

Сітовський¹ О.П., Дембіцький¹ В.М., Мазилюк П.В.,¹ Медведєв І.І.¹
¹ Луцький національний технічний університет**ОЦІНКА ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ У ЇЗДОВОМУ ЦИКЛІ ПРИВЕДЕНОМУ ДО РЕАЛЬНИХ УМОВ РУХУ**

Проведено визначення витрати палива автобусом у міському їздовому циклі та запропонованому їздовому циклі, адаптованому до реальних умов руху в Луцьк. Розбіжність результатів витрати палива за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 становить 46 %, розбіжність результатів витрати палива, за запропонованим міським їздовим циклом становить 9 %, порівняно з реальною витратою палива автобусами. Таким чином підтверджено відповідність експериментального їздового циклу реальним умовам експлуатації.

Ключові слова: автобус, маршрут, їздовий цикл, витрата палива, режим руху.

Вступ. З метою визначення показників паливної економічності легкових автомобілів, витрати палива, розроблені різні методики, їздові цикли та тести. Наприклад: в США діє стандарт FTP 75, у Японії JC08B, а у Європі діє європейський їздовий цикл (NEDC). Усі ці методики різні за програмами випробувань, режимами роботи двигуна та використанням вимірювальної апаратури. Так, наприклад, у роботі [1] порівнювалися викиди автобусів, обладнаних дизельними, газовими двигунами та гібридним приводом, при цьому застосовано їздовий цикл UDDS. Цикл UDDS (рисунок 1) рекомендований асоціацією автомобільних інженерів (SAE) [2] для важких транспортних засобів, однак він здебільшого враховує рух автомобіля в умовах міста (перехрестя, світлофори), однак практично не враховує зупинки для посадки – висадки пасажирів.

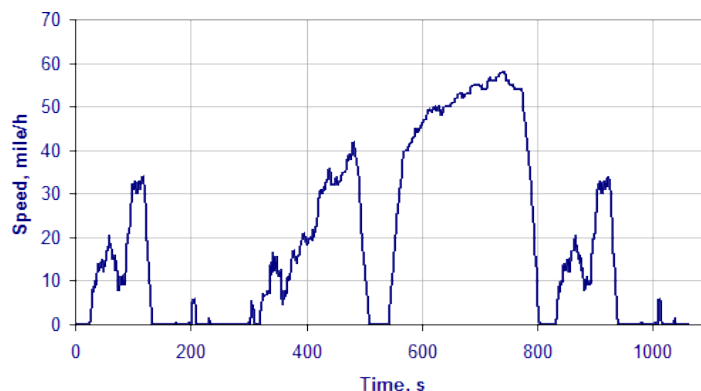


Рис. 1 – Міський їздовий цикл UDDS для важких транспортних засобів [3]

Аналіз їздового циклу UDDS показує, що він також не може застосовуватися під час дослідження руху автобусів на міських маршрутах, оскільки цей цикл має дещо завищені швидкості руху і більш придатний для вантажних автомобілів. Для досліджень гібридних транспортних засобів цикл UDDS взагалі не придатний тому, що режими сповільнення досить стрімкі і не враховують процес гальмування двигуном.

Таким чином, можна констатувати, що на даний момент відсутній єдиний підхід до визначення показників паливної економічності, екологічності, витрати електричної енергії автобусів, які рухаються міськими маршрутами.

Актуальність досліджень. Аналіз літературних джерел свідчить про значний інтерес вчених та науковців до вирішення проблеми визначення витрати палива транспортними засобами. У роботі [4] наведено результати моделювання руху легкового автомобіля по магістральному їздовому циклу відповідно до ГОСТ Р 54810-2011 [5]. У роботах [6, 7] наведено моделі для визначення показників паливної економічності автомобілів при використанні двигунів різної потужності. Проведені дослідження також базуються на використанні стандартизованих їздових циклів.

Досить детальний огляд існуючих їздових циклів легкових автомобілів та результати аналізу критеріїв оцінки їздового циклу наведено у роботі [8].

У роботі [9] запропоновано уточнену математичну модель для визначення показників паливної економічності легкових автомобілів з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу.

