

УДК 629.076

В.М. Дембіцький, П.В. Мазилюк, С.М. Павляшик*Луцький національний технічний університет***АДАПТАЦІЯ ЇЗДОВОГО ЦИКЛУ ДО РЕАЛЬНИХ УМОВ РУХУ МІСЬКИХ АВТОБУСІВ**

Проведено експериментальні дослідження руху автобуса в умовах м. Луцьк. За результатами обробки результатів експериментальних досліджень запропоновано міський їздовий цикл для маршрутних транспортних засобів. Розбіжність результатів за середньою швидкістю руху запропонованого їздового циклу та швидкістю руху, визначеною за результатами експериментальних досліджень становить 9,3 %, що є найближчим до реальних умов руху у м. Луцьк, порівняно з іншими їздовими циклами.

Ключові слова: автобус, маршрут, їздовий цикл, розгін, гальмування, витрата палива.

В.Н. Дембицкий, П.В. Мазилюк, С.М. Павляшик**АДАПТАЦИЯ ЕЗДОВОГО ЦИКЛА К РЕАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ**

Проведены экспериментальные исследования движения автобуса в условиях г. Луцк. По результатам обработки результатов экспериментальных исследований предложен городской ездовой цикл для маршрутных транспортных средств. Расхождение результатов по средней скорости движения предложенного ездового цикла и скоростью движения, определенной по результатам экспериментальных исследований составляет 9,3%, что является близким к реальным условиям движения в г. Луцк, по сравнению с другими ездовыми циклами.

Ключевые слова: автобус, маршрут, ездовой цикл, разгон, торможение, расход топлива.

V. Dembitskyi, P. Mazylyuk, S. Pavliashyk**ADAPTATION DRIVING CYCLE TO REAL TRAFFIC CONDITIONS OF CITY BUSES**

Experimental studies of the bus traffic in the conditions of the city of Lutsk have been carried out. The results of processing of experimental results suggested urban driving cycle route for vehicles. The discrepancy between the results at an average speed of the proposed driving cycle and speed determined by the results of experimental studies is 9.3%. This is the closest to real traffic conditions in the city Luck, compared to other driving cycle.

Keywords: bus, route, driving cycle, acceleration, braking, fuel consumption.

Вступ. На сьогоднішній день існують різні варіанти застосування двигуна внутрішнього згоряння та електродвигуна. Одні дослідники переконують, що розгін необхідно здійснювати на електротязі, а рівномірний рух на двигуні внутрішнього згоряння, інші доводять протилежне. Однак довести правоту перших чи других фактично неможливо через відсутність єдиного стандартизованого їздового циклу. Разом з тим, очевидним є те, що умови руху в різних містах будуть різними і створити універсальний їздовий цикл практично неможливо.

Разом з тим спираючись на існуючі їздові цикли вважається можливою їх адаптація до реальних умов руху, що і покладено в основу даної роботи.

Актуальність досліджень. Рух автобуса, який рухається містом встановленими маршрутами характеризується частими зупинками і, як наслідок, значною часткою режимів “розгін – гальмування”, та низькою середньою швидкістю руху автобуса по маршруту.

На сьогоднішній день, для автобусів, фактично відсутні єдині стандартизовані їздові цикли у міських умовах руху. В Україні діяв ГОСТ 20306 [1], який регламентував методи випробувань транспортних засобів на паливну економічність. Станом на 2018 рік цей нормативний документ скасований. У Російській Федерації діє ГОСТ Р 54810-2011 [2]. Міський їздовий цикл автобусів обох стандартів фактично однаковий.

Аналіз сучасних досліджень пов’язаних із визначенням витрати палива автобусами у міському режимі руху свідчить про актуальність даного питання. Це питання досить детально опрацьовується науковцями Національного університету “Львівська політехніка”, зокрема можна відмітити роботи Крайника Л.В. [3, 4], Крайника Ю.Л. [5], Боднара М.Ф. [5, 6]. За результатами досліджень вченими запропоновано ряд типових міських їздових циклів, які покликані забезпечити більш якісне нормування витрат палива автобусами та вантажними автомобілями. На рисунку 1 наведено їздовий цикл для міського автобуса категорії М3 та їздовий цикл запропонований науковцями Національного університету “Львівська політехніка” [7].

