

УДК 629.3:016.8
UDC 629.3:016.8

DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.1-172-181

**ВИКОРИСТАННЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ЦИКЛІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАШИН ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА**

**USE OF TEST CYCLES FOR STUDYING THE OPERATIONAL PROPERTIES OF
TRANSPORT CONSTRUCTION MACHINERY**



Ковбасенко Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: s-kov@ukr.net, тел.: +380442809773,

<https://orcid.org/0000-0002-7309-8200>, [SCOPUS id 58028024300](https://scopus.com/authid/detail.url?authorID=58028024300)



Гонтар Юрій Валерійович, аспірант Національного транспортного університету, провідний інженер ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна, e-mail: yuragontar0511@gmail.com, тел.: +380978703884,

<https://orcid.org/0009-0005-6261-5216>



Білякович Микола Олексійович, Заслужений працівник народної освіти України, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: biliakovych.m@gmail.com, тел.: +380505027522,

<https://orcid.org/0009-0000-2760-0127>



Сімоненко Віталій Васильович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: v.simonenko@ntu.edu.ua, тел.: +380442809773,

<https://orcid.org/0000-0002-7556-069X>, [SCOPUS id 57224363138](https://scopus.com/authid/detail.url?authorID=57224363138)

Анотація. У статті розглянуті основні випробувальні цикли, які можуть використовуватись для оцінки експлуатаційних властивостей машин транспортного будівництва. Зокрема, з їх допомогою можна досліджувати екологічну безпеку та паливну економічність машин різноманітного призначення, які використовуються у транспортному будівництві. В роботі наведені методи та процедури, за якими досліджуються експлуатаційні властивості таких машин. Розглянуті випробувальні цикли двигунів сільськогосподарської техніки, дорожньо-будівельних машин, екскаваторів, судових, промислових та тепловозних двигунів, передбачені міжнародним стандартом ISO 8178. Даний стандарт складається з 11 розділів, в яких детально описується процедура випробувань та способи вимірювання вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах різнотипних двигунів, вимоги до типу палива та аналіз отриманих результатів. ISO 8178 містить ряд

випробувальних циклів двигуна на моторному стенді, розроблених для різних класів двигунів та обладнання, кожен з яких являє собою послідовність усталених або перехідних режимів із різними коефіцієнтами навантаження. У випадку, коли проведення випробувань на моторному стенді ускладнено, даний стандарт передбачає проведення вимірювання в умовах експлуатації. В такому випадку стандартні випробувальні цикли не застосовуються, а випробування проводяться, коли транспортний засіб працює в своєму звичайному експлуатаційному режимі. Викиди вимірюються за допомогою портативної системи вимірювання шкідливих викидів Portable emissions measurement system (PEMS). Випробувальні цикли є одним з ефективних інструментів для оцінки паливної економічності та екологічних показників машин транспортного будівництва. Вони дозволяють отримати багато корисної інформації про різні аспекти роботи машин, такі як витрата палива, викиди шкідливих речовин, рівень шуму, ефективність роботи двигуна тощо. Одним із недоліків використання випробувальних циклів є їх обмежена універсальність. Різні типи машин мають свої унікальні особливості, тому для досягнення максимальної ефективності досліджень, необхідно розробляти випробувальні цикли, які відповідають специфіці різних типів машин.

Ключові слова: Випробувальний цикл, експлуатаційні властивості, витрата палива, екологічна безпека, машини транспортного будівництва.

Вступ. Одними з ключових експлуатаційних властивостей машин транспортного будівництва є їх паливна економічність та екологічна безпека. Відпрацьовані гази, що виділяються внаслідок спалювання палива у двигунах внутрішнього згорання, містять понад 200 відомих найменувань шкідливих речовин, у тому числі канцерогени [1]. Період їх природної нейтралізації в навколишньому середовищі становить від декількох хвилин до 5 років. Найпоширенішими є оксиди вуглецю (CO), оксиди азоту (NOx), сірковуглецеві сполуки (SOx), тверді частки та інші шкідливі речовини. Вони згубно впливають на здоров'я людей та навколишнє середовище. Якщо автомобільні транспортні засоби поступово переходять на альтернативні джерела енергії, як правило, відновлювальні, то тепловози, судна, машини транспортного будівництва та спеціальна стаціонарна техніка ще дуже залежить від палив викопного походження, світові запаси яких постійно скорочуються. Тому для виробників спеціальної техніки, технологічних машин, машин транспортного будівництва вкрай важливо знизити показник витрати палива, витраченого на одиницю роботи такої техніки.