Разом з тим, якщо розглядати автобуси, то тут відмічається проблема щодо визначення витрати палива, яка зумовлена відсутністю стандартизованого їздового циклу. Вченими Національного університету “Львівська політехніка” проведено значну роботу щодо встановлення єдиного їздового циклу руху міських автобусів та визначення їх витрати палива [10, 11]. Однак детальне вивчення цього питання вказує на необхідність визначення витрати палива автобуса відповідно до реальних режимів руху [12].

Метою роботи є визначення витрати палива автобуса, який рухається встановленими маршрутами міста з використанням експериментального та стандартизованого циклів руху.

Для визначення витрати палива автобуса за основу взято стандартизований міський їздовий цикл, згідно ГОСТ 20306 [13] та їздовий цикл запропонований науковцями Луцького НТУ, який наведено на рисунку 2. Запропонований їздовий цикл відповідає реальним режимам руху у містах населенням 150...250 тис. осіб.

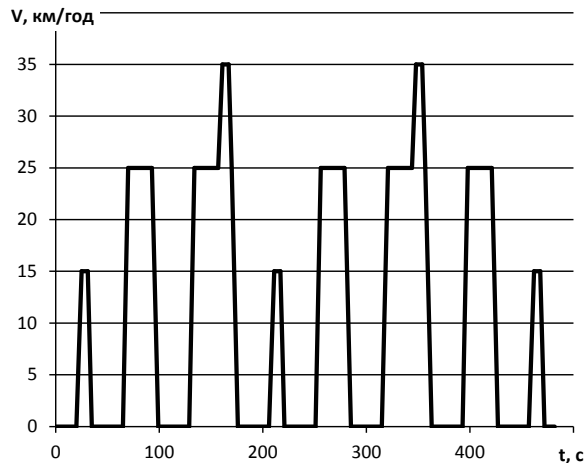


Рис. 2 – Пропонований міський їздовий цикл для автобусів

Характеристики запропонованого їздового циклу: тривалість циклу – 482 с, протяжність циклу – 1120,4 м, технічна швидкість руху – 19,6 км/год, експлуатаційна швидкість руху – 8,3 км/год.

Результати досліджень. Розрахунок витрати палива здійснено за методикою наведеною у [14]. Під час розрахунків прийнято ряд спрощень, а саме: не враховано витрату палива в момент буксування зчеплення, у відповідності до вимог ГОСТ 20306 під час гальмування двигуном в режимі примусового холостого ходу витрата палива рівна 0, моменти переключення передач вибрано у відповідності до тягового розрахунку транспортного засобу.

Результати розрахунків щодо визначення витрати палива автобусом Богдан А 092 за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 та за запропонованим експериментальним їздовим циклом наведено на рисунках 3 та 4.

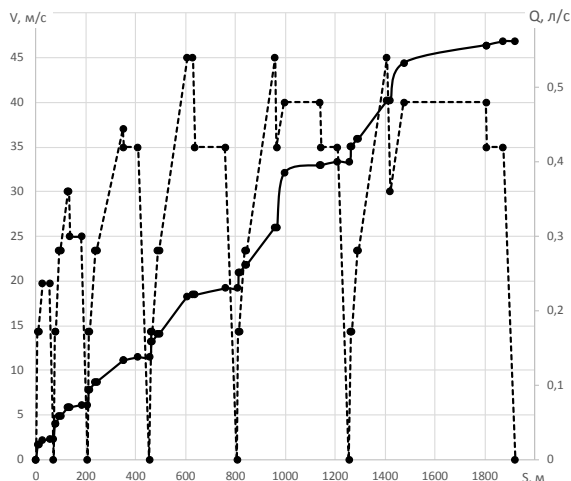


Рис. 3 – Витрата палива автобусом Богдан А 092 за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306

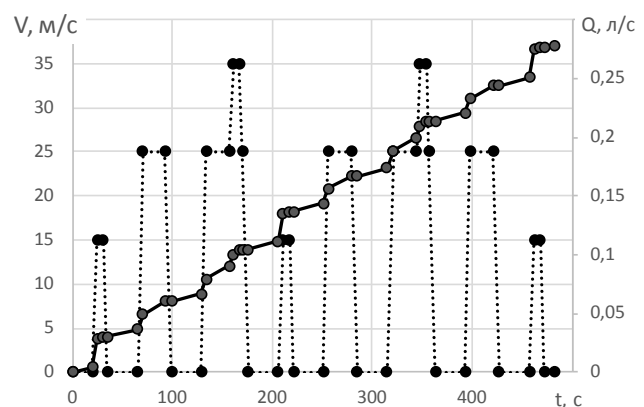


Рис. 4 – Витрата палива автобусом Богдан А 092 за запропонованим міським їздовим циклом

