

ТИПОВІ ЇЗДОВІ ВИПРОБУВАЛЬНІ ЦИКЛИ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Ковбасенко С.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Гонтар Ю.В., ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна, yuragontar0511@gmail.com, orcid.org/0009-0005-6261-5216

TYPICAL DRIVING TEST CYCLES FOR ASSESSMENT OF THE PERFORMANCE INDICATORS OF AUTOMOTIVE VEHICLES

Kovbasenko S.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, s-kov@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7309-8200

Hontar Y.V., «DerzhavtotransNDIproekt», Kyiv, Ukraine, yuragontar0511@gmail.com, orcid.org/0009-0005-6261-5216

Вступ. Збільшення виробництва автомобілів в світі є однією з найбільших транспортних тенденцій останніх десятиліть. За даними Міжнародного союзу автомобільного транспорту (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers – OICA), кількість легкових автомобілів в світі досягла більше 1 млрд одиниць у 2010 році, а в 2019 році це число зросло до понад 1,4 млрд [1].

Однією з причин такого зростання є збільшення населення світу і відповідно – попиту на транспортні засоби. За даними Міжнародної дорожньої федерації (International Road Federation) лідером за кількістю автомобілів на 1000 осіб є США з кількістю 821 шт. [1] Автомобілізація в Україні, починаючи з 2003 року, зросла зі 107 до 232 одиниць на 1000 осіб станом на кінець 2021 року [2].

Автомобільний транспорт відіграє важливу роль в соціально-економічному розвитку кожної країни, але одночасно є і одним з найбільших джерел забруднення навколишнього середовища. За даними Міжнародного агентства з енергетики (IEA) споживання палива нафтового походження автомобільним транспортом у 2021 році становило понад 40% світового нафтопродукту [3]. Відпрацьовані гази автотранспортних засобів містять більше 200 відомих найменувань шкідливих речовин [4].

Аналіз досліджень і публікацій. У зв'язку з глобальним погіршенням екологічної ситуації більшість країн у різних галузях вводять все більш жорсткі норми викидів шкідливих речовин. Для оцінки викидів шкідливих речовин автотранспортними засобами з двигунами внутрішнього згоряння існує ціла низка нормативних документів, стандартів та регламентів, які обмежують такі викиди.

В Європі – це екологічні стандарти Euro I-VI [5], що регулюють вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Сполучені Штати Америки використовують стандарти екологічності Tier 0-4. Японія має свої стандарти: New Short Term, New Long Term, Post New Long Term, Future Regulations [6]. Перевірка на відповідність даним вимогам проводиться відповідно до певних моделей та процедур випробування. Одним зі способів визначення екологічної безпеки та паливної економічності машин є дослідження цих показників за допомогою їздових циклів (легкові автомобілі) та циклів випробувань двигунів (вантажні автомобілі).

Їздовий випробувальний цикл автомобілів являє собою ряд режимів (прискорення і сповільнення, стала швидкість, холостий хід), які чергуються між собою та імітують усереднений рух в реальних умовах експлуатації. Основними критеріями оцінки їздового циклу є: загальний пробіг, час, середня швидкість руху, максимальна швидкість, середнє та максимальне прискорення, холостий хід, кількість та тривалість зупинок.

Мета роботи – аналіз існуючих їздових циклів для оцінки експлуатаційних характеристик, економічності та екологічності автотранспортних засобів, а також та визначення перспективних методів створення випробувальних циклів.

Виклад основного матеріалу. Більшість їзових циклів, що використовуються у світі, можна розділити на три основні групи: Європейські, Японські та випробувальні цикли США [7].

Європейські випробувальні цикли. NEDC (New European Drive Cycle) – новий європейський їзовий цикл відтворюється на динамометричному моторному стенді для легкових та легковантажних автомобілів. Він складається з двох циклів міського режиму (ECE) та позаміського (EUDC). Міський режим (ECE) включає в себе чотири режими по 195 с. кожний та одного позаміського (EUDC) тривалістю 400 с. Перед початком випробування за NEDC обов’язковою вимогою була фаза прогріву двигуна впродовж 40 с, але, після запровадження в 2000 році екологічного стандарту Euro III, ця норма була скасована. Це дало змогу врахувати виділення шкідливих речовин з холодного пуску двигуна і впродовж фази прогріву. Основні параметри циклу: відстань 11,007 км, тривалість 1800 с, середня швидкість руху 33,6 км/год, максимальна швидкість 120 км/год (рис. 1) [6].