Одним зі способів визначення експлуатаційних властивостей машин транспортного будівництва є аналіз типових навантажувальних діаграм двигунів, які відображають залежність зміни моменту опору від часу протікання робочого циклу. Більш сучасними методами визначення експлуатаційних показників машин транспортного будівництва є дослідження цих показників за допомогою випробувальних циклів.

Аналіз результатів досліджень і публікацій.

Для оцінки режимів роботи двигуна і паливної економічності спеціальної техніки користуються навантажувальними діаграмами [2]. Їх будують на основі статистичних даних, отриманих експериментальним або розрахунковим шляхом. Передбачається, що ці діаграми відтворюють реальні умови експлуатації такої техніки. Приклад навантажувальної діаграми двигуна екскаватора наведено на рисунку 1.

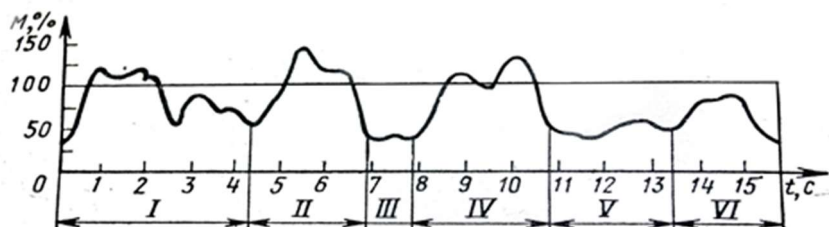


Рисунок 1 – Навантажувальна діаграма двигуна екскаватора [2]

Figure 1 – Excavator engine loading diagram [2]

Як видно з навантажувальної діаграми робочий цикл екскаватора складається з окремих операцій. При копанні ґрунту екскаватором із прямою лопатою можна виділити шість таких режимів:

- I- копання;
- II- розгін платформи із навантаженим ківшом;
- III- рівномірне обертання платформи;
- IV- гальмування платформи із завантаженим ківшом і розгін із порожнім;
- V- рівномірне обертання платформи із порожнім ківшом;
- VI - гальмування платформи із порожнім ківшом.

Для кожної операції циклу визначають наступні параметри:

- максимальний момент опору;
- час операції;
- середній момент;
- кут обертання колінчастого валу двигуна за час виконання операції;
- роботу, виконану двигуном.

Подібні навантажувальні характеристики можна навести і для інших машин транспортного будівництва. Навантажувальна діаграма бульдозера наведена на рисунку 2.

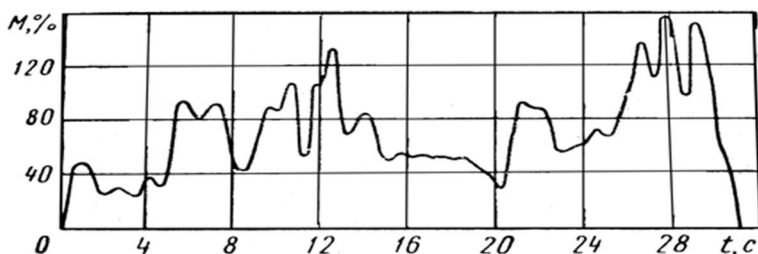


Рисунок 2 – Навантажувальна діаграма двигуна бульдозера [2]

Figure 2 – Loading diagram of the bulldozer engine [2]

Недоліками використання навантажувальних діаграм для оцінки режимів роботи двигуна і паливної економічності спеціальної техніки є те, що ці діаграми можуть бути застарілими та не враховують реальні умови роботи машин на дорогах та будівельних майданчиках, а також враховувати особливостей конкретної моделі машини.

