

Galushchak Dmytro O., Ph.D., Senior Lecturer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, galuschak_d@meta.ua

Bilyk Maksym S., student, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, mysegagames@gmail.com

УДК 629.06

О.Ю. Лук'янченко, Н.Л. Костьян, Ю.О. Лук'янченко

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ІНТЕГРАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ

В роботі розглянуто метод формування інтегральної динамічної моделі теплового акумулятора фазового переходу. Даний метод заснований на використанні квадратурних формул і дозволяє ідентифікувати тепловий акумулятор з урахуванням похибок вихідних даних.

Ключові слова: математична модель, інтегральні рівняння Вольтерра II роду, задача ідентифікації, тепловий акумулятор

The method for the formation of an integral dynamic model of a thermal accumulator phase transition is considered in the article. The method is based on the use of quadrature formulas and allows identification of the thermal accumulator with registration of errors of the input data.

Keywords: mathematical model, Volterra integral equations of the second kind, identification task, thermal accumulator

Для покращення умов запуску двигунів крім традиційних заходів, що описані в роботі [1], можна застосовувати конструктивні рішення для поліпшення запуску двигунів при низьких температурах. Існує два варіанти передпускової теплової підготовки двигунів: міжзміне підігрівання та передпусковий розігрів [1]. В першому випадку температурний режим двигуна підтримується постійним протягом всього часу зберігання автомобіля. В другому – нагрівання деталей та робочого середовища здійснюється в деякий короткий проміжок часу безпосередньо перед пуском. Найбільш перспективними джерелами енергії при застосуванні систем передпускової теплової підготовки вважаються теплові акумулятори, що використовують вторинні енергоресурси, наприклад, теплоту охолоджувальної рідини у двигунах внутрішнього згорання. В зазначених системах доцільно використовувати фазові теплові акумулятори, для яких енергоємність теплового процесу визначається зміною агрегатного стану середовища (тверде тіло, рідина), що використовується в процесі акумуляції. Таким чином, тепловий акумулятор працює за рахунок періодичних процесів плавлення та кристалізації теплоакуючих матеріалів.

В роботі [2] побудована математична модель процесу збереження теплоти у фазовому акумуляторі на макрорівні у вигляді звичайного диференціального рівняння:

$$\frac{\partial T_T}{\partial \tau} + \frac{k_0 F_{нов}}{m_T C_T^p} T_T - \frac{k_0 F_{нов} T_0}{m_T C_T^p} = 0 \quad (1)$$

де T_T – середня по всьому об'єму температура теплоакуючого матеріалу, К; τ – час; k_0 – коефіцієнт теплопередачі від теплоакуючого матеріалу до оточуючого повітря, Вт/(м²*К); $F_{нов}$ – площа поверхні теплового акумулятора, що випромінює тепло, м²; m_T – маса теплоакуючого матеріалу, кг; C_T^p – питома масова теплоємність у фазі рідини, Дж/(кг*К); T_0 – температура оточуючого середовища, К. Початковою умовою розв'язання диференціального рівняння (1) є наступний вираз:

$$T_T(0) = T_{T_{кін}} = const \quad (2)$$

де $T_{T_{кін}}$ – кінцева температура нагріву теплоакуючого матеріалу в процесі зарядки теплового акумулятора, К.

Розглянемо зворотну задачу ідентифікації внутрішніх параметрів фазового акумулятора. Методи розв'язання зворотних задач динаміки зазвичай ґрунтуються на застосуванні оптимізаційних алгоритмів, при реалізації яких можуть виникнути труднощі, викликані складністю пошукових процедур. Перевагами інтегральних моделей є згладжувальні властивості інтегральних операторів, простота і висока стійкість чисельних операцій інтегрування. На основі застосування методу послідовного інтегрування до диференціального рівняння (1)-(2) отримано еквівалентну форму моделі об'єкту у вигляді інтегрального рівняння Вольтерра II роду

$$\frac{k_0 F_{нов}}{m_T C_T^p} \int_0^{\tau} T_T(s) ds = \int_0^{\tau} \frac{k_0 F_{нов} T_0}{m_T C_T^p} ds + T_{T_{кін}} - T_T(\tau). \quad (3)$$

Введемо наступні позначення: $p = \frac{k_0 F_{нов}}{m_T C_T^p}$, $f = \frac{k_0 F_{нов} T_0}{m_T C_T^p}$, $C_0 = T_T(0) = T_{T_{кін}}$. Тоді задача ідентифікації полягає у знаходженні параметру p в рівнянні (3). Застосуємо інтегральний метод ідентифікації [3] параметрів для отриманого інтегрального рівняння. Зафіксуємо моменти вимірювання τ_1 та s_j ($j = \overline{0,1}$) такі, що $t(T_{пл}) \leq \tau_1 \leq t(T_{кін})$; $t(T_{пл}) \leq s_0 < s_1 \leq t(T_{кін})$; $t(T_{пл})$, $(T_{кін})$ – відповідно момент плавлення та момент, в який була досягнута кінцева температура нагріву теплоакumuлюючого матеріалу. На основі використання операцій інтегрування за методом квадратур отримано формулу для розрахунку наближеного значення шуканого параметру \tilde{p} : $\tilde{p} = \tilde{b} / \tilde{A}$, де \tilde{A} , \tilde{b} визначаються як

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= W_0 \tilde{u}(s_0) + W_1 \tilde{u}(s_1); \\ \tilde{b} &= W_0 \tilde{f}(s_0) + W_1 \tilde{f}(s_1) + C_0 - \tilde{T}_T(\tau_1) = \frac{k_0 F_{нов} T_0}{m_T C_T^p} (W_0 + W_1) + T_{T_{кін}} - \tilde{T}_T(\tau_1); \end{aligned}$$

W_0 , W_1 – вагові коефіцієнти квадратурної формули; \tilde{T}_T – значення середньої по всьому об'єму температури теплоакumuлюючого матеріалу, що отримано експериментально в момент часу τ_1 з деякою похибкою, К.