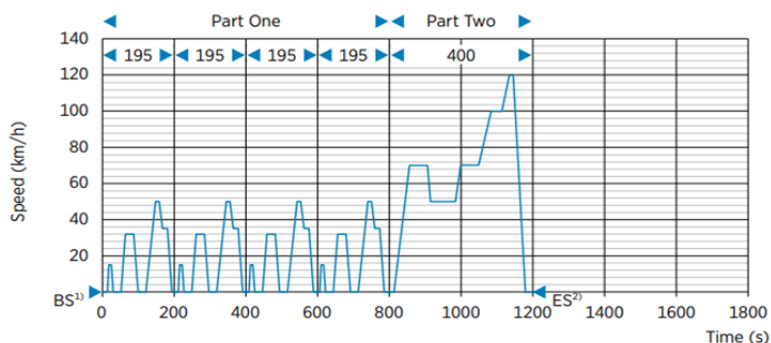


Рисунок 1 – цикл NEDC

Figure 1 – NEDC cycle

WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle) – Всесвітній гармонізований цикл випробувань легкових транспортних засобів є частиною Всесвітніх гармонізованих процедур випробування легких транспортних засобів (WLTP) та був розроблений групою UNECE GRPE (Робоча група з забруднення та енергетики) на основі статистичного аналізу руху у різних країнах світу [8]. Прийшов на заміну досить застарілому NEDC, починаючи з вересня 2017 року. Мета його розробки — широке використання в світі та визначення більш реалістичних значень паливної економічності та екологічності транспортних засобів. Випробування проводяться на роликівому випробувальному стенді з урахуванням різних факторів таких як: увімкнений кондиціонер, аудіосистема, враховуються погодні умови, якість палива, знос шин, особливості конструкції кузова автомобіля, заряду акумулятора та інші. Процедура WLTP включає три класи випробувальних їзових циклів WLTC, застосування яких визначається в залежності від відношення номінальної потужності до спорядженої маси транспортного засобу (ВПМ), (табл. 1). Визначення необхідного циклу також залежить від максимальної швидкості, заявленої заводом-виробником.

Таблиця 1 – Класи випробувальних їзових циклів WLTC (WLTC test driving cycle classes) [6]

Table 1 –WLTC test driving cycle classes (WLTC test driving cycle classes) [6]

Категорія		ВПМ (W/кг)	Фази швидкості
Перший клас		$ВПМ \leq 22$	Low1+Medium1+Low1
Другий клас		$22 < ВПМ \leq 34$	Low2+Medium2 +High2+Extra High2
Третій клас	3a ($V_{\text{макс.}} < 120$ км/год)	$ВПМ > 34$	Low3+Medium3-1 + High3-1+Extra High3
	3b ($V_{\text{макс.}} \geq 120$ км/год)		Low3+Medium3-2 + High3-2+Extra High3

Випробувальний їздовий цикл для класу 2 і 3 складається з 4-х режимів: Low (низький), Medium (середній), High (високий) та Extra High (дуже високий). Для класу 1 таких режимів – 3: Low (низький), Medium (середній) та знову Low (низький)[9].

Цикл WLTC для транспортних засобів класу 3b представлений на рисунку 2.

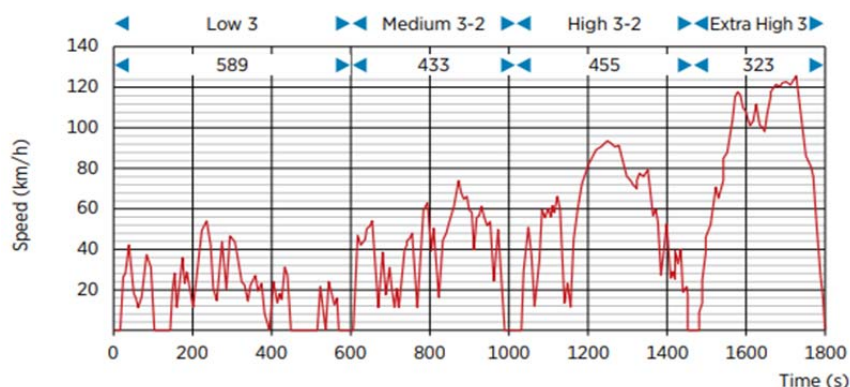


Рисунок 2 – Цикл WLTC для транспортних засобів класу 3b

Figure 2 – WLTC cycle for Class 3b vehicles

RDE (Real Driving Emissions) – це додаткова методика випробувального циклу WLTC, яка визначає шкідливі викиди в реальних умовах водіння. Це нова методика вимірювання викидів забруднюючих речовин, таких як оксиди азоту (NO_x) і дрібних частинок. Випробування RDE проводяться на дорогах загального користування в реальних умовах руху, а не в лабораторних, та включає в собі три режими – низький (рух по міських дорогах з невеликою швидкістю), середній (рух по передмістю з середньою швидкістю) та високий (швидкісний рух по автостраді). Через різні допустимі швидкості руху на однотипних ділянках у різних країнах, було розроблено поправочні коефіцієнти для більш точного проведення дослідження [8]. Вимірювання проводяться з використанням інтелектуального пристрою під назвою PEMS (Portable Emissions Measurement System [10] – портативна система вимірювання шкідливих викидів), який в ході випробувань закріплюють на задній частині автомобіля. Викиди, створені під час випробування RDE, реєструються щосекунди і обчислюються за допомогою спеціальних методів оцінки. Основні параметри циклу: відстань 23,5 км, середня швидкість руху 46,6 км/год, максимальна швидкість 131,6 км/год, тривалість 1800 с.

WLTP також передбачає випробування гібридних та електричних транспортних засобів. Всі вони відносяться до третього класу транспортних засобів випробувального їздового циклу. Викиди та ряд інших параметрів перевіряються за їздовим циклом класу 3 (клас 3a або клас 3b), в режимі зниження та підтримки заряду.

В Україні випробування двигунів вантажних автомобілів та автобусів на екологічність та оцінку витрати палива проводять після визначення контрольної маси транспортного засобу на динамометричному моторному стенді за Правилами ЄЕК ООН №49 [11] або на роликовому випробувальному стенді за Правилами ЄЕК ООН №83 – застосовується для транспортних засобів категорій M1 та N1.

