавничий відділ НТУ.
01010, Україна, Київ, вул. М. Бойчука, 39, тел. +(38 044) 284 26 26