

УДК 629.113

А. М. КАШУБА, асистент каф. АТТ Луцького НТУ, Луцьк;

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЯ З ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ

Проведений аналіз основних методик оцінювання паливної економічності та екологічності автомобілів в міських і замських умовах. Проведені експериментальні дослідження макету автомобіля з гібридною силовою установкою (ГСУ). Визначено поліноміальні коефіцієнти та побудовано поверхні відгуку. Складено блок-схему роботи автомобіля з ГСУ, а також складено методику проведення експериментальних досліджень автомобілів з ГСУ.

Проведенні попередні дослідження по підборі акумуляторних батарей та їх оптимальної ємності дозволяють скласти алгоритм роботи автомобіля з ГСУ.

Ключові слова: ГСУ, витрата палива, витрата струму, режими руху, економічність, поліноміальна модель.

Вступ. Практично всі відомі автовиробники, на даний час, взяли курс на поліпшення економічних та екологічних властивостей автотранспортних засобів: перехід на норми Євро-5, а деякі і Євро-6; використання різного роду конструктивних змін; створення гібридних транспортних засобів та електромобілів. Найбільш перспективними на даний момент часу є автомобілі, які використовують для руху електричну тягу.

Хоча автомобілі з ГСУ вже досить давно існують на ринку автотранспортних засобів, але вони ще повною мірою не досліджені.

Аналіз основних досягнень і літератури. На даний час розроблено чітку методику оцінювання паливної економічності та екологічності автомобілів в міських і замських умовах [1-5]. Дані методики оцінювання та, різного роду, математичні залежності описують рух транспортного засобу по стандартному їздовому циклу, але більшість даних математичних моделей і методик відноситься до автомобілів з ДВЗ. Проблемами паливної економічності та екологічності транспортних засобів займаються такі вчені як Гутаревич Ю.Ф., Сахно В.П., Матейчик В.П. та ін, що ж сточується автомобілів з ГСУ, то слід відмітити праці таких науковців як Бажинов О.В., Двадненко В.Я., Серіков А.В. [6,7], але ці праці стосуються здебільшого електронного управління електричними двигунами.

Тому існує необхідність в продовженні досліджень в плані створення рекомендацій для руху автомобілів з ГСУ, а саме порядок ввімкнення двигунів силової установки в залежності від умов руху.

Мета дослідження, постановка задачі. В даній роботі за мету ставилося провести експериментальні дослідження автомобіля з гібридною силовою установкою для отримання попередніх результатів по раціональному вибору для руху двигуна силової установки в залежності від умов і режимів руху.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- визначення витрати палива за випробувальний цикл при забезпеченні руху двигуном внутрішнього згорання;
- визначення затрат електричної енергії при русі з використанням електричної тяги по випробувальному їздовому циклу;

- визначення критичних значень пришвидшень і швидкостей автомобіля з гібридною силовою установкою для покращення паливної економічності шляхом збільшення міжзарядного пробігу автомобіля з використанням електричної тяги.

Матеріали досліджень. Об'єктом експериментальних випробувань був макет транспортного засобу з ГСУ (рис.1). Гібридна силова установка виконана у вигляді паралельної схеми компоновання.[8]



Рисунок 1 - Макет транспортного засобу з ГСУ

Врахувавши особливості конструкції об'єкта випробувань було складено поліноміальні моделі другого порядку:

$$G_{II} = b_0 + b_1 \cdot n_{кол.} + b_2 \cdot M_{к} + b_{12} \cdot n_{кол.} \cdot M_{к} + b_{11} \cdot n_{кол.}^2 + b_{22} \cdot M_{к}^2 \quad (1)$$

$$I = a_0 + a_1 \cdot n_{кол.} + a_2 \cdot M_{к} + a_{12} \cdot n_{кол.} \cdot M_{к} + a_{11} \cdot n_{кол.}^2 + a_{22} \cdot M_{к}^2 \quad (2)$$

де G_{II} - годинна витрата палива, кг/год.;

I - годинна витрата струму, А/год.;

$b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}, a_0, a_1, a_2, a_{12}, a_{11}, a_{22}$ - поліноміальні коефіцієнти.

Експериментальні дослідження включали в себе стендові та дорожні випробування.

В програму стендових експериментальних досліджень входили:

1. Визначення швидкісних характеристик активного і примусового холостого ходу.
2. Визначення серії навантажувальних характеристик.
3. Визначення витрати палива і струму під час руху автомобіля за режимами випробувального циклу на роликовому стенді.