Правила ЄЕК ООН №49 передбачають використання 13-режимного циклу випробування дизельного двигуна стаціонарним способом, при цьому двигун монтують на спеціальному динамометричному стенді. Це випробування здійснюється шляхом задання 13 умов швидкості та навантаження. Викиди шкідливих речовин вимірюються на кожному режимі окремо і визначаються в г/кВт·год. Остаточним результатом вважається середньозважене значення. Це випробування проводиться для визначення викидів важких дорожніх двигунів на схвалення типу за стандартом викидів Euro II та залишається нормативною процедурою тестування для країн, в яких даний стандарт ще діє. Для Сполучених Штатів Америки використовується таке ж 13-режимне випробування, але результативні вагові коефіцієнти – інші. З жовтня 2000 року 13-режимний цикл (рис. 3) за правилами ЄЕК ООН №49 був замінений циклом ESC (рис. 4) [12].

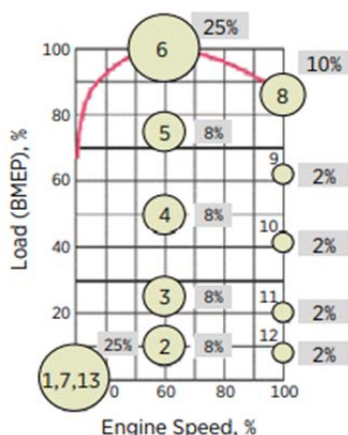


Рисунок 3 – 13-режимний цикл
за Правилами СЕК ООН №49
Figure 3 – 13-mode cycle
according to UNECE Rules No. 49

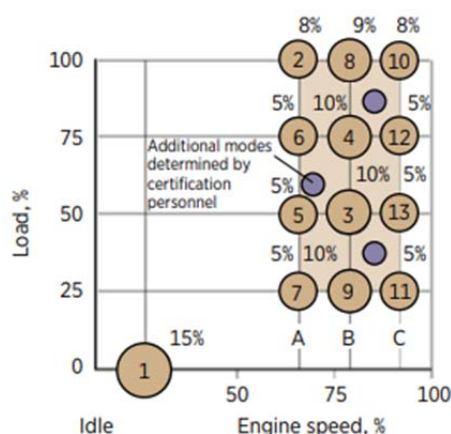


Рисунок 4 – 13-режимний цикл ESC
Figure 4 – 13-mode ESC cycle

Із впровадженням екологічних норм Euro III на заміну 13-режимного циклу за Правилами СЕК ООН №49 прийшов більш удосконалений випробувальний цикл **ESC**. При застосуванні даної методики двигун випробовують на динамометричному стенді в послідовності сталих режимів. Двигун повинен працювати впродовж встановленого часу в кожному з 13-ти режимів, переходи між швидкістю та навантаженням двигуна повинні відбуватися впродовж 20 секунд. Вказана швидкість повинна підтримуватися в межах $\pm 50 \text{ хв}^{-1}$, а заданий крутний момент в межах $\pm 2\%$ від максимального крутного моменту при випробувальній швидкості. Викиди шкідливих речовин вимірюються на кожному режимі окремо і визначаються в г/кВт·год. Остаточним результатом вважається середньозважене значення. Викиди твердих частинок відбираються одним фільтром у 13 режимах. Випробувальний цикл ESC характеризується високим середнім коефіцієнтом навантаження та високою температурою відпрацьованих газів.

Випробувальний цикл ESC був запроваджений разом із циклами ETC (Європейський перехідний цикл) і ELR (Європейська реакція на навантаження).

ETC (European Transient Cycle) – Європейський перехідний випробувальний цикл, який включає три несталі режими, що відповідають руху КТЗ в місті, селі та передмісті, на швидкісних магістралях.

ELR (European Load Response test) – Європейський навантажувальний цикл проводиться на тих же швидкісних режимах, що і ESC, та використовується для визначення димності дизеля.

Випробувальні цикли США. FTP-75 (Також відомий як **City Driving Cycle**). Американський їздовий цикл FTP 75 розроблений для оцінки екологічності та економічності легкових транспортних засобів, складається з трьох режимів, що відповідають швидкостям руху, виміряним на вулицях Лос-Анжелеса та передбачає 10-ти хвилинну зупинку автомобіля (рис. 5). Перед випробуванням автомобіль 12 годин перебуває в стані спокою при температурі 20...30 °. Після цього передбачається рух за трьома фазами: Cold start phase (холодна фаза); Transient phase (фаза обмежених швидкостей). Після закінчення цієї фази на 1369 секунд двигун вимикається на 10 хвилин; Hot start phase (фаза на прогрітому двигуні).

Виконується повторний запуск двигуна для проведення випробувань прогрітого двигуна. Швидкісний режим руху аналогічний до того, що був при випробуваннях в холодній фазі.

При цьому під час випробування на кожній із фаз проводиться збір відпрацьованих газів у окремі ємності. Вагові сумарні значення шкідливих речовин (CO, CH і NOx) з усіх трьох ємностей оцінюються по відношенню до пройденої відстані і потім перераховуються у вагову кількість цих компонентів на 1 милю ($\approx 1,6 \text{ км}$).

