

УДК 621.8

М. Г. Левкович, к.т.н., доцент; Д. В. Міронов, к.т.н.; Д. М. Козак; Р. Л. Цяпало;
В. А. Кутікін

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ЗАЛИШКОВОГО КИСНЮ У ВИХЛОПНИХ ГАЗАХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ХАРАКТЕРУ МІСЦЕВОСТІ

М. Н. Levkovych, Ph.D., Assoc. Prof; D. V. Mironov, Ph.D.; D. M. Kozak;
R. L. Syapalo; V. A. Kutikin

METHOD OF ANALYSIS OF RESIDUAL OXYGEN IN EXHAUST GASES OF VEHICLES DEPENDING ON THE TYPE OF THE LOCATION

У процесі роботи бензинового двигуна відбувається складний процес перетворення енергії, коли паливо і повітря в циліндрі реагують. Під час цієї реакції, органічні компоненти палива поєднуються з киснем, що призводить до створення нових хімічних сполук, які потім вивільняються у атмосферу. Вихлопні гази містять як безпечні для навколишнього середовища речовини (азот, вуглекислий газ, водяна пара, кисень), так і шкідливі компоненти (чадний газ, вуглеводні, оксиди азоту). Для зменшення шкідливого впливу на довкілля важливим є покращення процесу горіння паливно-повітряної суміші в циліндрах двигуна та підвищення ефективності систем очистки вихлопних газів.

Для досягнення ідеального процесу згоряння паливно-повітряної суміші в двигуні критично важливим є точне балансування між кількістю палива, що подається форсунками, та обсягом повітря, яке надходить через впускний колектор. Ідеальне співвідношення, відоме як стехіометричне (близько 14,7 частин повітря до 1 частини палива), досягається, коли коефіцієнт надлишку повітря дорівнює приблизно одиниці. Відхилення від цього співвідношення впливає на ефективність споживання палива та склад вихлопних газів. Електронний контрольний блок двигуна відіграє ключову роль у регулюванні цього балансу через процес, званий «лямбда-регулюванням», заснованим на даних з датчика кисню (лямбда-зонду). Цей датчик вимірює залишковий кисень у вихлопних газах та видає сигнали напруги, що коливаються від 0,04 до 1,0 вольт, відображаючи зміни в складі паливно-повітряної суміші. Високі рівні напруги (0,65...1 В) вказують на збагачену суміш з низьким вмістом кисню, тоді як нижчі напруги (0,04...0,05 В) сигналізують про збіднену суміш з вищим вмістом кисню.

Ця робота має на меті дослідження змін у концентрації залишкового кисню в вихлопних газах, вимірюваних за допомогою датчика кисню з діоксиду цирконію, в залежності від характеру місцевості відносно рівня моря.

Вихідна напруга кисневого датчика, яка змінюється відповідно до різниці рівнів кисню між вихлопними газами та атмосферним повітрям, може бути описана за допомогою закону Нернста, що виражається відповідною формулою:

$$E = \frac{RT}{4F} \ln \left(\frac{P_o}{P_x} \right),$$

де E – вихідна напруга датчика кисню; $R = 8,314$ Дж/(К-моль) – газова постійна; T – абсолютна температура; $F = 96485,3365$ Кл/моль – постійна Фарадея; P_o – парціальний тиск кисню в атмосфері (мм рт. ст.); P_x – парціальний тиск залишкового кисню у вихлопних газах (мм рт. ст.).

Для вимірювання робочої температури датчика кисню використовується абсолютна температура T , яка також відповідає температурі вихлопних газів. Парціальний тиск кисню в атмосфері P_o змінюється залежно від висоти над рівнем моря, оскільки зі зростанням висоти тиск і щільність повітря знижуються. Парціальний

тиск кисню у відпрацьованих газах P_x залежить від складу паливно-повітряної суміші, який контролюється через лямбда-регулятор.

Це дослідження зосереджене на визначенні концентрації кисню у вихлопних газах, яка залежить від парціального тиску кисню в газовій суміші. Виконуючи перетворення формули, отримано парціальний тиск залишкового кисню у вихлопних газах при різних висотах над рівнем моря:

$$P_x = P_o \cdot e^{-\frac{4FE}{RT}}$$

де e – ірраціональна константа (число Ейлера), рівна приблизно 2,72. Підставляючи числові дані констант отримаємо в результаті формулу:

$$P_x = P_o \cdot e^{-465111\frac{E}{T}}$$

Цей вираз може бути використаний для оцінки парціального тиску залишкового кисню в вихлопних газах автомобіля як функції висоти, враховуючи відомі значення сигнальної напруги, що генерується датчиком кисню, та температури вихлопних газів. Під час експлуатації автомобіля в горах або високогірних умовах, зі збільшенням висоти, зменшується кількість повітря, що вступає в реакцію з паливом через падіння тиску та щільності повітря, що призводить до зниження парціального тиску кисню. В таких умовах паливно-повітряна суміш стає більш збагаченою, тобто $\lambda < 1$.

Кисневий датчик виконує корекцію, враховуючи висоту над рівнем моря, визначаючи концентрацію залишкового кисню в вихлопних газах і порівнюючи її з концентрацією кисню в атмосфері. На основі цього сигналу електронний блок управління двигуном коригує паливно-повітряну суміш, доводячи її до оптимального рівня, зменшуючи подачу палива через форсунки для досягнення співвідношення близького до 14:1, або λ близького до 1. Це призводить до зниження витрат палива і викидів шкідливих речовин, таких як CO і CH, у вихлопних газах у порівнянні з експлуатацією автомобіля на рівнинній місцевості, хоча при русі вгору витрати можуть бути вищими.

Література

1. Міронов Д.В., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Гупка А.Б., Слободян Л.М., Гевко Б.Р., Хорошун Р.В. Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту, Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, № 2 (21), с.135-144, 2023.
2. Che, M., Wong, D., Lum, K. M., & Wang, X. (2021). Interaction behaviour of active mobility users in shared space. *Transportation research part A. Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 153(C), 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.08.017>.
3. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія [Текст]: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ "ХПР", 2008. – 488 с.
4. Коденцев В.Й., В'язовський І.К., Онопрієнко І.С. Двигуни внутрішнього згоряння. – К.: Вища школа, 1974. – 271 с.