

Мармут І.А., Шестов С.О., Чорний І.В.  
*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОРОЖНІХ УМОВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АВТОБУСІВ

Розвиток пасажирського автомобільного транспорту має бути спрямований на забезпечення насамперед суттєвого покращення якості транспортного обслуговування населення, зниження витрат та підвищення продуктивності праці. Комплексне вирішення цих завдань та важливої соціальної проблеми передбачає досягнення повного забезпечення потреб населення в автобусних перевезеннях, скорочення витрат часу пасажирів на поїздки, дотримання маршрутних розкладів, зниження наповнюваності рухомого складу до нормативного рівня та підвищення зручності проїзду, включаючи пересування та години «пік». У зв'язку з цим до пасажирського транспорту справедливо висуваються вимоги підвищення швидкостей сполучення та комфорту поїздок.

Підвищення швидкості руху автотранспортних засобів та зменшення часу, що витрачається на пересування, є суттєвим резервом збільшення вільного часу пасажирів.

Крім того, підвищення швидкості руху автобусів дає можливість автотранспортному підприємству економити на заробітній платі персоналу, амортизаційних відрахуваннях на відновлення рухомого складу та накладних витрат.

Отже, середня технічна швидкість є основним критерієм оцінки умов роботи рухомого складу автотранспорту. Проте їй не приділяється належної уваги.

Середня технічна швидкість автомобіля у звичайних умовах експлуатації залежить від безлічі різних факторів, зокрема: конструктивних особливостей транспортного засобу, величини корисного навантаження, типу та стану дорожнього покриття, природно-кліматичних умов, інтенсивності руху, частоти та тривалості зупинок у дорозі у світлофорів, майстерності водіння, що діють на дорогах обмежень граничних швидкостей руху тощо.

Як вже зазначалося, на даний час на автомобільному транспорті відсутня уніфікована методика розрахунку та нормування швидкостей руху автотранспортних засобів.

У статті розглянуто аналітичний спосіб визначення швидкості руху автобуса залежно від коефіцієнта сумарного дорожнього опору. Також проаналізовані зміни швидкості руху та продуктивність автобусів залежно від сумарного дорожнього опору.

**Ключові слова:** швидкість руху, добова продуктивність автобусів, сумарні дорожні опори.

### ВСТУП

Ефективність використання транспортних засобів, зокрема автобусів на маршрутах, значною мірою залежить від раціонального вибору швидкостей руху на кожній ділянці маршруту. Правильно встановлена швидкість руху сприяє зниженню собівартості перевезень, забезпеченню безпеки та регулярності автобусного сполучення, більш продуктивному використанню автобусів.

При визначенні оптимальної величини експлуатаційної швидкості руху на маршруті необхідно враховувати низку факторів, що істотно впливають на її величину. До них відносяться (для автобусних перевезень):

а) фактори, що визначають транспортний засіб – тип автобуса та його місткість; габаритні розміри; тягові та гальмівні властивості; технічний стан автобуса; маневреність; конструкція дверей, підніжок та планування салону;

б) фактори, що характеризують водіїв – кваліфікація водія та стаж його роботи; навички та психологічний стан; стан здоров'я та втома; знання особливостей маршруту;

в) дорожні умови – категорія дороги; тип дорожнього покриття та його стан; ширина та облаштування проїзної частини дороги; поздовжні ухили та криві в плані; будова зупинних пунктів; видимість дороги;

г) транспортні умови – інтенсивність руху за часом та склад транспортного потоку; пасажиропотік та наповнення салону;

д) атмосферно-кліматичні умови – пора року; метеорологічні умови;

е) організація руху – регулювання вуличного руху; надання пріоритету автобусам на маршруті;

ж) організація перевезень – режим руху автобуса (звичайний, швидкісний, експресний); довжина маршруту та довжина перегону; нормування часу рейсу; інтервал та регулярність руху; розміщення зупинкових пунктів та їх облаштування; кількість суміщених маршрутів на пункті зупинки.

Наведений поділ факторів дещо умовний: у реальному процесі руху автомобіля різні фактори

цих семи груп часто впливають на величину швидкості на тій чи іншій ділянці маршруту одночасно або в різній послідовності. Складність цього питання полягає і в тому, що жоден з даних факторів не залишається по відношенню до автомобіля, що рухається, постійним на всьому маршруті.

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Наукові дослідження щодо обґрунтування нормування швидкостей руху на автомобільному транспорті виконувались багатьма дослідниками [1-9] та, зокрема, проф. Говорущенко М.Я. [10, 11].