Також для визначення витрати палива можна використовувати розроблені в Україні норми витрати палива машинами транспортного будівництва, які дозволяють розрахувати споживання палива машинами в умовах експлуатації. Ці норми включають додатки з визначеними нормами витрат палива по конкретних марках і типах спеціальної техніки та методичні вказівки з визначення індивідуальних норм витрат бензину та дизельного палива на роботу дорожніх і спеціальних машин [3].

Індивідуальна норма (H_i) витрати палива визначається за формулою:

$$H_i = Q_e \cdot N_e \cdot C \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де H_i – індивідуальна норма витрати палива дорожньої машини, кг/маш·год (враховує середні умови експлуатації дорожніх машин впродовж робочої зміни);

Q_e – питома витрата палива при нормальній потужності двигуна, г/кВт·год. (приймається по даним інструкції з експлуатації заводу-виготовлювача дорожньої машини);

N_e – номінальна потужність двигуна дорожньої машини, кВт, приймається по даним інструкції з експлуатації машини впродовж робочої зміни та визначається по формулі, наведеній нижче.

Визначення інтегрального нормативного коефіцієнта C :

$$C = K_{дв} \cdot K_{дп} \cdot K_{тп} \cdot K_{тз} , \quad (2)$$

де $K_{дв}$ – коефіцієнт використання двигуна в часі;

$K_{дп}$ – коефіцієнт використання двигуна по потужності;

$K_{тп}$ – коефіцієнт, що враховує зміни питомої витрати палива в залежності від ступеня використання двигуна по потужності;

$K_{тз}$ – коефіцієнт, який враховує витрату палива на запуск і регулювання роботи двигуна, а також щомісячне технічне обслуговування машин на початку зміни, дорівнює 1,03.

Дані норми передбачають застосування корегувальних коефіцієнтів для більш точного визначення витрати палива за певних умов, наприклад, при роботі двигуна за низьких температур навколишнього середовища або використання техніки після капітального ремонту двигуна. Недоліками використання норм витрат палива для оцінки паливної економічності спеціальних машин транспортного будівництва є те, що ці норми не враховують реальних умов експлуатації, таких як стан доріг, рельєф місцевості, навантаження на машину, швидкість руху та інші фактори. Тому використання цих норм не дозволяє врахувати особливості роботи таких машин і такі розрахунки можуть бути доволі наближеними.

Мета дослідження – аналіз існуючих випробувальних циклів для оцінки експлуатаційних характеристик, паливної економічності та екологічних показників машин транспортного будівництва, а також встановлення можливості розробки нових випробувальних циклів, які б відповідали особливостям роботи різних типів машин транспортного будівництва і умовам їх експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження екологічних показників двигунів внутрішнього згоряння, які не застосовуються в автомобільному транспорті передбачена процедура випробувань, яка описана в міжнародному стандарті **ISO 8178**.

ISO 8178 – це серія стандартів Міжнародної організації зі стандартизації (ISO), розроблена для вимірювання шкідливих викидів та твердих частинок у відпрацьованих газах поршневіх двигунів внутрішнього згоряння, призначених для встановлення на суднах, тепловозах, генераторах, машинах транспортного будівництва та іншій транспортній рухомій та пересувній техніці [4]. Перший стандарт ISO 8178 був прийнятий у 1986 році; з того часу серія періодично оновлювалась та розширювалась. Він використовується для сертифікації викидів та/або тестування на схвалення типу в багатьох країнах, включаючи Сполучені Штати, Європейський Союз і Японію. Даний стандарт складається з 11 розділів, в яких описується детальна процедура випробувань та способи вимірювання вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах різнотипних двигунів, вимоги до типу палива та аналіз отриманих результатів.

ISO 8178 містить ряд випробувальних циклів двигуна на моторному стенді, розроблених для різних класів двигунів та обладнання. Кожен із цих циклів являє собою послідовність усталених або перехідних режимів із різними коефіцієнтами навантаження [5].