Стендові випробування макета автомобіля з ГСУ проводилось на роликовому моделюючому стенді, на якому можна імітувати режими випробувального циклу за правилом ЄЕК ООН №101. Під час випробування фіксувалися: витрата палива $G_{Пал}$, витрата струму I , швидкість автомобіля V_a , тривалість випробування t , шлях S , який пройшов автомобіль за випробування, глибину розряду тягових акумуляторних батарей за один цикл, та визначення пробігу автомобіля на електричній тязі з використанням укомплектованих тягових акумуляторних батарей за умови 80% DOD.

Визначення поліноміальних коефіцієнтів проводилось за симетричним композиційним ортогональним планом другого порядку.

В експерименті в якості факторів будуть обертовий момент на колесі M_k та частота обертання колеса $n_{кол.}$. Фактори відповідають вимогам до незалежних змінних [9]. Функціями відгуку є годинна витрата палива G_n та витрата струму I . Фактори та інтервали варіювання представлені в Табл.1.

Таблиця 1 - Рівні варіювання факторів

Фактори		Основний рівень (X_{i0})	Інтервал варіювання (ΔX_{i0})	Верхній рівень ($x_i=+I$)	Нижній рівень ($x_i=-I$)	Зіркова точка $+a$ ($x_i=+I$)	Зіркова точка $+a$ ($x_i=-I$)
Обертовий момент на колесах	$M_k, н \cdot м,$	115	85	200	30	200	30
Частота обертання колеса	$n_{кол}, об / хв$	240	200	440	40	440	40

В кожній точці факторного простору, якій відповідає один із рядків матриці планування, проводиться серія із трьох дослідів ($m=3$). Для кожної з них вираховується середнє значення вихідної величини та оцінка дисперсій вихідних величин. [10]:

Результати досліджень. Провівши ряд обчислень визначено остаточне рівняння регресії моделі для визначення витрати палива, що містить статистично значущі коефіцієнти:

Витрата палива та струму в функції натуральних величин:

$$G_n = 0.18 - 1.32 \times 10^{-3} \cdot n + 1.08 \times 10^{-3} \cdot M + 5.05 \times 10^{-6} \cdot n \cdot M + 5.9 \times 10^{-6} \cdot n^2$$

$$I = 0.29 + 4 \times 10^{-4} \cdot n - 1.1 \times 10^{-2} \cdot M + 3.3 \times 10^{-3} \cdot n \cdot M$$

У відповідності до отриманих поліноміальних залежностей будуюмо поверхні відгуку (Рис.2)

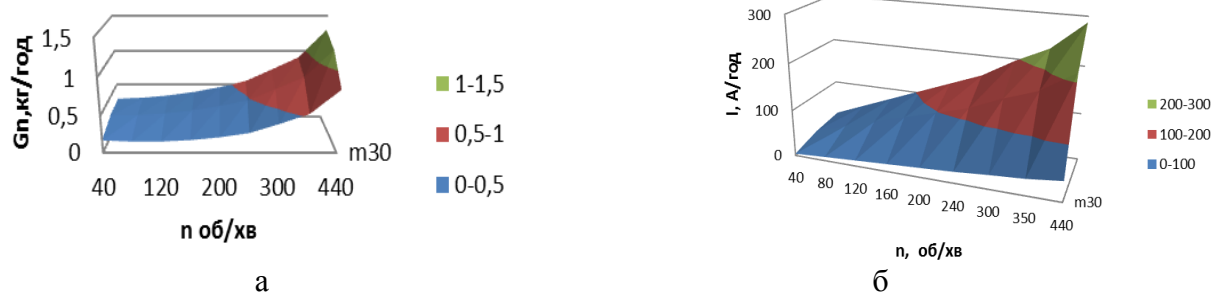


Рисунок 2 – а- залежність витрати палива б- витрати електричного струму від частоти обертання колеса і обертового моменту на колесі.