Для визначення швидкості руху автомобіля зазвичай рекомендуються аналітичні та графоаналітичні методи. При аналітичних методах найчастіше використовують коефіцієнт сумарного дорожнього опору. Вихідними даними для використання графічного методу є: категорія складності дорожніх умов, стан дорожнього покриття (сухе, мокре), час доби (день, ніч), інтенсивність руху. В основу цих розрахунків приймається динамічна характеристика автомобіля при повному відкритті дросельної заслінки двигуна та сумарний опір дороги. Ці методи можуть бути використані при русі автомобіля дорогою, що має досить рівну поверхню покриття.

Як зазначалося у працях проф. Говорущенко М.Я. [10, 11], при русі автомобіля по нерівних дорогах швидкість руху залежить в основному від ступеня досконалості його підвіски. Потужність двигуна в цьому випадку не відіграє вирішальної ролі і метод розрахунку швидкості за динамічною характеристикою стає неприйнятним. Залежно від ступеня рівності дорожнього покриття змінюється допустима швидкість руху автомобіля, яка визначається величиною вертикальних прискорень кузова.

Як приклад може служити метод визначення найбільш економічних швидкостей руху автобусів для руху, що встановився, за розрахунковими багатопараметровими характеристиками двигунів. Вони будуються суміщеними характеристиками автобусів. (за ними визначається діапазон частоти обертання колінчастого валу, що відповідає мінімальній питомій витраті палива, а потім діапазони швидкостей автобуса для різних передач коробки передач, що відповідають даним частотам обертання колінвала).

Розглянемо аналітичний спосіб визначення швидкості руху автобуса залежно від коефіцієнта сумарного дорожнього опору.

### ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Одним із узагальнюючих показників, що характеризують економічну роботу автомобілів у даних дорожніх умовах, є їхня продуктивність. Дорожні умови безпосередньо впливають на швидкість руху автомобіля. Знаючи характер зміни швидкості руху в залежності від сумарного дорожнього опору, можна визначити аналогічну залежність від продуктивності.

Мета роботи – проаналізувати зміни швидкості руху та продуктивності автобусів залежно від сумарного дорожнього опору (на прикладі автобусів «Mercedes-Benz O530 Citaro C2» та «Рута 23А»).

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На думку багатьох дослідників, найбільший вплив на швидкість на автомобільних дорогах рівнинного профілю має інтенсивність руху, але характер цієї залежності вони вважають різним.

Характер залежності швидкості  $V_a$ , км/год, від інтенсивності руху автомобілів за проф. Говорущенко М.Я. прямує лінійний [10, 11]:

$$V_a = 65 - 0,31 \cdot U \quad (1)$$

де  $U$  – інтенсивність руху, авт./год.

У цих джерелах наведено розрахункові формули визначення середніх технічних швидкостей залежно від сумарного дорожнього опору  $\psi$ , ступеня рівності дороги за поштовхоміром  $S$ , середнього поздовжнього ухилу дороги  $i$  у % та висоти над рівнем моря  $h$  в м:  $V_a = 0,86/\psi$ ;  $V_a = 65 - 0,05S$  (при  $S < 800$  см/км; при  $S > 800$   $V_a = 20 \dots 25$  км/год):

$$V_a = 65 - 6,7i - 8,7 \cdot 10^{-3} h \quad (2)$$

Ці прості формули дозволяють досить точно моделювати вплив дорожніх умов на швидкість руху вантажних автомобілів та автобусів. У той же час, швидкість визначається і такими показниками, як розташування пункту зупинки щодо перехрестя; смуга, якою рухається автомобіль і т.д. Наприклад, середнє значення швидкості на підході до зупинного пункту, розташованого за перехрестям (15...20 км/год), на 5...10 км/год нижче, ніж на підході до пункту, розташованому до

перехрестя.

Заслугове на увагу регресійна модель, що відображає вплив параметрів траси маршруту та транспортного засобу на середню технічну швидкість руху автобусів на перегоні  $\bar{V}_T$  [12]:

$$\bar{V}_T = 17,83 + 13,44L_{\Pi} - 1,056B_{p,пр} - 5,623B_{p,пов} + 0,2B_{н,пр} - 6,017B_{н,пов} - 5,623\gamma - 0,062t_p + 0,145V_{\Pi} \quad (3)$$

де  $L_{\Pi}$  – довжина перегону, км;

$B_{p,пр}$ ,  $B_{p,пов}$  – кількість регульованих перехресть відповідно з рухом автобусів прямо та зі зміною напрямку руху автобуса;

$B_{н,пр}$ ,  $B_{н,пов}$  – кількість нерегульованих перехресть відповідно з рухом автобусів прямо та зі зміною напрямку руху автобуса;

$\gamma$  – коефіцієнт використання місткості автобуса;

$t_p$  – час розгону автобуса до 60 км/год, с;

$V_{\Pi}$  – швидкість транспортного потоку, км/год.