За результатами розрахунків встановлено, що витрата палива автобуса, за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 становить 29,2 л/100 км, витрата палива автобуса, за запропонованим міським їздовим циклом, наведеним на рисунку 2 становить 21,8 л/100 км. Фактична витрата палива автобусами моделі А 092, які рухаються за встановленими маршрутами м. Луцьк, за результатами анкетування перевізників, становить близько 20 л/100 км. Таким чином розбіжність результатів витрати палива за міським їздовим циклом, згідно ГОСТ 20306 становить 46 %, розбіжність результатів витрати палива, за запропонованим міським їздовим циклом становить 9 %, порівняно з реальною витратою палива автобусами.

Висновки. Результати розрахунку витрати палива автобусом за запропонованим їздовим циклом відповідають реальним значенням, що свідчить про відповідність експериментального їздового циклу умовам експлуатації. Порівнюючи отримані дані із значеннями нормативної витрати палива встановленої наказом Міністерства транспорту України від 10 лютого 1998 року, із змінами і доповненнями, внесеними наказом Мінінфраструктури України № 36 від 24 січня 2012 року можна відмітити, що запровадження їздових циклів під конкретні умови експлуатації відпаде необхідність у ряді коригуючих коефіцієнтів, запроваджених розділом 3 зазначеного наказу. Зважаючи на вищевказане подальші дослідження повинні бути зосереджені на дослідженні реальних режимів руху міських автобусів та визначенні критеріїв оцінки їздових циклів з метою їх узагальнення та диференціювання.

1. Van Keulen T, De Jager B, Serrarens A and Steinbuch M (2010) Optimal Energy Management in Hybrid Electric Trucks Using Route Information, Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, 65, 1, pp 103-113.
2. Society of Automotive Engineers (2002) J2711 Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid- Electric and Conventional Heavy-Duty Vehicles, SAE Standard.
3. EPA Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS) for Heavy-Duty Vehicles. [Електронний ресурс]. Дата звернення: 02.01.2018 р. Режим доступу: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/udds.php>.
4. Оценка возможности использования аналитических методов при исследовании топливной экономичности автомобилей / С.М. Огороднов, А.Н. Тихомиров, С.И. Малеев // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – м.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. - № 2 [695]. – 2015. – С. 53 – 62.
5. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. ГОСТ Р 54810-2011 – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 23 с.
6. Сахно В.П., Корпач О.А. Оцінка тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності та токсичності автомобілі при використанні двигунів різної потужності./ В.П. Сахно, О.А. Копач // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26 – С. 193–196
7. Сахно В.П. Математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу./ Сахно В.П., Корпач О.А. // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2012. – Випуск 25 – С. 195–201.
8. Аналіз особливостей сучасних їздових циклів, що застосовуються для нормування токсичності відпрацьованих газів і оцінки паливної економічності автомобілів / М.Є. Якунін, О.Ю. Ребров, В.А. Насальський, Н.Б. Трофимова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 14 (1236). – С. 98–103. – ISSN 2079-0023.
9. Уточнена математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу / В. П. Сахно, О. А. Корпач // Вісник СевНТУ. Сер. : Машиноприладобудування та транспорт. - 2013. - Вип. 142. - С. 48-51.
10. Боднар М. Ф. "Формування типових їздових циклів та нормування витрати палива приміських та міжміських автобусів". – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – Автомобілі та трактори. – Національний університет "Львівська політехніка" Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України. – Львів, 2012.
11. Грубель М. Г. Диференційоване нормування лінійних витрат палива автобусів і вантажівок за різних умов руху / М. Г. Грубель, М. Ф. Боднар, Ю. Л. Крайник, А. М. Терещенко // Автошляховик України. - 2013. - № 6. - С. 16-21. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2013_6_6.
12. Shaojun Zhang, Ye Wu, Huan Liu, Ruikun Huang, Liuhanzi Yang, Zhenhua Li, Lixin Fu, Jiming Hao, Real-world fuel consumption and CO2 emissions of urban public buses in Beijing, Applied Energy, Volume 113, 2014, Pages 1645-1655, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.017>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913007642>).
13. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: ГОСТ 20306 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд – во стандартов, – 1991. – 34 с.
14. В.П. Сахно, Г.Б. Безбородова, М.М. Маяк, С.М. Шарай. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність / Навч. Посібник/. – К: В-во «КВІЦ», 2004. - 174 с.