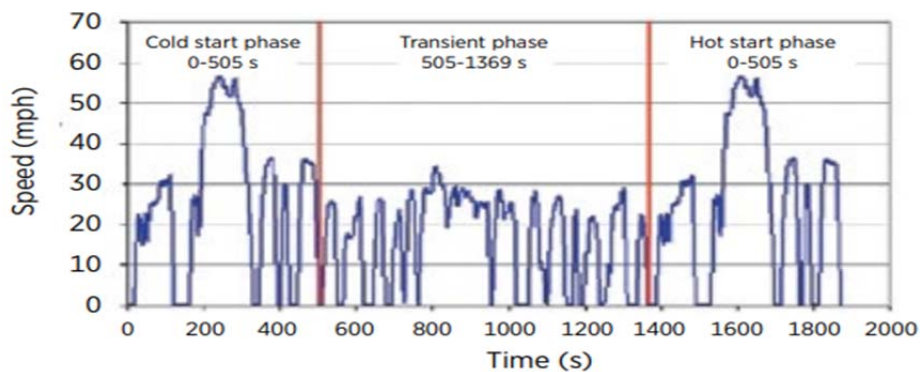
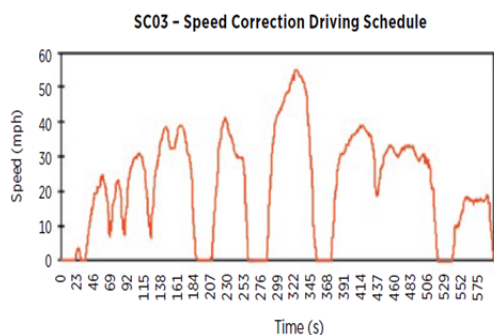


Рисунок 5 – Цикл FTP-75
Figure 5 – FTP-75 cycle

Автомобілі, модельний ряд яких починається з 2000-го року, проходять додаткові випробування за двома додатковими федеральними випробувальними циклами US06 та SC03 (рис. 6), які створені для урахування режимів агресивного водіння та руху автомобіля з увімкненою системою кондиціонування. US06 відображає агресивний високошвидкісний рух, SC03 – рух з використанням кондиціонера.

SC03 AIR CONDITIONING DRIVING CYCLE



US06 HIGH SPEED/HIGH LOAD DRIVING CYCLE

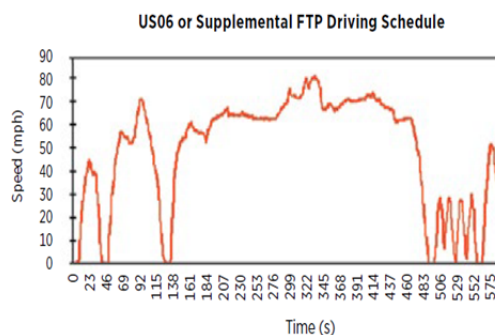


Рисунок 6 – Цикли US03 (ліворуч) та US06 (праворуч)
Figure 6 – Cycles US03 (left) and US06 (right)

Паливна економічність розраховується на основі тестування FTP (для міського руху) і HWFET (для руху по шосе). Модельний ряд автомобілів, починаючи з 2008-го року, досліджується на економічність за допомогою 5-циклічних випробувань за методом EPA. Цей метод базується на результатах 5 їздових циклів: двох FTP — одного звичайного та одного при низькій температурі, проведеного при лабораторній температурі 20°F (-6,7°C), а також циклів HWFET (рис. 7), US06 і SC03.

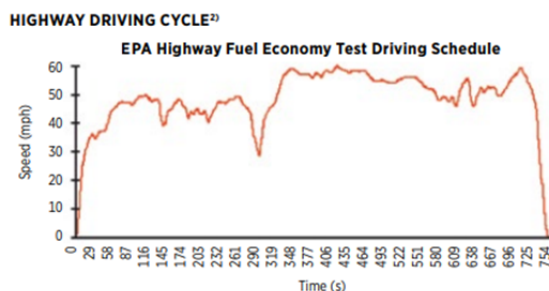


Рисунок 7 – Цикл HWFET
Figure 7 – HWFET cycle

Перехідний цикл FTP (Federal Test Procedure) – перехідний випробувальний цикл для визначення шкідливих викидів двигунами вантажних автомобілів (рис. 8). Тестування проводиться на моторному динамометричному стенді.

Перехідний тест був розроблений для врахування різноманітних моделей водіння вантажівок і автобусів в американських містах, включаючи рух у містах і навколо них на дорогах і швидкісних магістралях. Перехідний цикл FTP складається з чотирьох фаз (рис. 8).

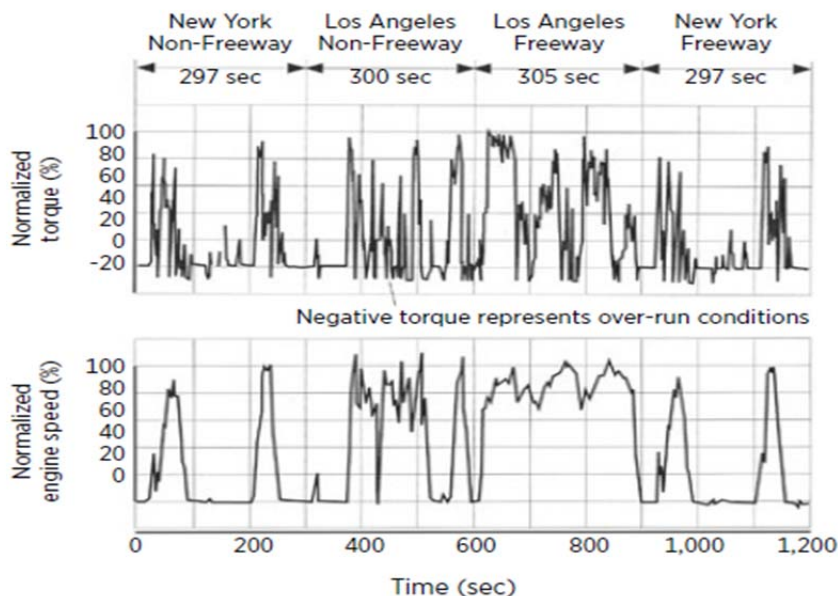


Рисунок 8 – Перехідний цикл FTP

Figure 8 – FTP transition cycle

Середній коефіцієнт навантаження перехідного циклу FTP становить приблизно 20-25% від максимальної потужності двигуна, доступної при даній швидкості двигуна. Середня швидкість автомобіля – близько 30 км/год, відстань – 10,3 км, час – 1200 с.