Таким чином, аналіз виконаних досліджень з цього питання показав, що швидкість руху, будучи показником продуктивності автобуса та якості обслуговування населення, нормативно занижена. Крім того, на міських маршрутах великих міст спостерігається тенденція до збільшення інтенсивності вуличного руху, що призводить до зниження середньої швидкості транспортних засобів. Рекомендовані методи розрахунку швидкості руху відрізняються великою різноманітністю факторів, що враховуються в моделях.

Вираз середньої швидкості автомобіля  $V_a$  в км/год можна записати, використовуючи формулу середнього значення коефіцієнта сумарного дорожнього опору [13]:

$$V_a = 0,8/\psi, \quad (4)$$

де  $\psi$  – коефіцієнт сумарного дорожнього опору.

Для отримання розрахункових залежностей приймаємо такі моделі автобусів: для приміських та міжміських пасажирських перевезень – Mercedes-Benz O530Citaro C2 (дизельний), для міських перевезень пасажирів – Рута 23А з бензиновим двигуном (рис. 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Автобуси, для яких отримані розрахункові залежності швидкості від дорожніх умов: а) – Mercedes-Benz O530Citaro C2; б) – Рута 23А

Добова продуктивність автобуса в пас./добу визначається так:

$$P_a = \frac{T_n \cdot q_a \cdot \gamma_a \cdot \beta \cdot V_a}{l_a + V_a \cdot \beta \cdot t_a} \quad (5)$$

де  $T_n$  – час у наряді, год;

$q_a$  – місткість автобуса, чел.;

$\gamma_a$  – коефіцієнт використання місткості автобуса;

$\beta$  – коефіцієнт використання пробігу;

$V_a$  – технічна швидкість, км/год;

$l_a$  – довжина маршруту автобуса, км;

$t_a$  – сумарний час зупинок автобуса на проміжних та кінцевих зупинках, год.

З урахуванням формули (4) продуктивність автобусів Mercedes і Рута в залежності від сумарного дорожнього опору набуває вигляду:

$$P_a = \frac{T_n \cdot q_a \cdot \gamma_a \cdot \beta \cdot 0,8}{(l_a + V_a \cdot \beta \cdot t_a) \psi} \quad (6)$$

Вихідні дані для розрахунків продуктивності автобусів наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунків

Показник	Автобус	
	Mercedes-Benz O530Citaro C2	Рута 23А
$T_n$ , ГОД	7	7
$q_a$ , пас.	53	26
$\gamma_a$	0,84	0,81
$\beta$	0,95	0,94
$l_a$ , КМ	32,4	18,0
$t_a$ , ГОД	2,3	1,3

Після підстановки вихідних даних формула (6) набуває вигляду, пас./добу:

$$P_{a.м} = \frac{7 \cdot 53 \cdot 0,84 \cdot 0,95 \cdot 0,8}{(32,4 + \frac{0,8}{\psi} \cdot 0,95 \cdot 2,3) \psi} = \frac{237}{32,4\psi + 1,75};$$

$$P_{a.р} = \frac{7 \cdot 26 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 0,8}{(18 + \frac{0,8}{\psi} \cdot 0,94 \cdot 1,3) \psi} = \frac{111}{18\psi + 0,98} \quad (7)$$

Результати розрахунків швидкості руху автобусів та їх продуктивності наведено на рис. 2 і 3.