REFERENCES

1. Van Keulen T, De Jager B, Serrarens A and Steinbuch M (2010) Optimal Energy Management in Hybrid Electric Trucks Using Route Information, *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP*, 65, 1, pp 103-113 [in English].
2. Society of Automotive Engineers (2002) J2711 Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid- Electric and Conventional Heavy-Duty Vehicles, SAE Standard [in English].
3. EPA Urban Dynamometer Driving Schedule (UDDS) for Heavy-Duty Vehicle (2018). Retrieved from <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/udds.php> [in English].
4. Ogorodnov S.M., Tikhomirov A.N., Maleev S.I. (2015) Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya analiticheskikh metodov pri issledovanii toplivnoy ekonomichnosti avtomobiley. [Evaluation of the possibility of using analytical methods in the study of fuel efficiency cars] *News of higher educational institutions. Mechanical engineering*. Moscow: MSTU them. N.E. Bauman, issue 2, pp 53-62 [in Russian].
5. Avtomobil'nyye transportnyye sredstva. Toplivnaya ekonomichnost' (2012). Metody ispytaniy [Automobile transport facilities. Fuel economy. Test methods] *GOST R 54810 -2011*. Moscow: Standartinform [in Russian].
6. Sakhno V.P., Korpach O.A. (2012) Otsinka tyahovo-shvydkisnykh vlastyvostey, palyvnoyi ekonomichnosti ta toksychnosti avtomobili pry vykorystanni dvyhuniv riznoyi potuzhnosti. [Estimation of traction-speed properties, fuel economy and toxicity cars using engines of different power]. Kyiv: *Bulletin of National Transport University*, issue. 26, pp 193-196 [in Ukrainian].
7. Sakhno V.P. (2012) Matematychna model' dlya vyznachennya pokaznykiv palyvnoyi ekonomichnosti avtomobilya z dvyhunamy riznoyi potuzhnosti pry vykonanni mis'koho yizdovoho tsykladu. [Mathematical model for determining the fuel efficiency of an automobile with engines different power when performing the city ride cycle]. Kyiv: *Bulletin of National Transport University*, issue. 25, pp 195-201 [in Ukrainian].
8. M.E. Yakunin, A.Y. Rebrov, V.A. Nasalskii, N.B. Trofimova. (2017) Analiz osoblyvostey suchasnykh yizdovykh tsykliv, shcho zastosovuyut'sya dlya normuvannya toksychnosti vidprats'ovanykh haziv i otsinky palyvnoyi ekonomichnosti avtomobiliv. [The analysis of features modern drive cycles used to normalize the toxicity of exhaust gases and evaluation fuel efficiency of cars]. Kharkiv: Bulletin of NTU "KhPI"; Series: *Transportne mashynobuduvannya - Transport engineering*. No. 14, pp 98-103 [in Ukrainian].
9. Sakhno V, Korpach A. (2013) Utochnena matematychna model' dlya vyznachennya pokaznykiv palyvnoyi ekonomichnosti avtomobilya z dvyhunamy riznoyi potuzhnosti pry vykonanni mis'koho yizdovoho tsykladu. [Refined mathematical model to determine the fuel economy of cars with engines of various capacities in the performance of the urban driving cycle.] Sevastopol: Bulletin of SevNTU. Ser.: *Mashynopryladobuduvannya ta transport - Machinery and equipment and transport*, issue. 142, pp 48-51 [in Ukrainian].
10. Bodnar M.F. (2012) Formuvannya typovykh yizdovykh tsykliv ta normuvannya vytraty palyva pry mis'kykh ta mizhmis'kykh avtobusiv. [Formation of typical riding cycles and normalization of fuel consumption of suburban and interurban buses] *Extended abstract of candidate's thesis*. Lviv: Lviv Polytechnic National University [in Ukrainian].
11. Grubel M.G., Bodnar M.F., Krajnik J.L., Tereshchenko A.M. (2013) Dyferentsiyovane normuvannya liniynykh vytrat palyva avtobusiv i vantazhivok za riznykh umov rukhu [Differentiated normalization of linear fuel consumption of buses and lorries under different traffic conditions]. *Avtoshlyakhovyk Ukrayiny – Roadster of Ukraine*, 6, 16-21 [in Ukrainian].
12. Shaojun Zhang, Ye Wu, Huan Liu, Ruikun Huang, Liuhanzi Yang, Zhenhua Li, Lixin Fu, Jiming Hao, Real-world fuel consumption and CO2 emissions of urban public buses in Beijing, *Applied Energy*, Volume 113, 2014, Pages 1645-1655 Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.09.017>. (http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913007642).
13. Avtotransportnyye sredstva. Toplivnaya ekonomichnost'. Metody ispytaniy (1992) [Motor vehicles. Fuel economy. Test methods]: *GOST 20306-90* Moscow: Publishing house of standards [in Russian].
14. V.P. Sakhno, H.B. Bezborodova, M.M. Mayak, S.M. Sharay. (2004) Avtomobili: Tyahovo-shvydkisni vlastyvosti ta palyvna ekonomichnist'. [Cars: Pull -speed properties and fuel profitability]. Tutorial. Kyiv: in the "KVITS" [in Ukrainian].

