

придається ефективності и удобству их реализации на ЭВМ. В зависимости от свойств целевой функции и функции ограничений все задачи математического программирования делятся на два основных класса: задачи линейного программирования и задачи нелинейного программирования;

Если целевая функция и функции ограничений – линейные функции, то соответствующая задача поиска экстремума является задачей линейного программирования. Если хотя бы одна из указанных функций нелинейна, то соответствующая задача поиска экстремума является задачей нелинейного программирования. Эти методы находят применение при определении параметров управления дизелем наряду с принципом максимума.

Полученные квазиоптимальные управления реализуются электронной системой на микроконтроллерах на среднеоборотном дизеле мощностью 2225 кВт и позволили снизить выбросы вредных веществ в атмосферу в процессе эксплуатации в среднем на 25-37%.

Борисенко Анна Олегівна, к.т.н., доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [anutochka2111@gmail.com](mailto:anutochka2111@gmail.com)

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Як показник паливної економічності автомобілів прийнята витрата палива в літрах на 100 км пройденого шляху. Але автомобіль Toyota Prius PHV крім палива витрачає електричну енергію, яка запасається в акумуляторній батареї від зовнішніх джерел енергії, наприклад, електричної мережі 220 В. Тому при визначенні паливної економічності гібридних транспортних засобів з зовнішнім зарядом треба звернутися до Міжнародних нормативних документів, які розкривають типи гібридних автомобілів та особливості визначення їх паливної економічності. Правилами ЄЕК ООН № 83-05:2005, IDT рекомендовано для гібридних транспортних засобів, які заряджаються за допомогою зовнішнього зарядного пристрою, з перемикачем робочих режимів для визначення паливної економічності (таблиця).

Таблиця – Приклад вибору робочих режимів

Гібридні режими	Тільки електрика	Тільки паливо	Тільки електрика  Тільки паливо	Гібридний режим (спортивний, економічний, міський, позаміський)
Заряд батареї	Гібридний режим	Гібридний режим	Гібридний режим	
Умова А. Повна зарядка	Гібридний режим	Гібридний режим	Гібридний режим	Гібридний режим з переважним споживанням електроенергії

Умова В. Мінімальна зарядка	Гібридний режим	Споживання палива	Споживання палива	Режим з переважним використанням палива
-----------------------------------	--------------------	----------------------	----------------------	---

Проводиться два випробування з дотриманням наступних умов:

- умова А: Випробування проводиться з повністю зарядженим пристроєм акумулювання електричної енергії / потужності;
- умова В: Випробування проводиться при мінімальній зарядці (максимальній розрядці) пристрою акумулювання електричної енергії / потужності. Перемикач робочих режимів встановлюється як показано в таблиці.

Але наведені випробувальні цикли для визначення паливної економічності не зовсім підходять для оцінювання витрати палива та електричної енергії гібридними транспортними засобами. Це пов'язано з тим, що транспортні засоби із електроприводом мають режим «тільки електрика» та можуть розганятися на електричній тязі до високих швидкостей. Це означає, що повний випробувальний цикл гібридний транспортний засіб може подолати за рахунок дешевої електричної енергії. При цьому в умовах реальної експлуатації гібридний транспортний засіб може застосовувати як електричний двигун, так і двигун внутрішнього згоряння.

Для визначення паливної економічності гібридних транспортних засобів на початку необхідно провести розрахунок витрат на енергоносії:

- електричну енергію, що отримана від зовнішнього джерела, наприклад, стаціонарної електричної мережі 220 В, 50 Гц, у режимі «тільки електрика»;
- витрати на паливо у «гібридному» режимі з переважним використанням палива.

Для визначення паливної економічності гібридних транспортних засобів доцільно враховувати вартість електроенергії, яка використовується для заряду тягової акумуляторної батареї від стандартної електричної мережі та еквівалентно перераховується цю вартість у витрату палива. Вартість енергетичних витрат автомобілів з гібридною силовою установкою на одному заряді акумуляторної батареї можна розрахувати на будь-яку відстань S.

Витрати на енергоносії гібридних транспортних засобів у загальному вигляді розраховується як сума двох складових.

$$C = C_{\text{Електро}(100\text{км})} + C_{\text{Гібрид}(100\text{км})}, \quad (1)$$

де  $C_{\text{Електро}}$  – витрати на енергоносії в режимі «тільки електрика», грн/100км;

$C_{\text{Гібрид}}$  – витрати на енергоносії в «гібридному» режимі з переважним використанням палива, грн/100 км

З урахуванням ККД зарядного пристрою  $\eta$ , отримуємо вартість 1 кВт·год енергії  $C_{\text{ЕлТАБ}}$ , що запасється в тяговій акумуляторній батареї гібридного транспортного засобу від стаціонарної електричної мережі, грн/1 кВт·год.

$$C_{\text{ЕлТАБ}} = \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де  $C_{\text{кВт}}$  – тариф на електроенергію за 1 кВт·год;

$\eta$  – ККД зарядного пристрою, %.