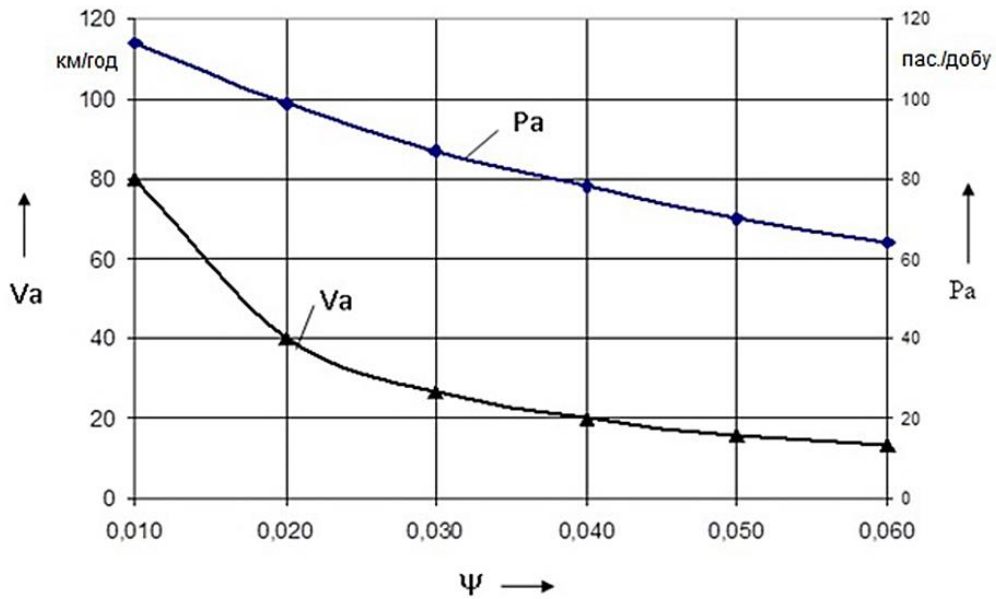


Рисунок 2 – Графік зміни швидкості руху та продуктивності автобуса Mercedes-Benz O530Citaro C2 в залежності від сумарного дорожнього опору

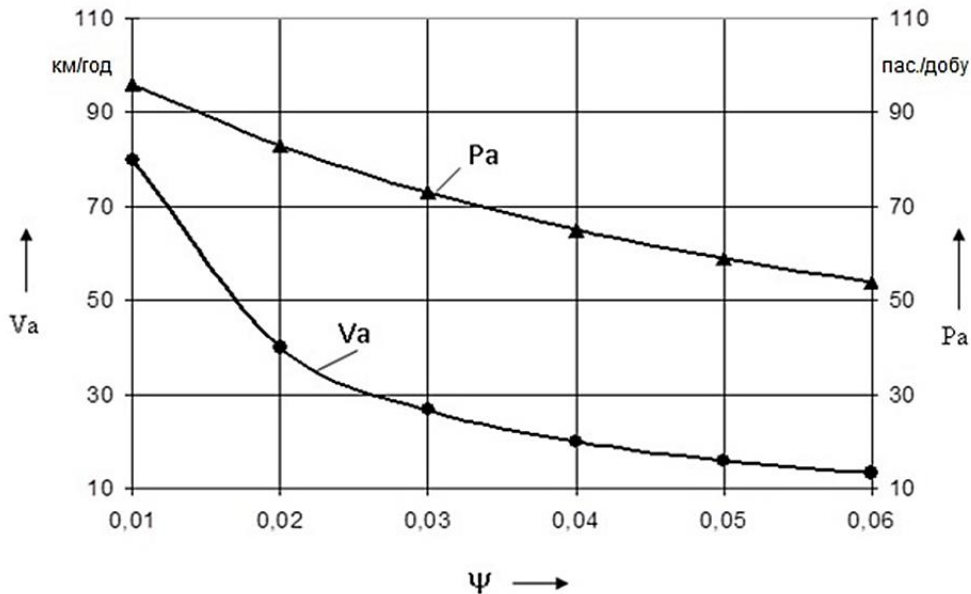


Рисунок 3 – Графік зміни швидкості руху та продуктивності автобуса Рута 23А в залежності від сумарного дорожнього опору

Значний вплив на швидкість руху, продуктивність транспортних засобів, витрату палива, термін служби автомобілів та інші показники ефективності їхнього використання надає ступінь рівності покриття доріг. Для встановлення залежності продуктивності автобуса від рівня дороги використовуємо таку формулу [11]:

$$V_a = 65 - 0,055 S \quad (\text{при } S < 800 \text{ см/км}), \quad (8)$$

де  $S$  – ступінь рівності дороги по поштовхоміру, см/км (сумарний прогин ресор автомобіля).

З огляду на це формулу (5) можна записати наступним чином, пас./добу:

$$P_{a,н} = \frac{T_H \cdot q_a \cdot \gamma_a \cdot \beta \cdot (65 - 0,055 S)}{I_a + (65 - 0,055 S) \cdot \beta \cdot t_a} = \frac{7 \cdot 53 \cdot 0,84 \cdot 0,95 \cdot (65 - 0,055 S)}{32,4 + (65 - 0,055 S) \cdot 0,95 \cdot 2,3} = \frac{19246,5 - 14,85 S}{174,4 - 0,115 S}$$

$$P_{a.p} = \frac{7 \cdot 26 - 0,81 \cdot 0,94 (65 - 0,055)}{18 + (65 - 0,055) \cdot 0,94 \cdot 1,3} = \frac{9009 - 6,95}{97,4 - 0,065} \quad (9)$$

Результати розрахунків продуктивності автобусів наведено на рис. 4.

