

УДК 629.114.3

## ДО ВИБОРУ ІЗДОВОГО ЦИКЛУ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ

**А.В. Ворона, аспірант, Національний транспортний університет, м. Київ**

*Анотація.* Проведено аналіз існуючих їздових циклів, виконано порівняння деяких з них та вибрано їздовий цикл для гібридного транспортного засобу, який найбільш достовірно відтворює рух автомобіля в умовах експлуатації і який можливо відтворити при експериментальних випробуваннях на моделюючому роликівому стенді.

*Ключові слова:* їздовий цикл, міський цикл, заміський цикл, гібридний автомобіль, транспортний засіб, умови експлуатації.

## К ВЫБОРУ ЕЗДОВОГО ЦИКЛА ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

**А.В. Ворона, аспирант, Национальный транспортный университет, г. Киев**

*Аннотация.* Проведен анализ существующих ездовых циклов, выполнено сравнение некоторых из них и выбран ездовой цикл для гибридного транспортного средства, наиболее достоверно воспроизводящий движение автомобиля в условиях эксплуатации и который возможно воспроизвести при экспериментальных испытаниях на моделирующем роликовом стенде.

*Ключевые слова:* ездовой цикл, городской цикл, загородный цикл, гибридный автомобиль, транспортное средство, условия эксплуатации.

## CHOOSING DRIVING CYCLE OF HYBRID VEHICLE

**A. Vorona, postgraduate, National Transport University, Kyiv**

*Abstract.* The analysis of existing driving cycles was performed. After comparing some of the cycles, one specific driving cycle was selected for the hybrid vehicle as the most reliable in representing the real moving of the vehicle in operating conditions and which may be reproduced at experimental tests at the modeling roller stand.

*Key words:* driving cycle urban cycle out of town cycle, hybrid vehicle, vehicle operating conditions.

### Вступ

Щоб привести автомобіль в рух, йому необхідна енергія. Ця необхідність в більшості випадків реалізується перетворенням хімічної енергії вичерпних палив в механічну енергію. Для цього, за звичай, використовують двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ). Ефективність таких силових установок низька, а процес згоряння є причиною шкідливих викидів [1]. Тривалий час цим двом питанням не приділялось належної уваги. Однак, із зростанням використання автомобілів та із збільшенням збитків, що завдаються навколишньому середовищу, ці аспекти стали набувати важливого значення. У сімдесятих

і восьмидесятих роках в штаті Каліфорнія було прийнято закон про введення нових екологічних норм, що підштовхнуло автомобільну промисловість до розробки двигунів із більш високою ефективністю і низьким рівнем викидів. Внаслідок цього виникає необхідність проведення процедури випробувань для порівняння декількох двигунів один із одним. Ці тестові процедури називаються їздовими циклами.

### Аналіз публікацій

Проблеми щодо вибору їздових циклів досліджували І.В. Грицук, А.В. Кривоусков, Д.О. Гриценко, Е. Еріксон, К. Брундель-

Фрей та інші вітчизняні і закордонні вчені. У роботах цих дослідників досить глибоко вивчені питання щодо вибору та застосування їздових циклів, які як найкраще імітують реальні умови експлуатації транспортних засобів залежно від експлуатаційних факторів (дорожніх умов, режимів руху тощо) [2–4].

### Мета та постановка задачі

Проаналізувати існуючі їздові цикли та вибрати найбільш доцільний з них для проведення теоретичних досліджень гібридних транспортних засобів.

### Їздові цикли гібридних автомобілів

Їздовий цикл є стандартизованою моделлю, що описується за допомогою таблиці співвідношення швидкості до часу. Для вимірювання використовується шкала із секундними поділками. Прискорення під час кроку вважається постійним. В результаті швидкість під час кроку є лінійною функцією часу. Оскільки швидкість і прискорення відомі для кожного моменту часу, необхідна механічна енергія залежно від часу, може визначатися за допомогою формул. Ця функція інтегрована протягом всієї тривалості їздового циклу, що продукує механічну енергію, необхідну для певного їздового циклу. Їздовий цикл також можливо відтворити на моделюючому роликовому стенді. У випадку механічних транспортних засобів з ДВЗ, витрата палива і викиди визначаються безпосереднім шляхом замірів цих показників. Такий же принцип має місце для паливної системи гібридних електричних транспортних засобів. Первинна енергія може бути розрахована, виходячи із витрат палива.

Для електромобілів (ЕМ) або гібридних електромобілів (ГЕМ), які використовують зовнішні електричні джерела (наприклад, громадські мережі), електрична енергія, взята з цього джерела, буде врахована окремо. Електрична енергія перетворюється в необхідну первинну енергію поділом за показниками ефективності генерування енергії. Викиди визначаються за допомогою показників, які надаються енергетичними компаніями. У всіх силових установках ефективність використання системи визначається поділом показника отриманої механічної енергії на показник первинної енергії.