При неможливості проведення випробувань на моторному стенді даний стандарт передбачає проведення вимірювання в умовах експлуатації (ISO 8178-2). В такому випадку стандартні випробувальні цикли не застосовуються. Такі випробування проводяться, коли транспортний засіб працює в своєму звичайному експлуатаційному режимі. Викиди вимірюються за допомогою портативної системи вимірювання шкідливих викидів PEMS (Portable emissions measurement system) [6]. PEMS обладнана газоаналізаторами, масовими витратомірами вихлопних газів, системою глобального позиціонування (GPS), метеостанцією [7]. Приклад застосування PEMS під час проведення випробування показано на рис. 3 [8]. У переважній більшості робота таких типів двигунів

складається з перехідних режимів, тому розрахунок проводять відповідно до процедури, описаної в ISO 8178-11.



Рисунок 3 – Застосування PEMS під час проведення випробування [8]

Figure 3 – Application of PEMS during testing [8]

Визначення димності відпрацьованих газів двигунів сільськогосподарської техніки, дорожньо-будівельних машин, екскаваторів, судових, промислових та тепловозних двигунів на ustalених режимах описано в ISO 8178-3. Дане дослідження проводять за двома методами: оптичним та фільтраційним.

Вимірювання непрозорості стовпа відпрацьованих газів визначеної довжини, а саме 0,43 м, (тобто величини інтенсивності поглинання пучка світла, що проходить через стовп відпрацьованих газів), є основою оптичного методу. Його основним недоліком є реакція фотоелементу приладу не лише на сажу, що міститься у відпрацьованих газах, але й на пари води та інші складові відпрацьованих газів, через вміст яких створюється непрозорість. Фільтраційний метод базується на вимірюванні ступеня забруднення фільтра, через який пропускають певний об'єм відпрацьованих газів. Димність відпрацьованих газів оцінюється за величиною інтенсивності відбитого пучка світла, направлено на поверхню фільтра [9].

Випробувальні цикли на ustalених режимах описуються в ISO 8178-4. У даному розділі цикли розділені на шість груп:

С – двигуни для машин транспортного будівництва, позашляхового транспорту та промислового обладнання;

D – двигуни, які працюють при постійній частоті обертання;

E – судові двигуни;

F – тепловозні двигуни;

G – двигуни для газонокосарок та інші, потужністю переважно меншою 20 кВт;

H – снігоходи.

Вимоги до еталонного палива, яке застосовується у стендових випробуваннях, регламентуються в ISO 8178-5. Вимоги даного стандарту не поширюються на автомобільні, тракторні та авіаційні двигуни. Цей документ стосується двигунів, які використовуються в землерийних машинах, генераторних установках тощо.

ISO 8178-9 встановлює методи вимірювання та випробувальні цикли, які застосовуються для оцінки димності відпрацьованих газів двигунів у стендових умовах на перехідних режимах та поширюється на поршневі двигуни внутрішнього згорання із запалюванням від стиснення. Для дослідження димності відпрацьованих газів на перехідних режимах в режимі експлуатації використовують ISO 8178-10.

Вимірювання на перехідних режимах проводиться за допомогою оптичних димомірів – пристроїв, в основі роботи яких лежить оцінка ступеню ослаблення світлового потоку.

Розглянемо деякі основні випробувальні цикли описані в ISO 8178.

Для випробування дизельного двигуна позашляхового транспорту та промислового обладнання на усталених режимах використовують 8-ми режимний цикл (C1), [10]. Його часто називають NRSC (Non-Road Steady-State Cycle), (рис. 4). Найчастіше користуються саме цим випробувальним циклом.