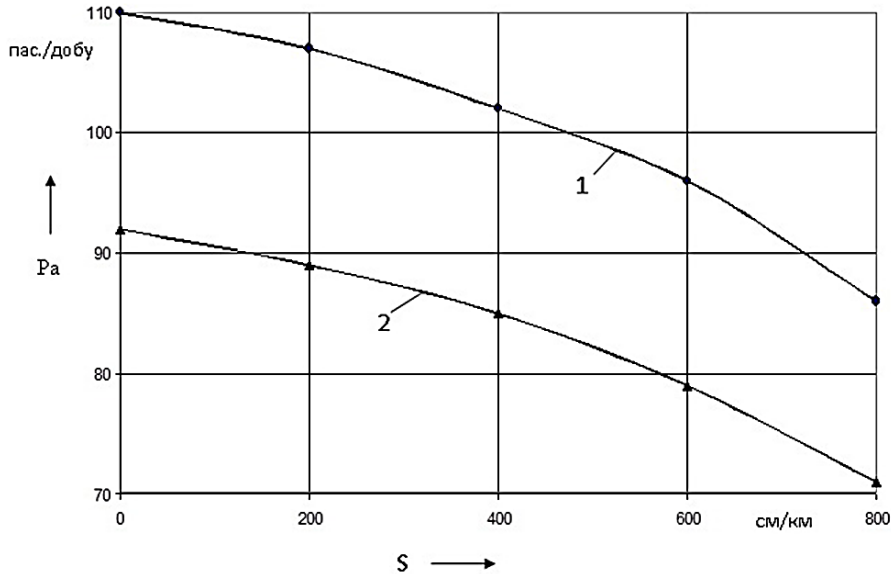


Рисунок 4 – Графіки зміни продуктивності автобусів від рівня рівності покриттів дороги: 1- Mercedes-Benz O530Citaro C2, 2- Рута 23А

Під час руху автомобіля нерівною дорогою його швидкість обмежується плавністю ходу і стійкістю. У міру збільшення показань поштовхоміра продуктивність автобусів, що розглядаються, знижується на 22...23 %.

Порівнюючи криві зміни продуктивності автобусів з урахуванням ступеня рівності та сумарного дорожнього опору (рис. 3 та 4), бачимо, що при загальній тенденції до її зниження при збільшенні цих показників характер цих кривих різний. Характер зміни продуктивності автобусів залежно від  $\psi$  такий же, як і швидкості.

Метод визначення продуктивності залежно від рівня дорожнього покриття має певну практичну цінність. Користуючись цим методом, можна, знаючи показання поштовхоміра, спочатку визначити швидкість руху автобуса, а потім його продуктивність.

Якщо дорожні умови характеризувати коефіцієнтом опору коченню  $f$  і визначити швидкість автобуса за динамічною характеристикою, то його розрахункова швидкість та продуктивність будуть значно більшими за фактичні.

На нерівних дорогах, внаслідок значного зниження швидкості автобуса, потужність двигуна, що витрачається на подолання опорів дороги та повітря, зменшуватиметься, а запас потужності зростатиме. Для визначення відсотка використання потужності двигуна  $N_1$  при русі нерівними дорогами використовуємо таку формулу [11]:

$$N_1 = \frac{0,0277 (G_a \cdot \psi \cdot V_a + 0,077kF \cdot V_a^3)}{N_{TPmax}} \quad (10)$$

де  $G_a$  – вага автомобіля, Н;

$kF$  – фактор обтічності автомобіля, Н·с<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;

$N_{max}$  – максимальна потужність двигуна при повній подачі палива, кВт;

$\eta_{тр}$  – ККД трансмісії.

Якщо врахувати, що з формули (4) множення  $\psi \cdot V_a$  для автобусів Mercedes і Рута дорівнює 0,8, а за формулою (8)  $V_a = 65 - 0,055s$ , то після підстановки вираз  $N_1$  для цих автобусів буде таким:

$$N_1 = \frac{0,0277 [G_a \cdot 0,8 + 0,077kF (65 - 0,055s)^3]}{N_{TPmax}}$$

Визначимо фактор обтічності,  $\text{H}\cdot\text{c}^2\cdot\text{m}^2$ , за формулою [10]:

$$kF = k \cdot F = k \cdot 0,8B_a \cdot H_a$$

де  $k$  – коефіцієнт опору повітря (для автобусів приймаємо  $k = 0,4 \dots 0,6 \text{ H}\cdot\text{c}^2/\text{m}^4$ );

$F$  – лобова площа (міделевий перетин) автомобіля,  $\text{m}^2$

$B_a$  і  $H_a$  – відповідно ширина колії та габаритна висота автобуса, м.

$$kF_H = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1,96 \cdot 3,14 = 2,95;$$

$$kF_P = 0,45 \cdot 0,8 \cdot 1,645 \cdot 2,38 = 1,41 \text{ H}\cdot\text{c}^2/\text{m}^2.$$