Найпоширеніші їздові цикли можна поділити на три групи: Європейські їздові цикли; їздові цикли США; Японські їздові цикли.

Європейські їздові цикли. Ці їздові цикли належать до модальних циклів. Це означає, що в них присутні довготривалі періоди з постійною швидкістю. Оскільки модальні цикли не передають реальних умов експлуатації, була розроблена додаткова група їздових циклів: NYZEM цикли. Ці цикли будуть розглянуті нижче. Для європейських їздових циклів можна зробити таку категоризацію:

Європейський міський їздовий цикл (ECE 15). Цей їздовий цикл відображає рух автомобіля в умовах міста [3]. Він характеризується низькою швидкістю транспортного засобу (максимум 50 км/год), низьким навантаженням на двигун і низькою температурою відпрацьованих газів. Заміський їздовий цикл (Extra-Urban Driving Cycle, EUDC). Цей цикл імітує рух автомобіля за містом. Наприкінці циклу автомобіль розганяється до найбільшої швидкості.

Заміський їздовий цикл для малопотужних транспортних засобів (Extra-Urban Driving Cycle (Low Powered Vehicles), EUDCL). Він схожий на EUDC, проте в цьому випадку максимальна швидкість складає 90 км/год [5].

Модернізований Європейський їздовий цикл (New European Driving Cycle, NEDC). Це комбінований цикл, що складається із чотирьох ECE 15 циклів, за якими йдуть EUDC або EUDCL цикли. NEDC також називають ECE циклом.

NYZEM. Згадані вище цикли є ідеалізованими. Вони не надають картини реальних умов експлуатації. NYZEM цикли є перехідними циклами. Тобто, періоди за якими швидкість постійна, є набагато меншими, ніж у модальних циклах. Таким чином, вони найкраще відображають умови експлуатації, ніж стандартні європейські цикли. NYZEM цикли часто використовуються, але вони не є офіційними. NYZEM цикли складаються з міського, позаміського та високошвидкісного циклів.

Їздові цикли США. Ці їздові цикли належать до перехідних циклів. Як і цикли NYZEM,

вони дають краще уявлення про реальні умови експлуатації, ніж модальні цикли. Їх можна поділити на такі види.

Міський федеральний їздовий цикл (FTP 72). Цей цикл був розроблений на початку сімдесятих років для моделювання руху транспортних засобів в умовах міста. Цикл складається з холодної фази старту, яка передує перехідній фазі з багатьма піками швидкості, які йдуть один за одним. У США під час вимірювання викидів для обох фаз враховується фактор ваги ТЗ. FTP 72 часто називають FUDS, UDDS або Лос-Анджелес-4.

Міський федеральний їздовий цикл (FTP-75). FTP 75 (рис. 1) це той самий FTP 72 цикл із додатковою третьою фазою, яка є ідентичною першій фазі FTP 72, але виконується з прогрітим двигуном.

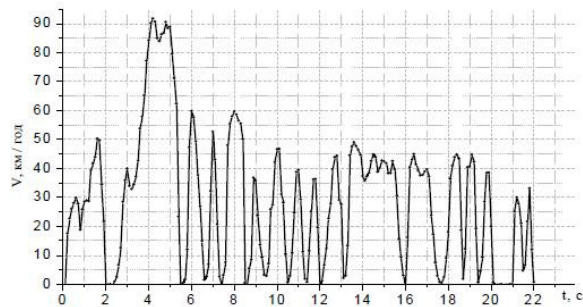


Рис. 1. Міський федеральний їздовий цикл (США)

SFUDS. Був розроблений для імітації розряду і зарядки батареї під час поїздки електромобіля. SFUDS було отримано для особливого транспортного засобу, який має два джерела енергії. Для даного автомобіля швидкість підібрана таким чином, щоб розрядити та зарядити батарею. HFEDS. Цей цикл відображає експлуатацію у позаміських умовах на швидкісних магістралях.

IM 240. Цей цикл використовується з метою контролю. За допомогою цього циклу визначаються викиди під час періодичної перевірки технічного обслуговування.

LA-92, як і FTP 72, відображає рух в умовах міста. LA-92 був розроблений у 1992 році, оскільки існуючий FTP 72 не відтворював реальних умов експлуатації в місті. LA-92 має вищу середню швидкість. NYCC. Цей цикл відтворює умови руху ТЗ за міським

маршрут через Нью-Йорк. Характерною особливістю цього циклу є низька середня швидкість.

US 06. Це так званий агресивний їздовий цикл. Він розроблений для відтворення умов експлуатації з високим навантаженням на двигун.