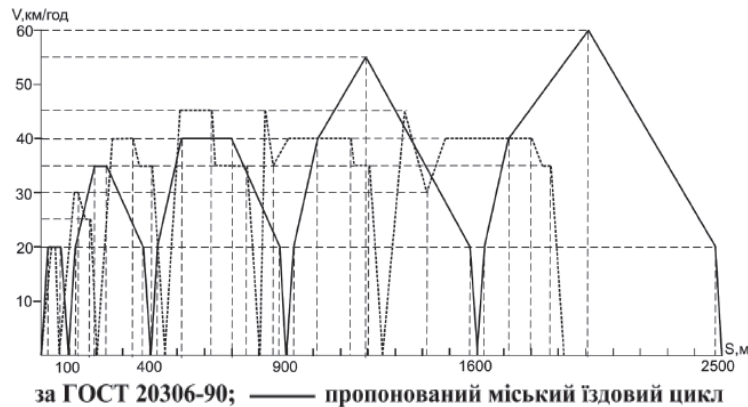


Рис. 1 – Типовий їздовий цикл для міських автобусів

Якщо порівнювати наведені вище стандартизований та запропонований їздові цикли можна відмітити їх певні відмінності: менша кількість перехідних режимів, вищі швидкості руху, збільшена відстань між зупинками. Разом з тим, варто відмітити дещо вищу швидкість руху запропонованого циклу, що не зовсім актуально на сьогоднішній день, так як, максимальна швидкість руху в місті обмежена 50 км/год. Окрім того за результатами досліджень наведених у [8], встановлено, що під час руху автобуса заданим маршрутом, практично відсутні усталені режими, натомість характерними є режими “розгін – гальмування”. Також слід зазначити, що під час дослідження руху автобуса на традиційному нафтовому паливі та дизельному біопаливі [9] також використовувався їздовий цикл за ГОСТ 20306. Аналіз досліджень, проведених іноземними вченими доводить, що зазвичай під час визначення витрат палива автобусами застосовують реальні маршрути руху, як описано у [10]. У роботі [11] в результаті досліджень встановлено, що під час руху автобуса до 50 % палива витрачається під час його руху в режимі “розгін – гальмування” або “розгін – вибіг”. Таким чином на сьогоднішній день фактично відсутні єдині вимоги щодо визначення витрати палива, та, відповідно, паливної економічності, міських автобусів.

Метою роботи є визначення міського їздового циклу для автобусів, які рухаються заданими маршрутами на основі їх реальних режимів руху.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження проводилися з метою встановлення даних щодо режимів руху міських автобусів. Дослідження проводилися у м. Луцьк за допомогою мультимедійного автоматизованого комплексу (МАК), який призначений для забезпечення моніторингу та керування громадським транспортом.

Для експериментальних досліджень вибрано ділянку дороги у м. Луцьк, від зупинки ТЦ “Глобус” (вул. Домни Гордіюк, 47) до перетину вулиці Карпенка-Карого та проспекту Перемоги (пр. Перемоги, 38). Характеристики маршруту наведено у таблиці 1, нижче.

Таблиця 1

Характеристики маршруту, де здійснювався моніторинг руху автобусів.