05.22.02 / Матейчик В. П.; Національний транспортний ун-т. - К., 2004. - 36 с. **5.** Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів / Матейчик В.П.; Національний транспортний ун-т. - К. : НТУ, 2006. - 215 с. **6.** Бажинів О.В. Електропривод для конверсійного гібридного автомобіля / О.В. Бажинів, В.Я. Двадненко, Хакім Мауш // Електронне наукове фахове видання (друкована версія). Автомобіль і Електроніка. Сучасні Технології. – 2011. – С. 38 – 43. **7.** Бажинів О.В. Гібридні автомобілі / О.В. Бажинів, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, А.В. Гнатів, А.В. Колесніков. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 327 с. **8.** Дембіцький В.М. Вибір компоувальної схеми гібридного автомобіля та визначення режимів його руху / В.М. Дембіцький // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – Вип. 37. – С. 75 – 81. **9.** Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов/ Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. — 304 с. **10.** Володарский Е.Т. Планирование и организация измерительного эксперимента// Володарский Е.Т., Малиновский Б.Н., Туз Ю.М.: Киев, Вища шк. Головное изд-во, 1987 г. 280 с. **11.** Сітовський О. П. Експериментальні дослідження параметрів LiFePO₄ батарей / О. П. Сітовський, А. М. Кашуба // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета . - 2013. - Вып. 63. - С. 98-100.

Bibliography (transliterated): **1.** Sakhno V.P. Avtomobili. Tyahovo-shvydkisni vlastyvoli ta palyvna ekonomichnist'. Navch. posibnyk./, Sakhno V.P., Bezborodova H.B. :Kyiv: V-vo KVITs, 2004, 174 p. **2.** Hutarevych Yu.F. Yekolohiya ta avtomobil'nyy transport: Navch. posibnyk/ Yu.F. Hutarevych, D.V. Zerkalov, A.H. Hovorun, A.O. Korpach, L.P. Marzhyyevs'ka. - Kyiv.: Aristey, 2008. -296 p. **3.** Abramchuk F.I. Avtomobil'ni dvyhuny Pidruchnyk.— 3-tye vydannya./ Abramchuk F.I., Hutarevych Yu.F., Dolhanov K.Ye., Tymchenko I.I.: Kyiv: Aristey, 2006. — 476 p. **4.** Mateychyk V.P. Naukovi osnovy pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky dorozhnikh transportnykh zasobiv: avtoref. dys... d-ra tekhn. nauk: 05.22.02 / Mateychyk V. P.; Natsional'nyy transportnyy un-t. - Kyiv., 2004. - 36 p. **5.** Mateychyk V.P. Metody otsinyuvannya ta sposoby pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky dorozhnikh transportnykh zasobiv / Mateychyk V.P.; Natsional'nyy transportnyy un-t. - Kyiv. : NTU, 2006. - 215 p. **6.** Bazhinov O.V. Elektroprivod dlja konversijnogo gibrydnogo avtomobilja / O.V. Bazhinov, V.Ja. Dvadnenko, Hakim Maush Elektronne naukove fakhove vydannya (drukovana versiya). Avtomobil' i Elektronika. Suchasni Tekhnolohiyi. – 2011. – p. 38 – 43. **7.** Bazhinov O.V. Hibrydni avtomobili / O.V. Bazhinov, O.P. Smyrnov, S.A. Syerikov, A.V. Hnatov, A.V. Kolyesnikov. – Kharkov: KhNADU, 2008. – 327 p. **8.** Dembits'kyy V.M. Vybir komponoval'noyi skhemy hibrydnogo avtomobilya ta vyznachennya rezhymiv yoho rukhu / V.M. Dembits'kyy Naukovi notatky. – Luts'k: LNTU, 2012. – V. 37. – p. 75 – 81. **9.** Novik F.S. Optimizacija processov tehnologii metallov metodami planirovanija jeksperimentov/ F.S. Novik, Ja.B. Arsov Moscow.: Mashinostroenie; Sofija: Tehnika, 1980. — 304 p. **10.** Volodarskij E.T. Planirovanie i organizacija izmeritel'nogo jeksperimenta/ / Volodarskij E.T., Malinovskij B.N., Tuz Ju.M.: Kiev, Vishha shk. Golovnoe izd-vo, 1987. 280 p. **11.** Sitovs'kyy O. P. Eksperymental'ni doslidzhennya parametriv LiFePO₄ batarey / O. P. Sitovs'kyy, A. M. Kashuba Vestnyk Khar'kovskoho natsyonal'noho avtomobyl'no-dorozhnoho unyversyteta . - 2013. - Issue. 63. - p. 98-100.

Надійшла (received) 07.03.2015