Приймаючи значення  $G_a$ ,  $N_{max}$  і  $\eta_{TP}$  з табл. 2 отримуємо остаточні формули  $N_1 = f(S)$ :

$$N_{1H} = 20,99 + 3,47 \cdot 10^{-5}(65 - 0,05S)^3;$$

$$N_{1P} = 15,07 + 4,27 \cdot 10^{-5}(65 - 0,05S)^3. \quad (11)$$

Таблиця 2 – Технічні характеристики автобусів

Показник	Автобус	
	Mercedes-Benz O530Citaro C2	Рута 23А
$G_a$ , Н (з пасажирами)	171675	47873
$N_{max}$ , кВт	206	80
$\eta_{TP}$ (для автобуса з повним завантаженням)	0,88	0,88

Результати розрахунків  $N_1$  та характер його зміни залежно від ступеня рівності дороги  $S$  наведено на рис. 5.

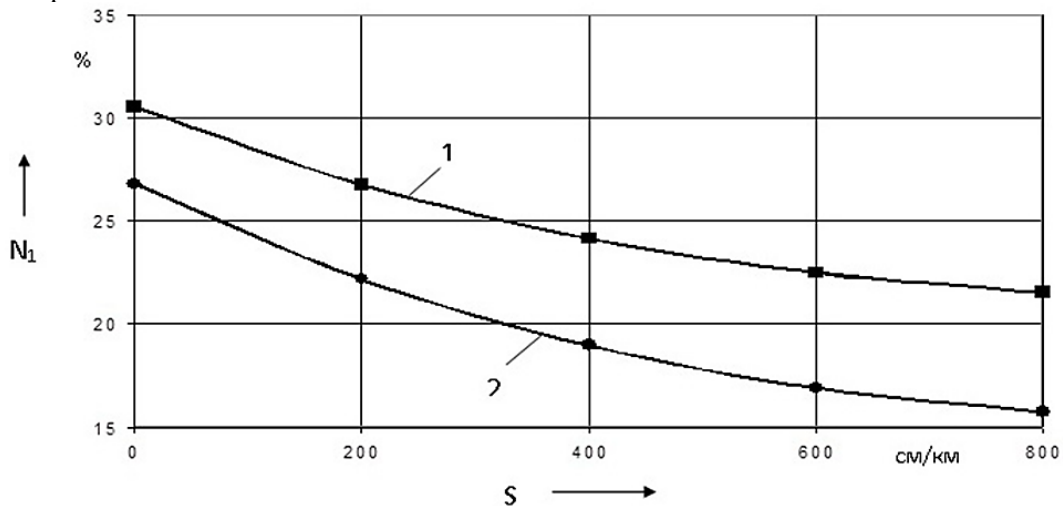


Рисунок 5 – Графік зміни відсотка використання потужності двигуна в залежності від рівня рівності покриттів дороги: 1 – Mercedes-Benz O530Citaro C2, 2 – Рута 23А

### ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

На дорогах з великою кількістю нерівностей відсоток використання потужності у автобусів, що розглядаються, складає 15...20 %.

Залежно від дорожніх умов суттєво змінюється і собівартість автомобільних перевезень. За

даними [11], зі збільшенням швидкості руху автомобіля від 20 до 60 км/год собівартість зменшується приблизно удвічі. За великих швидкостей собівартість змінюється незначно.

## ВИСНОВКИ

1. Більшість критеріїв, що використовуються для оцінки ефективності роботи транспортних машин, не враховують різноманіття факторів, що впливають на їх функціонування за постійно змінних експлуатаційних умов – дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних, показників перевізного процесу та маршрутизації та ін. Перевагу слід надавати енергетичним критеріям.

2. У великих містах спостерігається тенденція збільшення інтенсивності вуличного руху, що призводить до зниження середньої швидкості транспортних машин. І водночас швидкість, яка є показником продуктивності автобусів та якості обслуговування населення, нормативно занижена. Рекомендовані методи розрахунку швидкості руху дозволяють враховувати дорожні умови.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Wawrzyniec Gołębiowski, Tomasz Stoeck, «Measurement of the average speed of city buses and the possibilities of increasing it», *Archiwum motoryzacji* 1, pp. 139-146 (2011), <https://www.researchgate.net/publication/275020231>.

2. Mykola Zhuk, Volodymyr Hilevych, Volodymyr Kovalyshyn and Halyna Pivtorak, «Possibilities of forecasting bus average speed on city route», *Matec Web of Conferences* 390, 01008 (2024), EOT-2023, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439001008>.