Японської їздові цикли. Вони належать до модальних циклів. Ці цикли можуть підрозділятися на:

- 10-режимний їздовий цикл (10 Mode). Цей цикл імітує рух в умовах міста;
- 15-режимний їздовий цикл (15 Mode). Це цикл з поєднання міського та заміського режимів руху. Максимальна швидкість при цьому складає 70 км/год;
- 0–10-режимний їздовий цикл (10–15 Mode). Це комбінація складається із п'яти циклів. Перший 15-режимний, а потім три рази 10-режимний і останній – знову 15-режимний. На рис. 2 наведено приклад такого їздового циклу [5].

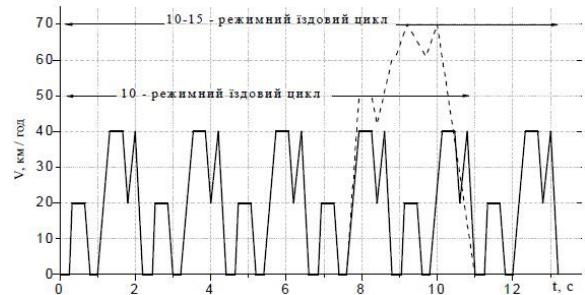


Рис. 2. 10–15-режимний їздовий цикл (Японія)

Всі описані японські цикли є модальними циклами, і тому їх не можна вважати репрезентативними циклами [5]. Згадані вище цикли підпадають під різні категорії, що відтворюють реальні умови експлуатації. Отже, можна зробити висновок, що з європейських їздових циклів представлений тільки NYZEM цикл. Цикли США будуть розглядатися порівнянням середньої швидкості,  $v_{\text{сеп}}$  (км/год), максимального темпу прискорення  $a_{\text{max}}$  ( $\text{м}/\text{с}^2$ ) та максимальної питомої потужності  $K_{\text{max}}$  ( $\text{м}^2/\text{с}^3$ ). Ці параметри для п'яти циклів наведені в табл. 1. Серед цих циклів, HFEDS найкраще відтворює умови руху на швидкісному шосе з найнижчим об'ємом  $K_{\text{max}}$  та найвищою середньою швидкістю. FTP-72 є помірним циклом з низькими значеннями  $v_{\text{сеп}}$ ,  $a_{\text{max}}$  і  $K_{\text{max}}$ . Цикл LA 92 набагато більш потужний, ніж цикл HFEDS і цикл FTP 72, з більш високими значеннями  $a_{\text{max}}$  і  $K_{\text{max}}$ . NYCC є

найкращим представником, що відтворює умови руху в місті, враховуючи дорожні знаки та затори, з середньою швидкістю всього 11,4 км/год [2–4]. Цикл US 06 є найпотужнішим, з середньою швидкістю 77,2 км/год, максимальним прискоренням 3,8 м/с<sup>2</sup> і максимальною питомою потужністю 97 м<sup>2</sup>/с<sup>3</sup>, що приблизно в 2,5 рази більше відповідного значення FTP.

Таблиця 1 Характеристика п'яти їздових циклів

Їздовий цикл	$v_{\text{сер}}$ , (км/год)	$a_{\text{макс}}$ , (м/с <sup>2</sup> )	$K_{\text{макс}}$ , (м <sup>2</sup> /с <sup>3</sup> )
HFEDS	77,6	1,5	31,4
FTP 72	31,4	1,5	38,4
LA 92	39,7	4,0	74,3
NYCC	11,4	2,7	38,8
US 06	77,2	3,8	97,3

### Висновки

Розглянуто існуючі їздові цикли, виконано їх порівняння. Потрібно зазначити, що для дослідження гібридних транспортних засобів найбільш доцільно використовувати перехідні їздові цикли, оскільки вони найбільш повною мірою відображають рух реальний міських умовах. Наступні їздові цикли необхідно віднести до таких, що найбільш точно відтворюють реальні умови експлуатації: всі цикли NYZEM; HFEDS; LA 92; NYCC; US 06.

### Література

1. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в условиях эксплуатации / Ю.Ф. Гутаревич. – К.: Виша школа, 1991. – 179 с.
2. Brundell-Freij K. and Ericsson E. Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns: Transportation Research D 10, 2005. – 15 p.
3. Ericsson E. Variability in urban driving patterns: Transportation Research D 5, 2000. – P. 44–48.
4. Ericsson E. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors: Transportation Research D 6, 2001. – P. 62–65.
5. Грицук І.В. До питання вибору і обґрунтування типу випробувального їздового циклу для дослідження показників токсичності відпрацьованих газів двигунів / І.В. Грицук, А.В. Кривоусков, Д.О Гриценко // ДТЗ: зб. наук. пр. ДонІЗТ. – 2009. – №17. – С. 106–119.

Рецензент: Ф.І. Абрамчук, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 26 травня 2011 р.