№ з/п	Показник	Значення
1.	Довжина маршруту, км	2,2
2.	Кількість зупинок, шт	9
3.	Кількість світлофорів, шт	6
4.	Середній час руху (за даними Google Maps), хв	8...10
5.	Середня швидкість руху (за даними Google Maps), км/год	16,5...13,2
6.	Кількість смуг для руху в одному напрямку	2

Вибір зазначеної ділянки дороги обумовлюється рядом факторів: даною ділянкою дороги рухається близько 75 % усього громадського транспорту, маршрут з’єднує “спальний” район та центр міста, на проспекті Соборності зосереджено ряд торгових та розважальних закладів, які користуються значним попитом (гіпермаркет “ТАМ ТАМ”, розважальний та торговий центр “Порт Сіті”, Варшавський ринок, Північний ринок, супермаркет “Салют”, торговий центр “Глобус”), вибраний маршрут характеризується відсутністю заторів, що є досить важливим з точки зору достовірності експериментальних даних.

Час моніторингу руху вибрано мінімально можливий, який становить 5 секунд. Моніторинг руху здійснювався для різних маршрутів, в різні дні тижня, а також таким чином, щоб охопити усю зміну.

Провівши аналіз отриманих даних можна виділити наступні найбільш характерні режими руху автобусів:

- робота двигуна на холостому ходу, швидкість рівна нулю;
- розгін автомобіля в діапазоні 0...25 км/год, середнє прискорення рівне 1,4 м/с²;
- розгін автомобіля в діапазоні 25...40 км/год, середнє прискорення рівне 0,83...1,0 м/с²;
- сповільнення автомобіля до повної зупинки зі швидкості 25...30 км/год, середнє сповільнення рівне 1,4...1,6 м/с².

На рисунку 2 наведено міський їздовий цикл побудований за експериментальними даними із застосуванням програми Excel. На діаграмі також наведено криву, побудовану за допомогою лінійної фільтрації за двома точками.

Використовуючи вищенаведені експериментальні дані (рисунк 2) побудовано міський їздовий цикл для автобуса, який рухається за встановленими маршрутами, що наведено на рисунку 3. Оскільки автобус розпочинає рух від зупинки, а також враховуючи дані [1, 2], то тривалість режиму холостого ходу першого етапу прийнята 20 секунд. На інших етапах тривалість режиму холостого ходу прийнята 30 секунд.

В результаті дослідження отримано графічну інтерпретацію пропонованого їздового циклу. За отриманим графіком визначено рівняння функції $f=V(t)$ на кожному етапі циклу.

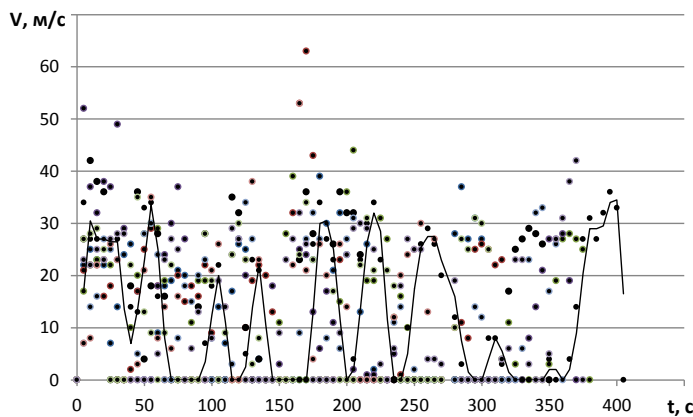


Рис. 2 – Усереднений графік міського їздового циклу, побудований за експериментальними даними

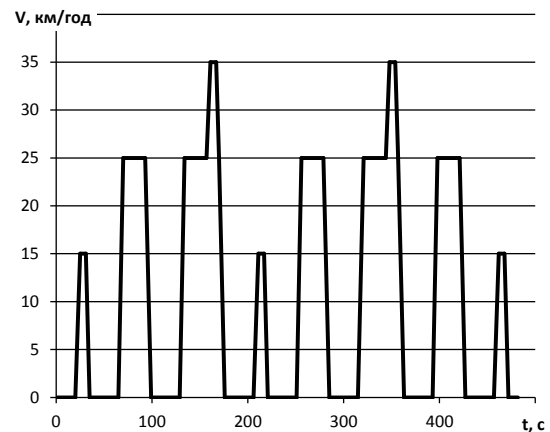


Рис. 3 – Пропонований міський їздовий цикл для автобусів

Представлення їздового циклу у математичному вигляді дає можливість здійснювати його коригування, залежно від реальних умов руху.