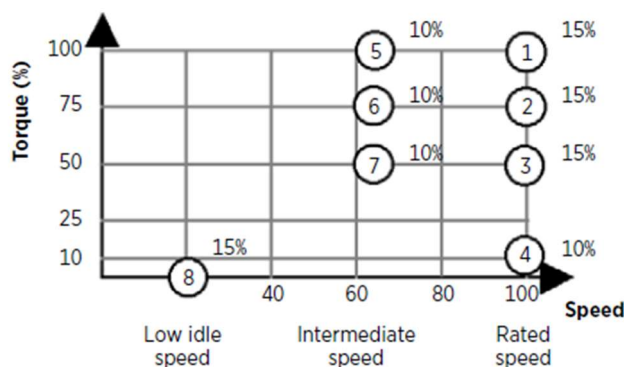


Рисунок 4 – 8-ми режимний цикл C1 (NRSC) [10]

Figure 4 – 8th mode cycle C1 (NRSC) [10]

Двигуни з іскровим запалюванням, потужністю більше 20 кВт, на усталених режимах випробовуються за 7-ми режимним циклом (C2), (рис. 5).

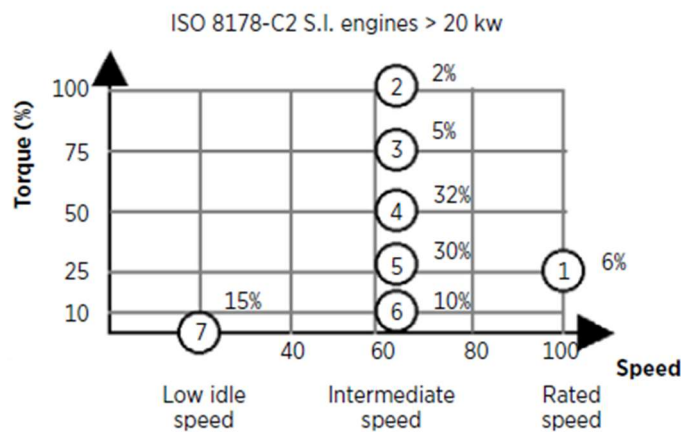


Рисунок 5 – 7-ми режимний цикл C2 [10]
Figure 5 – the 7th regime cycle C2 [10]

Мінімальний час проведення випробування всіх груп (окрім групи G), описаних в ISO 8178-4, складає 10 хвилини. Вимірювання газоподібних речовин та їх фіксація вимірювання складає 3 хвилини, однак для розрахунку викидів використовують дані, отримані впродовж останніх 60 секунд із зазначеного 3-хвилинного періоду. Для групи G (при вимірюванні тільки газоподібних викидів) тривалість кожного випробування складає 3 хвилини, але фіксація результатів здійснюється, починаючи з другої хвилини. У випадках, коли потрібно стабілізувати параметри двигуна або зібрати більшу кількість матеріалу для проби, допускається збільшення часу випробування.

Для випробувань двигунів на перехідних режимах використовують цикл NRTC (Non-Road Transient Cycle). Тривалість випробування - 1238 секунд. Частота обертання двигуна та крутний момент під час випробування NRTC показані на наступному рисунку (рис. 6). NRTC запускається двічі, з холодним і гарячим стартом, з 20-хвилинним періодом витримки між тестами. Середня потужність становить близько 37% від максимальної потужності двигуна [11].

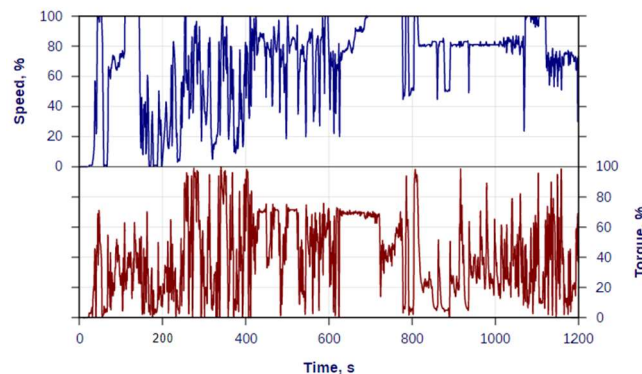


Рисунок 6 – Нормована швидкість і крутний момент за циклом NRTC [10]
Figure 6 – Normalized speed and torque for the NRTC cycle [10]

Отже, випробувальні цикли доцільно використовувати для оцінки паливної економічності та екологічних показників машин транспортного будівництва в умовах, близьких до реальних умов експлуатації машин. Випробувальні цикли двигунів машин транспортного будівництва переважно враховують усталені режими роботи, в результаті чого може виникати розбіжність отриманих результатів із показниками роботи машин транспортного будівництва в умовах експлуатації. Тому проведення досліджень експлуатаційних показників важливо здійснювати не тільки за допомогою

випробувальних циклів, але і в реальних умовах експлуатації машин. Оскільки спектр машин транспортного будівництва досить широкий, а різні типи машин мають свої особливості та режими роботи, щоб забезпечити максимальну ефективність досліджень, необхідно розробляти випробувальні цикли, які відповідають специфіці різних типів машин.