Інтегральний метод ідентифікації забезпечує простоту в реалізації, більш високу стійкість та точність отриманого результату в порівнянні з традиційними диференціальними методами, є ефективним за обсягом обчислень. Розрахований в процесі розв'язання зворотної задачі параметр інтегрального рівняння є також коефіцієнтом диференціального рівняння, що описує процес зберігання тепла в тепловому акумуляторі фазового переходу. Це дає змогу підбирати параметри теплоакumuлюючого матеріалу, використовуючи алгоритми теорії подібності.

Список використаних джерел

1. Дружинин П. В. Предпусковая подготовка двигателей внутреннего сгорания при технической эксплуатации транспортных машин / П. В. Дружинин, А. А. Коричев, И. А. Косенков // Техно-технологические проблемы сервиса : журнал – 2009. – № 4 (10). – С. 6–12.
2. Дружинин П. В. Математическая модель процесса хранения теплоты в тепловом аккумуляторе / П. В. Дружинин, А. А. Коричев, И. А. Косенков // Техно-технологические проблемы сервиса : журнал – 2010. – № 2 (12). – С. 63–65.
3. Костьян Н. Л. Метод идентификации интегральных моделей линейных динамических объектов / Н. Л. Костьян // Вісник ЧДТУ. Серія: Техн. науки : зб. наук. праць. – Черкаси : Черкаський державний технологічний університет, 2013. – № 2. – С. 84–89.

Костьян Наталія Леонідівна, к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, 438knl@gmail.com

Лук'янченко Олександр Юрійович, к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, 11188@ukr.net

Лук'янченко Юрій Олександрович, аспірант, Національний транспортний університет, м. Київ, 11188@ukr.net

Kostian Nataliia, PhD, Associate Professor, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 438knl@gmail.com

Lukianchenko Oleksandr, PhD, Associate Professor, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 111188@ukr.net

Lukianchenko Yurii, postgraduate, National Transport University, Kyiv, 111188@ukr.net

УДК 629.3

І.А. Шльончак, О.Ю. Лук'яненко, О.А. Тригуб

ОПТИМАЛЬНІ РЕГУЛЮВАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ДИЗЕЛЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУМІШЕВИХ ПАЛИВ

На основі проведеного аналізу використання альтернативних палив у дизелях запропоновано покращити паливну економічність дизеля, при живленні дизельним паливом з добавками етилових ефірів ріпакової олії.

Ключові слова: експлуатація, дизель, дизельне паливо з добавками етилового ефіру ріпакової олії.

It was suggested to improve the economic indicators of diesel engines, using the regular fuel with ethyl ethers of rapeseed oil additive, by optimization of the static fuel supply advance angle and compression ratio.

Keywords: exploitation, diesel engine, ethyl ether of rapeseed oil.

Двигуни внутрішнього згорання досить поширені у світі. В Україні щорічно споживають більше 13 млн. т. палива. Для задоволення потреб нашої держави в паливо-мастильних матеріалах, треба 25 – 30 млн. т. нафти на рік. Щорічне видобування нафти складає близько 4 млн. т. – це 10...12% потрібної кількості. Ось чому раціональне використання паливо-мастильних матеріалів, економія паливно-енергетичних ресурсів, пошук нових альтернативних джерел енергії – це завдання державного значення. При цьому автомобільний транспорт є одним із основних споживачів нафтопродуктів і залишиться таким на період до 2040-2050р.р. В найближчій перспективі очікується збільшення споживання нафтопродуктів за постійних об'ємів їх виробництва, що призводить до дефіциту моторних палив [1].

Дослідження присвячені перевірці достовірності теоретичних та експериментальних висновків щодо зміни економічних показників роботи дизеля DONG FENG й ефективності використання біологічних палив в умовах експлуатації автобуса «Богдан» моделі А-091 залежно від зміни таких технічних параметрів двигуна, як встановлюваний кут випередження впорскування (ВКВВП) та ступінь стискання. Практична цінність отриманих результатів дорожніх випробувань полягає у розробці рекомендацій щодо встановлення оптимальних значень ВКВВП та ступеня стискання дизеля DONG FENG моделі CY4102BZLQ, котрий працює на біодизельних сумішах.

Для оцінки ефективності використання біодизельних сумішей та підтвердження результатів розрахункових досліджень [2, 3] були проведені дорожні випробування вітчизняного автобуса «Богдан» моделі А-091 виробництва ПАТ «Черкаський автобус».

Програма дорожніх випробувань включала: визначення витрат палива в реальних умовах експлуатації автобуса міським маршрутом при живленні дизельним паливом та біопаливом зі штатними та оптимальними значеннями ВКВВП і ступеня стискання; визначення паливних характеристик автобуса, за умови усталеного руху, згідно ГОСТ 20306-90 при живленні дизеля дизельним паливом та біопаливом В20 (вміст етилових ефірів ріпакової олії в дизельному паливі – 20%) зі штатним значенням ВКВВП і ступеня стискання та оптимальним [2].

Для проведення дорожніх випробувань автобуса «Богдан» моделі А-091 було проведено, згідно [4], перевірку відповідності технічного стану, відрегульовано системи двигуна та автобуса до нормативних значень, які регламентовано технічною документацією. Перед випробуваннями автобус пройшов належну обкатку у відповідності з інструкцією заводу-виробника і мав пробіг 145 тис. км. Встановлено, що технічний стан автобуса відповідає вимогам нормативно-технічної документації.