Таблиця 2

Приклад опису етапів пропонованого циклу та їх характеристика.

№ з/п	Характеристика етапу	Тривалість етапу, с	Загальна тривалість, с	Математична модель етапу
1	Холостий хід	20	20	$V=0$
2	Розгін 0...15 км/год	5	25	$V=3t - 60$
3	Рух з швидкістю 15 км/год	6	31	$V=15$
4	Гальмування до швидкості 0 км/год	4	35	$V = -3,75t + 131,25$

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.

Висновки: Розбіжність результатів за експлуатаційною швидкістю руху запропонованого їздового циклу та середньою швидкістю руху, визначеною за результатами експериментальних досліджень становить 27,2 %, за технічною швидкістю руху – 9,3 %. Розбіжність результатів середньої швидкості руху, визначеної за результатами експериментальних досліджень та швидкості їздового циклу Urban Artemis driving cycle [12, 13] становить 18,5 %. Розбіжність

результатів середньої швидкості руху, визначеної за результатами експериментальних досліджень та швидкості міського їздового циклу за ГОСТ 20306 або ГОСТ Р [1, 2] становить 19,7 %. Таким чином запропонований їздовий цикл за показником технічної швидкості руху є найближчим до реальних умов руху у м. Луцьк.

Література

1. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: ГОСТ 20306 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд – во стандартов, – 1991. – 34 с.
2. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. ГОСТ Р 54810-2011 – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 23 с.
3. Крайник Л.В., Грубель М.Г. Багатофакторна оцінка та нормування паливної економічності вантажних автомобілів: Монографія. – Л.: Академія сухопутних військ, 2010. – 117 с.
4. Крайник Л.В., Грубель М.Г. Багатофакторне нормування витрат палива автомобілів в реальній експлуатації. – Х.: Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов ХНАДУ. – Вып. 21. – 2007. – С. 43 – 48.
5. Дем'янюк В.А. Типові їздові цикли як база прогностичної оцінки експлуатаційних витрат палива автобусів / В.А. Дем'янюк, М.Ф. Боднар, Ю.Л. Крайник // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів: Щорічний науково-виробничий журнал. – 2012. – Випуск 20. – С. 100 – 107.
6. 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.
7. 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.
8. Сітовський О. Дослідження режимів руху маршрутних транспортних засобів у м. Луцьк / О. Сітовський, В. Дембіцький, А. Кашуба // Всеукраїнська науково-практична конференція "Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні (до 50-річчя інституту Укравтобуспром/ВКЕІавтобуспром)". Тези доповідей. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – С. 17-19.
9. Результати розрахунків на математичній моделі руху автобуса під час роботи на традиційному нафтовому паливі та дизельному біопаливі / С. В. Ковбасенко, В. В. Сімоненко, С. Ю. Гутаревич // Автошляховик України. - 2015. - № 1-2. - С. 3-5. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2015_1-2_2.
10. 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>)
11. Ma, Hongjie & Xie, Hui & Chen, Shuangxi & Yan, Ying & Huang, DengGao. (2014). Effects of Driver Acceleration Behavior on Fuel Consumption of City Buses. SAE Technical Papers. 1. . 10.4271/2014-01-0389.
12. André M. The ARTEMIS European driving cycles for measuring car pollutant emissions. // Science of The Total Environment. 2004. Vol. 334-335. P. 73-84.
13. Смирнов А.А., Пикалов Н.А. Определение потребной энергоёмкости накопителей электробуса методами имитационного моделирования // Инженерный вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2016. №12. Режим доступа: <http://engsi.ru/doc/851764.html> (дата обращения 14.01.2018).

Стаття надійшла до редакцію 26.04.2018р.