Тоді витрати на енергоносії в режимі «тільки електрика»  $C_{\text{Електро}}$ , грн/км

$$C_{\text{Електро}} = W_{\text{Ел}} \cdot C_{\text{ЕлТАБ}}, \quad (3)$$

де  $W_{\text{Ел}}$  – витрата електроенергії для подолання 1 км шляху, кВт·год/км;

$C_{\text{ЕлТАБ}}$  – вартість 1 кВт·год енергії, що запасається в тяговій акумуляторній батареї від стандартної електричної мережі, грн/кВт·год.

Формула (2) з урахуванням формули (3) отримує вигляд, грн/км

$$C_{\text{Електро}} = W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 100\% . \quad (4)$$

В загальному випадку, гібридний транспортний засіб може витратити відповідно декілька кВт·год електричної енергії та декілька літрів палива, які можна перерахувати у відповідну вартість цих складових та відповідну витрату палива. Для розрахунку вартості експлуатації гібридних транспортних засобів у режимі «тільки електрика») на відстань 100 км формула розрахунку (4) набуває вигляду, грн/100 км

$$C_{\text{Електро}(100\text{км})} = W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 10^4 . \quad (5)$$

Для перерахунку витрат на енергоносії у режимі «тільки електрика» у відповідну еквівалентну витрату палива необхідно отриману за формулою (5) вартість за електричну енергію (грн/100 км), що витрачена на рух автомобіля, перевести у відповідну витрату палива згідно з вартістю бензину у країні, в якій експлуатується гібридний транспортний засіб, л/100 км

$$Q_{\text{Електро}(100\text{км})} = \frac{W_{\text{Ел}} \cdot \frac{C_{\text{кВт}}}{\eta} \cdot 10^4}{C_{\text{палива}}}, \quad (6)$$

де  $C_{\text{палива}}$  – вартість палива, грн/л.

Друга складова формули (1) – це витрати на енергоносії в «гібридному» режимі з переважним використанням палива, грн/100 км

$$C_{\text{Гібрид}(100\text{км})} = Q_{\text{Гібрид}} \cdot C_{\text{Палива}}, \quad (7)$$

де  $Q_{\text{Гібрид}}$  – витрата палива в гібридному режимі, л/100 км;

$C_{\text{Палива}}$  – вартість палива, грн/л.

Наведений розрахунок наочно демонструє, що в режимі «тільки електрика» витрати на енергоносії значно менше, ніж у в «гібридному» режимі з переважним використанням палива. Тому доцільно використовувати режим «тільки електрика» з подальшою зарядкою акумуляторних батарей від стаціонарної електричної мережі.

Тому для достовірного оцінювання витрати енергоносіїв (палива та електричної енергії) у гібридних транспортних засобах можна, наприклад, застосовувати в їх системах керування спеціальні інформаційні системи, які будуть фіксувати витрату палива та електричної енергії за весь час експлуатації автомобіля. Ці дані вже є у системі керування ДВЗ та системі керування акумуляторними батареями BMS (Battery Manegement System), яка ставиться на

кожний акумуляторний елемент в батареї для керування процесом «заряд-розряд». Тільки ці усереднені дані про загальну витрату енергоносіїв будуть оцінювати економічність гібридних транспортних засобів в експлуатаційних умовах.

Слід зазначити, що вартість енергоносіїв буде відрізнятися не тільки в різних країнах, але й у одній і тій самій, але у різних умовах експлуатації, наприклад, улітку або взимку. Всі ці дані можуть бути подані на сайті виробника транспортного засобу та постійно оновлюватися. Тільки такі дані будуть передавати конкретні експлуатаційні витрати в кожному регіоні та давати покупцеві більш правдиву інформацію про паливну та електричну економічність гібридних транспортних засобів в різних експлуатаційних умовах.

Бороденко Юрий Николаевич, к. ф-м. н., доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, [docentmaster@gmail.com](mailto:docentmaster@gmail.com)

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АТС**

Основными задачами совершенствования автомобильного транспорта являются повышение его топливно-экономических и экологических показателей. Под топливом, в широком смысле, понимают энергоносители, которые используются для приведения силовой установки автомобиля в действие. Потенциальные энергоносители рассредоточены и в недрах земли, и на ее поверхности, и в атмосферном воздухе, и даже в космосе. Причем, некоторые из них существуют в различных субстанциях и акциденциях. Например, водород в различных химических соединениях содержится и под землей (углеводороды), и на земле (биомасса) и в атмосфере.

Эффективность использования энергетического продукта, с одной стороны, оценивается его энергоемкостью, с другой – затратами на его получение и преобразование в потребительский вид энергии. Особое внимание, уделяется восстанавливаемым и не лимитированным видам энергетической среды.

Рассматриваются три направления развития силовых установок работающих на альтернативных энергоносителях. Первое направление заключается в адаптации (конвертации) конструкции тепловых ДВС под альтернативные виды топлива (минимальные затраты на оборудование и производство топлива). Эффективность применения альтернативного топлива, в этом случае, оценивается показателями: экологической безопасности; затратами на получение конечного продукта; теплотворностью и качеством использования топлива; затратами на конвертацию двигателя, дополнительное оборудование и инфраструктурные объекты. Второй подход предполагает использование альтернативных двигателей, работающих от нетрадиционных источников энергии: электрических и пневматических аккумуляторов, солнечных батарей, азотных генераторов, водородных тепловых элементов и даже ядерных установок. Недостатком такого подхода можно считать значительные затраты на разработку силовой установки и реализацию