Сітовський О.П., Дембіцький В.М., Мазилюк П.В., Медведєв І.І. Оценка топливной экономичности городских автобусов в издвомом цикле приведены к реальным условиям движения.

Проведено определение расхода топлива автобусом в городском ездовом цикле и предложенном ездовом цикле, адаптированном к реальным условиям движения в г. Луцк. Расхождение результатов расхода топлива по городскому ездовому циклу, согласно ГОСТ 20306 составляет 46%, расхождение результатов расхода топлива, по предложенному городскому ездовому циклу составляет 9% по сравнению с реальным расходом топлива автобусами. Таким образом подтверждено соответствие экспериментального ездового цикла реальным условиям эксплуатации.

Ключевые слова: автобус, маршрут, ездовой цикл, расход топлива, режим движения.

O. Sitovskyi, V. Dembitskyi, P. Mazylyuk., I. Medvediev Evaluation fuel economy of city buses in the urban driving cycle, adjusted to actual traffic conditions

A definition of fuel consumption by bus in urban driving cycle and the proposed driving cycle adapted to actual traffic conditions in Lutsk. Difference in the results of fuel consumption in the urban driving cycle, according to GOST 20306 is 46%, the difference in the results of fuel consumption, according to the proposed urban cycle is 9%

9%, compared with the real fuel consumption of buses. Thus confirmed compliance experimental driving cycle the real operating conditions.

Keywords: bus, route, driving cycle, fuel consumption, traffic mode.

АВТОРИ:

СІТОВСЬКИЙ Олег Пилипович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

ДЕМБІЦЬКИЙ Валерій Миколайович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький НТУ, e-mail: dvm2@meta.ua

МАЗИЛЮК Павло Вікторович, провідний інженер кафедри «Автомобілі і транспортні технології» Луцький НТУ, e-mail: mazylyuk@ukr.net

МЕДВЕДЄВ Іван Ігорович, магістрант кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: vanya.medya2@gmail.com

АВТОРЫ:

СИТОВСКИЙ Олег Филиппович, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

ДЕМБИЦКИЙ Валерий Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: dvm2@meta.ua

МАЗЫЛЮК Павел Викторович, ведущий инженер кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: mazylyuk@ukr.net

МЕДВЕДЕВ Иван Игоревич, магистрант кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: vanya.medya2@gmail.com

AUTHORS:

Oleg SITOVSKYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: sitovsky@ukr.net

Valeryj DEMBITSKYI, PhD. in Engineering, lecturer of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: dvm2@meta.ua

Pavlo MAZYLYUK, Leading engineer of the Department of Automobile and Transport Technologies of Lutsk National Technical University, e-mail: mazylyuk@ukr.net

Ivan MEDVIEDIEV, Master Student of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: vanya.medya2@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 25.04.2018р.