3. Jacek Oskarbski, Krystian Birr, Michał Miszewski, Karol Źarski, «Estimating the average speed of public transport vehicles based on traffic control system data», *Published in: 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*, <https://ieeexplore.ieee.org/document/7223269>.

4. A. Jamshidnejad and B. De Schutter, “Estimation of the generalized average traffic speed based on microscopic measurements,” *Transportmetrica A: Transport Science*, vol. 11, no. 6, pp. 525–546, 2015. [https://www.dsc.tudelft.nl/~bdeschutter/pub/rep/15\\_005.pdf](https://www.dsc.tudelft.nl/~bdeschutter/pub/rep/15_005.pdf).

5. Jiancheng Weng, Chang Wang, Hainan Huang, Yueyue Wang, Ledian Zhang «Real-time bus travel speed estimation model based on bus GPS data», *Advances in Mechanical Engineering* Volume 8, Issue 11, November 2016, Article Reuse Guidelines: <https://doi.org/10.1177/1687814016678162>.

6. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Цимбал О.В. Визначення пристосованості автобусів до роботи на міських маршрутах пасажирських перевезень. *Вісник машинобудування та транспорту. Науковий журнал*. Вінниця, 2022. № 1(15). с. 3-10. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-15-1-3-10>.

7. Омаров Д.М. Підвищення продуктивності та якості міських автобусних перевезень: дис. канд. техн. наук. Національний транспортний університет. Київ, 2018.

8. Хабутдінов Р.А., Федоренко І.О. Аналіз впливу показників транспортної енергоефективності автобуса для міських пасажирських перевезень. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2021. № 3. Том 32 (71). с. 259-266. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.3/39>.

9. Крейсман Е.А. Удосконалення методики організації автобусних перевезень в транспортній системі міст: автореф. дис. канд. техн. наук. Національний транспортний університет. Київ, 2002.

10. Говорущенко М.Я., Туренко А.М. Системотехніка транспорту (на прикладі автомобільного транспорту): 2-е вид., перероб. и доп. Харків, Україна: ХДАДТУ, 1999. 457 с.

11. Говорущенко М.Я. Системотехніка автомобільного транспорту (розрахункові методи досліджень): монографія. Харків, Україна: ХНАДУ, 2011. 292 с.

12. Давідіч Ю.О. Розробка заходів по зниженню часу очікування пасажирами міських маршрутних автобусів: автореф. дис. канд. техн. наук. Харківський автомобільно-дорожній інститут. Харків, 1993.

13. Говорущенко М.Я., Туренко А.М. Системотехніка проектування транспортних машин: монографія. Харків, Україна: ХНАДУ, 2002. 166 с.

## REFERENCES

1. Wawrzyniec Gołębiowski, Tomasz Stoeck, «Measurement of the average speed of city buses and the possibilities of increasing it», *Archiwum motoryzacji* 1, pp. 139-146 (2011), <https://www.researchgate.net/publication/275020231>.

2. Mykola Zhuk, Volodymyr Hilevych, Volodymyr Kovalyshyn and Halyna Pivtorak, «Possibilities of forecasting bus average speed on city route», *Matec Web of Conferences* 390, 01008 (2024), EOT-2023, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439001008>.