LLC- Low Load Cycle (цикл низького навантаження) – характеризує рух міського вантажного та комунального транспорту з низьким навантаженням на двигун (рис. 9). Цей цикл створений для аналізу роботи систем доочистки шкідливих речовин у відпрацьованих газах на режимах низьких навантажень. Він складається з 3-х режимів навантаження: стійкого навантаження, перехідного від високого до низького режиму, та від низького до високого режиму навантаження. Випробування триває 5505 с = 1 година 31 хвилина 44 секунди. Проводиться на динамометричному моторному та роликовому стендах [13].

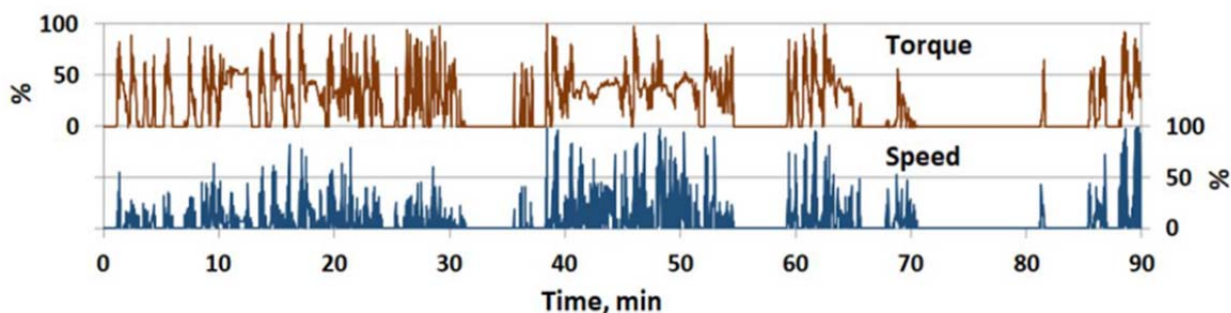


Рисунок 9 – Цикл низького навантаження (LLC)

Figure 9 – Low Load Cycle (LLC)

Випробувальні цикли Японії. 10-15 MODE COLD CYCLE. 10-15 – режимний цикл (10-15 MODE COLD CYCLE) є похідним від 10-режимного (міського) циклу, доданий ще 15-режимний сегмент із максимальною швидкістю 70 км/год (рис. 10). Викиди оцінюються у г/км. 10-15 MODE COLD CYCLE – це комбінація п'яти циклів. Весь цикл триває 15 хвилин. Перед початком виконується 15-ти хвилинний прогрів автомобіля на швидкості 60 км/год, після чого слід виконати

комбінації циклів. Першим виконується 15- режимний сегмент, далі три повторення 10-режимних циклів і потім знову 15- режимний сегмент.

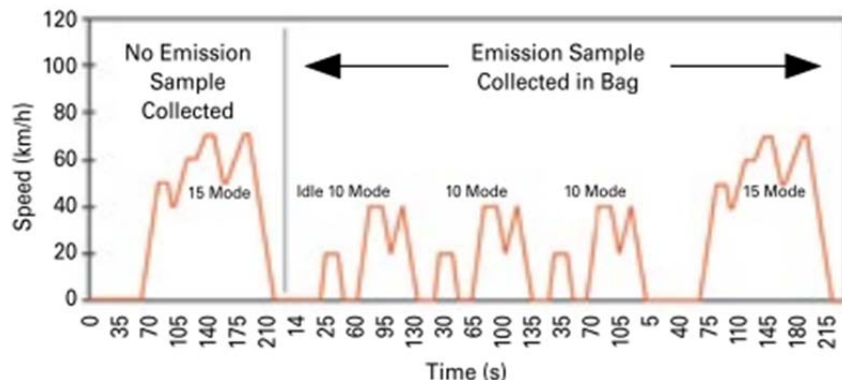


Рисунок 10 – 10-15 режимний цикл
Figure 10 – 10-15 mode cycle

Загальна довжина циклу – 6,34 км, тривалість – 892 с, середня швидкість – 25,61 км/год. Викиди вимірюються впродовж останніх 4 сегментів. Довжина циклу – 4,16 км, середня швидкість – 22,7 км/год, максимальна швидкість – 70 км/год, тривалість – 660 с (або відповідно 6,34 км, 25,6 км/год, 892 с, включаючи початковий 15-ти режимний відрізок) [6]. Даний цикл відноситься до модальних їзових циклів, тому його не можна вважати репрезентативним циклом [14].

Їзовий цикл JC 08 (Driving cycle JC 08). Цей випробувальний цикл працює в Японії з 2007 року, в 2010 він прийнятий як єдиний стандарт оцінки. Тест представляє водіння в скупченому міському трафіку, включаючи періоди простою та часте чергування прискорення та уповільнення (рис. 11). Вимірювання проводиться двічі, з холодним і теплим пуском. Тест використовується для вимірювання викидів і визначення економії палива для бензинових і дизельних автомобілів. Розрахунковий час даного циклу складає 1204 с. Передбачається, що за цей час автомобіль проїжджає дистанцію 8,17 кілометрів. Діапазон швидкостей вимірювального циклу JC08 становить 24,4 км/год для середньої швидкості та 81,6 км/год для максимальної. Коефіцієнт навантаження – 29,7%.