Висновки. Випробувальні цикли є одним з ефективних інструментів для оцінки паливної економічності та екологічних показників машин транспортного будівництва. Вони дозволяють отримати багато корисної інформації про різні аспекти роботи машин, такі як витрата палива, викиди шкідливих речовин, рівень шуму, ефективність роботи двигуна тощо. В той же час вони не дають змоги точно врахувати усі режими роботи спеціальної техніки транспортного будівництва циклічної дії, таких як екскаватори, грейдери, землерийні машини тощо. Одним із недоліків використання випробувальних циклів є їх обмежена універсальність. Різні типи машин мають свої унікальні особливості, тому для досягнення максимальної ефективності досліджень, необхідно розробляти випробувальні цикли, які відповідають специфіці різних типів машин. Крім того, важливо враховувати, що результати випробувальних циклів мають певні обмеження, оскільки вони проводяться в умовах, які можуть відрізнятися від реальних умов експлуатації машин. У зв'язку з цим, важливо проводити дослідження не тільки за допомогою випробувальних циклів, але і в реальних умовах експлуатації машин. Це дозволить отримати більш точні результати та забезпечити максимальну ефективність експлуатації машин.

Дослідження паливної економічності та екологічних показників машин транспортного будівництва за допомогою випробувальних циклів досить трудомісткий процес, тому створення випробувальних циклів для спрощення певних етапів дорожніх випробувань та розробка програмних засобів, універсальних комп'ютерних моделей дозволить суттєво полегшити процедуру випробування машин транспортного будівництва і забезпечити точність отриманих результатів. Розробка і використання випробувальних циклів для дослідження паливної економічності та екологічних показників машин транспортного будівництва є важливим фактором для дослідження та поліпшення експлуатаційних властивостей машин, підвищення їх екологічної безпеки та зниження їх впливу на довкілля.

Перелік посилань

1. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. Київ, 2017.
2. Ковбасенко С., Марченко І. Особливості режимів роботи двигунів внутрішнього згорання будівельних і дорожніх машин. Transport'2012. – Rzeszów: zakład pojazdów samochodowych i silników spalinowych, 2012. – с.149 – 152.
3. Норми витрат паливно-мастильних матеріалів на роботу дорожньо-будівельних машин. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0435466-02#Text>.
4. Emission Test Cycles. Режим доступу: <https://dieselnet.com/standards/cycles/index.php>.
5. ISO 8178 Поршневі двигуни внутрішнього згорання — стандарт вимірювання відпрацьованих газів.
6. 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.
7. Portable Emissions Measurement System. Режим доступу: https://www.aip-automotive.de/portals/0/PDF/Handout_PEMS_A5_EN_v6.pdf.
8. Real Emissions of a Plant Oil Compatible Tractor. Measured by PEMS and on the Tractor Test Stand. Режим доступу: https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/en/dateien/rde_w_tfz_bayern_pems.pdf.
9. Козаченко О.В. Практикум з технічної діагностики: навч. посібник / О.В. Козаченко, С.П. Сорокін, О.М. Шкрєгаль та ін.; За ред. проф. О.В. Козаченка. – Х.: Факт, 2013. 456 с.

10. 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.

11. Nonroad Transient Cycle (NRTC). Режим доступу: <https://dieselnet.com/standards/cycles/nrtc.php>.

References

1. 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.

2. Kovbasenko S., Marchenko I. Peculiarities of operating modes of internal combustion engines of construction and road vehicles. Transport'2012. - Rzeszów: Car Vehicles and Internal Combustion Engines Department, 2012. – с.149 – 152.