3. Jacek Oskarbski, Krystian Birr, Michał Miszewski, Karol Żarski, «Estimating the average speed of public transport vehicles based on traffic control system data», Published in: 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7223269>.
4. A. Jamshidnejad and B. De Schutter, “Estimation of the generalized average traffic speed based on microscopic measurements,” *Transportmetrica A: Transport Science*, vol. 11, no. 6, pp. 525–546, 2015. [https://www.dcs.tudelft.nl/~bdeschutter/pub/rep/15\\_005.pdf](https://www.dcs.tudelft.nl/~bdeschutter/pub/rep/15_005.pdf).
5. Jiancheng Weng, Chang Wang, Hainan Huang, Yueyue Wang, Ledian Zhang «Real-time bus travel speed estimation model based on bus GPS data», *Advances in Mechanical Engineering* Volume 8, Issue 11, November 2016, , Article Reuse Guidelines: <https://doi.org/10.1177/1687814016678162>.
6. Bilichenko V.V., Tsymbal S.V., Tsymbal O.V. (2022). Vyznachennia prystosovanosti avtobusiv do roboty na miskykh marshrutakh pasazhyrskykh perevezen. [Determining the adaptability of buses to work on urban passenger transport routes]. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu. Naukovyi zhurnal. – Herald of mechanical engineering and transport. Scientific journal.* № 1(15). 3-10. [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-15-1-3-10>.
7. Omarov D.M. (2018). Pidvyshchennia produktyvnosti ta yakosti miskykh avtobusnykh perevezen. [Increasing the productivity and quality of city bus transportation]. *Candidate's thesis*. Kyiv: National Transport University [in Ukrainian].
8. Khabutdinov R.A., Fedorenko I.O. (2021) Analiz vplyvu pokaznykiv transportnoi enerhoefektyvnosti avtobusa dlia miskykh pasazhyrskykh perevezen. [Analysis of the impact of indicators of transport energy efficiency of a bus for urban passenger transportation]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Serii: Tekhnichni nauky. – Academic notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series: Technical sciences.* № 3. volume 32 (71). 259-266. [in Ukrainian]. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.3/39>.
9. Kreisman E.A. (2002). Udoskonalennia metodyky orhanizatsii avtobusnykh perevezen v transportnii systemi mist. [Improvement of the method of organizing bus transportation in the transport system of cities]. *Abstract of candidate's thesis*. Kyiv: National Transport University [in Ukrainian].
10. Hovorushchenko M.Ia., Turenko A.M. (1999). Systemotekhnika transportu (na prykladi avtomobilnoho transportu). [*System engineering of transport (on the example of road transport)*]. Kharkiv: KhSARTU [in Ukrainian].
11. Hovorushchenko M.Ia. (2011). Systemotekhnika avtomobilnoho transportu (rozrakhunkovi metody doslidzhen). [*System engineering of road transport (computational research methods)*]. Kharkiv: KhNAHU [in Ukrainian].
12. Davidich Yu.O. (1993). Rozrobka zakhodiv po znyzhenniu chasu ochikuvannia pasazhyramy miskykh marshrutnykh avtobusiv. [Development of measures to reduce the waiting time for passengers of city shuttle buses]. *Candidate's thesis*. Kharkiv: Kharkiv Automobile and Road Institute. [in Ukrainian].
13. Hovorushchenko M.Ia., Turenko A.M. (2002). Systemotekhnika proektuvannia transportnykh mashyn. [*System engineering for the design of transport vehicles*]. Kharkiv: KhNAHU [in Ukrainian].

***I. Marmut, S. Shestov, I. Chornyi. Study of the influence of road conditions on the efficiency of bus use.***

The development of passenger road transport should be aimed primarily at ensuring a significant improvement in the quality of public transport services, reducing costs and increasing labor productivity. A comprehensive solution to these tasks and an important social problem involves achieving full provision of the needs of the population in bus transportation, reducing the time spent by passengers on trips, observing route schedules, reducing the occupancy of rolling stock to the regulatory level and increasing the convenience of travel, including movement and "peak" hours. In this regard, passenger transport is rightly required to increase the speed of communication and the comfort of trips.

Increasing the speed of motor vehicles and reducing the time spent on movement is a significant reserve for increasing the free time of passengers.

In addition, increasing the speed of the buses allows the motor transport company to save on staff wages, depreciation deductions for the renewal of rolling stock and overhead costs.

Therefore, the average technical speed is the main criterion for evaluating the operating conditions of the rolling stock of motor vehicles. However, it is not given due attention.

The average technical speed of a car under normal operating conditions depends on many different factors, in particular: the structural features of the vehicle, the size of the payload, the type and condition of

the road surface, natural and climatic conditions, the intensity of traffic, the frequency and duration of stops on the road at traffic lights, driving skills, operating on the roads of speed limits, etc.

As already mentioned, currently there is no unified method for calculating and normalizing vehicle speeds in road transport.

The article deals with the analytical method of determining the speed of the bus depending on the coefficient of total road resistance. Changes in speed and performance of buses depending on total road resistance were also analyzed.

**Keywords:** speed of movement, daily productivity of buses, total road supports.

*МАРМУТ Ігор Арнольдович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [mia2005.62@ukr.net](mailto:mia2005.62@ukr.net). <https://orcid.org/0000-0003-4661-1336>.

*ШЕСТОВ Сергій Олександрович*, аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [sergey.shestov777@gmail.com](mailto:sergey.shestov777@gmail.com).

*ЧОРНИЙ Ігор Володимирович*, аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [chorniy.igor.11@gmail.com](mailto:chorniy.igor.11@gmail.com).

*Ihor MARMUT*, Ph. D. in Engineering, Associate Professor of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: [mia2005.62@ukr.net](mailto:mia2005.62@ukr.net). <https://orcid.org/0000-0003-4661-1336>.

*Serhii SHESTOV*, Postgraduate of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: [sergey.shestov777@gmail.com](mailto:sergey.shestov777@gmail.com).

*Ihor CHORNYI*, Postgraduate of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: [chorniy.igor.11@gmail.com](mailto:chorniy.igor.11@gmail.com).

DOI 10.36910/automash.v2i23.1539