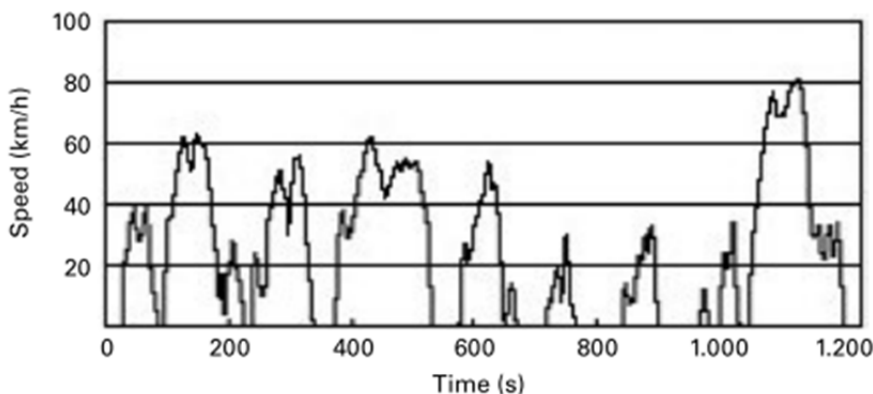


Рисунок 11 – Цикл JC 08
Figure 11 – Cycle JC 08

Слід зазначити, що екологічність легкових транспортних засобів в Японії, починаючи з 2018 року, перевіряється за їзовим циклом WLTP [6].

JE05 (також відомий як ED12) – випробувальний цикл транспортних засобів із повною масою понад 3500 кг. запроваджений в 2005 році. Відноситься до перехідних випробувальних циклів, базується на режимах водіння в м. Токіо та застосовується для випробування автомобілів із двигунами з іскровим запалюванням та дизелями.

Цикл JE05 визначає залежність швидкості транспортного засобу від часу руху (рис. 12). Тривалість випробування – приблизно 1800 с, середня швидкість – 26,94 км/год, максимальна – 88 км/год.

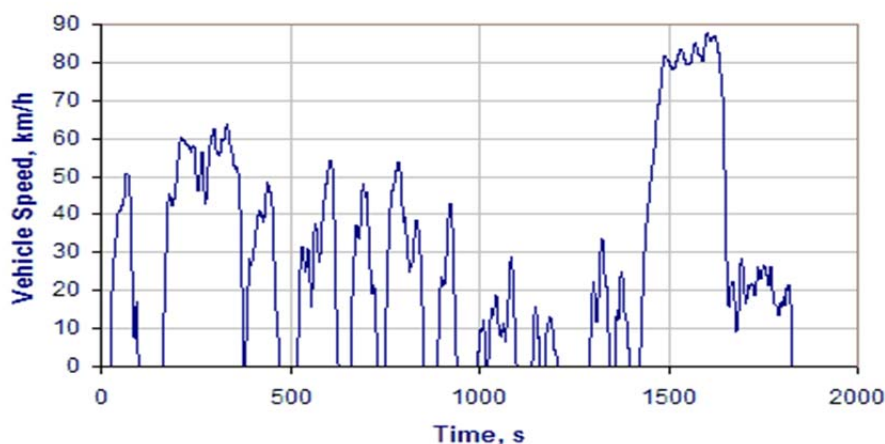


Рисунок 12 – Цикл JE05

Figure 12 – Cycle JE05

На сучасному етапі створення їзових випробувальних циклів можливе за допомогою таких методів, як використання даних з систем глобального позиціонування (GPS), IoT (Internet of Things), створення штучних та синтетичних їзових циклів тощо. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, і використовується залежно від поставленої мети та завдань випробування. Поєднання різних методів може дати найкращі результати в створенні їзових циклів, які відповідають різним умовам руху автомобілів. Це дозволить отримати більш повну та точну інформацію про показники споживання палива та викидів шкідливих речовин автотранспортними засобами. Створення нових методів та їзових циклів є дуже важливим завданням, оскільки дозволяє отримати більш точні та наближені до реальних умов експлуатації результати випробувань, а також зменшити час та витрати на випробування.

Висновки. На сьогодні у світі існує велика кількість стандартів, директив, методик контролю та дослідження транспортних засобів щодо їх паливної економічності та екологічних показників. З огляду існуючих їзових циклів можна зробити висновок, що не всі вони досконалі та враховують усі режими експлуатації автомобіля в реальних дорожніх умовах. Основним недоліком є ідеалізація умов випробування без урахування всіх реальних експлуатаційних факторів. Режими експлуатації автотранспортних засобів на різних континентах та в різних країнах мають значні відмінності, що ускладнює використання уніфікованих їзових випробувальних циклів через різну методику випробувань, відмінність правил дорожнього руху, інфраструктурні фактори, обмеження потужності двигунів, вимог до палива тощо.

Поєднання різних методів створення їзових випробувальних циклів (використання даних з систем глобального позиціонування, IoT, створення штучних та синтетичних їзових циклів тощо) дозволить отримати найкращі результати в створенні їзових циклів, які відповідають різним умовам руху автомобілів. Дослідження паливної економічності та екологічних показників автомобілів за допомогою їзових циклів досить трудомісткий процес, тому створення їзових випробувальних циклів для спрощення певних етапів досліджень та розробка програмних засобів, універсальних комп'ютерних моделей дозволить суттєво полегшити процедуру випробування і забезпечити точність отриманих результатів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers – OICA. Режим доступу: <https://www.oica.net/production-statistics/>.
2. Інститут дослідження авторинку. Український авторинок: історія проблем та як їх розв'язати. Режим доступу: <https://eauto.org.ua/news/130-ukrajinskiy-avtorinok-istoriya-problema-ta-yak-jih-rozv-yazati>.
3. International Energy Agency (IEA). Режим доступу: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/oil-information>.
4. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвеева, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. Київ, 2017.