3. Norms of consumption of fuel and lubricants for the operation of road construction machines. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0435466-02#Text>.

4. Emission Test Cycles. Access mode: <https://dieselnet.com/standards/cycles/index.php>.

5. ISO 8178 Internal combustion piston engines — exhaust gas measurement standard.

6. 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.

7. Portable Emissions Measurement System. Режим доступу: https://www.aip-automotive.de/portals/0/PDF/Handout_PEMS_A5_EN_v6.pdf.

8. Real Emissions of a Plant Oil Compatible Tractor. Measured by PEMS and on the Tractor Test Stand. Режим доступу: https://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/en/dateien/rde_w_tfz_bayern_pems.pdf.

9. Kozachenko O.V. Workshop on technical diagnostics: teacher. manual / O.V. Kozachenko, S.P. Sorokin, O.M. Shkrehal and others; Under the editorship Prof. O.V. Kozachenko. - Kh.: Fakt, 2013. 456 p.

10. 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.

11. Nonroad Transient Cycle (NRTC). Access mode: <https://dieselnet.com/standards/cycles/nrtc.php>.

USE OF TEST CYCLES FOR STUDYING THE OPERATIONAL PROPERTIES OF TRANSPORT CONSTRUCTION MACHINERY

Kovbasenko Serhii Volodymyrovych, Ph.D., professor of the department of engineering of transport construction machines, National Transport University, Kyiv, Ukraine, s-kov@ukr.net, phone:+380442809773 orcid.org/0000-0002-7309-8200, SCOPUS id 58028024300.

Gontar Yurii Valeriyovych, postgraduate of National Transport University, senior engineer in "DerzhavtotransNDIproekt", Kyiv, Ukraine, yuragontar0511@gmail.com, phone:+380978703884 orcid.org/0009-0005-6261-5216.

Bilyakovych Mykola Oleksiyovych, Honored Worker of Public Education of Ukraine, candidate of technical sciences, professor, National Transport University, professor of the department of engineering of transport construction machines, e-mail: biliakovych.m@gmail.com, phone: +380505027522, orcid.org/0009-0000-2760-0127.

Simonenko Vitaly Vasyliovych, candidate of technical sciences, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of engineering of transport construction machines, e-mail: v.simonenko@ntu.edu.ua, phone: +380442809773, orcid.org/0000-0002-7556-069X, SCOPUS id 57224363138.

Abstract. The article discusses the main test cycles that can be used to evaluate the operational properties of transport construction machines. In particular, with their help, it is possible to study the environmental safety and fuel efficiency of machines of various purposes, which are used in transport construction. The work presents the methods and procedures by which the operational properties of such machines are investigated. The considered test cycles of engines of agricultural machinery, road construction machines, excavators, ship, industrial and locomotive engines, provided by the international standard ISO 8178. This standard consists of 11 chapters, which describe in detail the test procedure and methods of measuring the content of harmful substances in exhaust gases of various types engines, fuel type requirements and analysis of the obtained results. ISO 8178 contains a series of engine bench test cycles designed for different classes of engines and equipment, each of which is a sequence of steady-state or transient modes with different load factors. In the event that conducting tests on a motor stand is difficult, this standard provides for measurement under operating conditions. In this case, the standard test cycles do not apply and the tests are carried out while the vehicle is operating in its normal operating mode. Emissions are measured using the Portable emissions measurement system (PEMS). Test cycles are one of the effective tools for evaluating the fuel economy and environmental performance of transport construction machines. They allow you to get a lot of useful information about various aspects of the machines, such as fuel consumption, emissions of harmful substances, noise level, engine efficiency, etc. One of the disadvantages of using test cycles is their limited versatility. Different types of machines have their own unique features, so in order to achieve the maximum efficiency of research, it is necessary to develop test cycles that correspond to the specifics of different types of machines.

Keywords: Test cycle, operational properties, fuel consumption, environmental safety, transport construction machines.

Надійшла до редакції 27.04.2023.