5. Еколого-транспортні проблеми сучасної України. МЦПД, Київ, 2022р. Режим доступу: https://icps.com.ua/assets/uploads/images/files/ecology_a4_ukr.pdf.
6. Worldwide emission standards. Passenger cars. Режим доступу: https://cdn.borgwarner.com/docs/default-source/default-document-library/passenger-cars-and-light-duty-vehicles-emissions-standards-booklet.pdf?sfvrsn=437a0b3d_6.
7. Emission Test Cycles. Режим доступу: <https://dieselnet.com/standards/cycles/index.php>.
8. Monica Tutuianu, Pierre Bonnel, Biagio Ciuffo, Takahiro Haniu, Noriyuki Ichikawa, Alessandro Marotta, Jelica Pavlovic, Heinz Steven. Elsevier journal. Transportation Research Part D. Development of the World-wide harmonized Light duty Test Cycle (WLTC) and a possible pathway for its introduction in the European legislation. Режим доступу: https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/2015_trd_wltp.pdf.
9. Mukhitdinov A.A, Ziyaev K.Z. Method for evaluating the energy efficiency of regulated driving cycles // European science review. 2016. №9-10. pp. 234-236.
10. European Commission. Portable Emissions Measurement Systems (PEMS). Режим доступу: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/scientific-tools-and-databases/portable-emissions-measurement-systems-pems_en.
11. uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compression-ignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles. Режим доступу: <https://unece.org/sites/default/files/2021-07/R049r4e.pdf>.
12. Worldwide emissions standards on and off-highway commercial vehicles. Режим доступу: https://cdn.borgwarner.com/docs/default-source/default-document-library/on-and-off-highway-commercial-vehicles-emissions-standards.pdf?sfvrsn=30265b3d_8.
13. Emission characteristics analysis under California low load cycle for a China VI heavy-duty diesel engine. Xiaowei Wang, Jian Ling, Tao Gao, Xuejing Gu, Gang Li, Youyuan Zhang. 2022. Режим доступу: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2022/19/e3sconf_esat2022_03047.pdf.
14. Грицук І.В. До питання вибору і обґрунтування типу випробувального їздового циклу для дослідження показників токсичності відпрацьованих газів двигунів / І.В. Грицук, А.В. Кривопусков, Д.О. Гриценко // ДТЗ: зб. наук. пр. ДонІЗТ. 2009 – №17.

REFERENCES

1. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers – OICA. Access mode: <https://www.oica.net/production-statistics/>.
2. Institute of Car Market Research. Ukrainian car market: history of problems and how to solve them? Access mode: <https://eauto.org.ua/news/130-ukrajinskiy-avtorinok-istoriya-problem-ta-yak-jih-rozvyazati>.
3. International Energy Agency (IEA). Access mode: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/oil-information>.
4. Transport ecology: a study guide / O. I. Zaporozhets, S. V. Boychenko, O. L. Matveeva, S. Y. Shamanskyi, T. I. Dmytrokha, S. M. Madzhd; in general edited by S. V. Boychenko. Kyiv, 2017.
5. Environmental and transport problems of modern Ukraine. Moscow State University, Kyiv, 2022. Access mode: https://icps.com.ua/assets/uploads/images/files/ecology_a4_ukr.pdf.
6. Worldwide emission standards. Passenger cars. Access mode: https://cdn.borgwarner.com/docs/default-source/default-document-library/passenger-cars-and-light-duty-vehicles-emissions-standards-booklet.pdf?sfvrsn=437a0b3d_6.
7. Emission Test Cycles. Access mode: <https://dieselnet.com/standards/cycles/index.php>.
8. Monica Tutuianu, Pierre Bonnel, Biagio Ciuffo, Takahiro Haniu, Noriyuki Ichikawa, Alessandro Marotta, Jelica Pavlovic, Heinz Steven. Elsevier journal. Transportation Research Part D Development of the World-wide harmonized Light duty Test Cycle (WLTC) and a possible pathway for its introduction in the European legislation. Access mode: https://e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/2015_trd_wltp.pdf.
9. Mukhitdinov A.A, Ziyaev K.Z. Method for evaluating the energy efficiency of regulated driving cycles // European science review. 2016. №9-10. pp. 234-236.
10. European Commission. Portable Emissions Measurement Systems (PEMS). Access mode: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/scientific-tools-and-databases/portable-emissions-measurement-systems-pems_en.

11. Uniform provisions concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particulate pollutants from compressionignition engines for use in vehicles, and the emission of gaseous pollutants from positive-ignition engines fuelled with natural gas or liquefied petroleum gas for use in vehicles. Access mode:

<https://unece.org/sites/default/files/2021-07/R049r4e.pdf>.

12. Worldwide emissions standards on and off-highway commercial vehicles. Access mode:
https://cdn.borgwarner.com/docs/default-source/default-document-library/on-and-off-highway-commercial-vehicles-emissions-standards.pdf?sfvrsn=30265b3d_8.

13. Emission characteristics analysis under California low load cycle for a China VI heavy-duty diesel engine. Xiaowei Wang, Jian Ling, Tao Gao, Xuejing Gu, Gang Li , Youyuan Zhang. 2022. Access mode:

https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2022/19/e3sconf_esat2022_03047.pdf.

14. Hrytsuk I.V. On the issue of choosing and justifying the type of test driving cycle for the study of indicators of the toxicity of engine exhaust gases / I.V. Hrytsuk, A.V. Krivopuskov, D.O. Hrytsenko // DTZ: coll. of science works. DonIZT. 2009 – №17.

РЕФЕРАТ

Ковбасенко С.В. Типові їздові випробувальні цикли для оцінки експлуатаційних показників автотранспортних засобів / С.В. Ковбасенко, Ю.В. Гонтар // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2023. – Вип. 1 (55).

Об'єкт дослідження – типові їздові цикли, які використовуються для визначення експлуатаційних показників автомобільних транспортних засобів.

Мета роботи – аналіз існуючих їздових циклів для оцінки експлуатаційних характеристик, економічності та екологічності автотранспортних засобів, а також та визначення перспективних методів створення випробувальних циклів.

У статті розглянуті основні діючі їздові цикли для оцінки експлуатаційних характеристик, економічності та екологічності автотранспортних засобів. Відмічається, що одним зі способів визначення екологічної безпеки та паливної економічності машин є використання їздових циклів для легкових автомобілів та циклів випробувань двигунів для вантажних автомобілів. На сьогодні у світі існує велика кількість стандартів, директив, методик контролю та дослідження транспортних засобів щодо їх паливної економічності та екологічних показників. Більшість їздових циклів, що використовуються у світі відносяться до таких основних груп: Європейські, Японські та випробувальні цикли США. Основним недоліком типових їздових циклів є ідеалізація умов випробування без урахування всіх реальних експлуатаційних факторів. Крім того, режими експлуатації автотранспортних засобів на різних континентах та в різних країнах мають значні відмінності, що ускладнює використання уніфікованих їздових випробувальних циклів.

Дослідження паливної економічності та екологічних показників автомобілів за допомогою їздових циклів досить трудомісткий процес, тому створення їздових випробувальних циклів для спрощення певних етапів досліджень та розробка програмних засобів, універсальних комп'ютерних моделей дозволить суттєво полегшити процедуру випробування і забезпечити точність отриманих результатів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВИПРОБУВАЛЬНИЙ ЦИКЛ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ, ВИТРАТА ПАЛИВА, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, АВТОТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ.

ABSTRACT

Kovbasenko S.V., Hontar Y.V. Typical driving test cycles for assessment of the performance indicators of automotive vehicles. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2023. – Issue 1 (55).

The object of the study is typical driving cycles that are used to determine the performance indicators of motor vehicles.

The purpose of the work is the analysis of existing driving cycles for the assessment of operational characteristics, economy and environmental friendliness of motor vehicles, as well as the determination of promising methods for creating test cycles.

The article considers the main operating driving cycles for evaluating the operational characteristics, economy and environmental friendliness of motor vehicles. It is noted that one of the ways to determine the

environmental safety and fuel efficiency of cars is the use of driving cycles for cars and engine test cycles for trucks. Today in the world there are a large number of standards, directives, methods of control and research of vehicles regarding their fuel economy and environmental indicators. Most of the driving cycles used in the world belong to the following main groups: European, Japanese and US test cycles. The main disadvantage of typical driving cycles is the idealization of test conditions without taking into account all real operating factors. In addition, the modes of operation of motor vehicles on different continents and in different countries have significant differences, which makes it difficult to use unified driving test cycles.

The study of fuel efficiency and environmental indicators of cars using driving cycles is a rather time-consuming process, therefore, the creation of driving test cycles to simplify certain stages of research and the development of software tools, universal computer models will significantly facilitate the test procedure and ensure the accuracy of the results obtained.

KEYWORDS: TEST CYCLE, PERFORMANCE INDICATORS, FUEL CONSUMPTION, ENVIRONMENTAL SAFETY, MOTOR VEHICLE.

АВТОРИ:

Ковбасенко Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: s-kov@ukr.net, тел.: +380503539600, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. с-145, orcid.org/0000-0002-7309-8200.

Гонтар Юрій Валерійович, аспірант Національного Транспортного Університету, провідний інженер ДП «ДержавтотрансНДІпроект», yuragontar0511@gmail.com, тел: +380978703884, Україна, 03057, Київ, просп. Берестейський, 57, каб. 711, orcid.org/0009-0005-6261-5216.

AUTHORS:

Kovbasenko Serhii V., PhD in Technical Sciences, National Transport University, professor department of transport construction machinery engineering, e-mail: s-kov@ukr.net, tel. +380503539600, Ukraine, 01010, Kyiv, street. Omelyanovicha-Pavlenko 1, of. c-145, orcid.org/0000-0002-7309-8200.

Hontar Yurii V., postgraduate of National Transport University, senior engineer in «DerzhavtotransNDIproekt», Kyiv, Ukraine, e-mail: yuragontar0511@gmail.com, tel. +380978703884, Ukraine, 03057, Kyiv, Beresteysky avenue, 57, of. 711, orcid.org/0009-0005-6261-5216.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук, професор, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Національний транспортний університет, Україна.

Поляков А.П., доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Україна.

REVIEWER:

Posvyatenko Eduard K., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, professor of the Department of Manufacturing, Repair and Materials Engineering, Kyiv, Ukraine.

Polyakov Andriy P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University, professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia, Ukraine.