

5. Hybrid Air confirmed in new Peugeot engine range. 2020. URL: <https://www.autocar.co.uk/car-news/geneva-motor-show/> (дата обращения 16.01.2020).
6. Peugeot Citroen to introduce compressed air hybrid by 2016. 2020. URL: <https://newatlas.com/peugeot-citroen-hybrid-air-compressed-air/25961/> (дата обращения 16.01.2020).
7. Бороденко Ю.Н., Панасовский В.В. Аспекты построения пневматической системы разгон-торможение автомобиля. Наукові праці Між-народної науково-практичної конференції «Сучасні технології на автомобільному транс-порті та машинобудуванні» 15-18 жовтня 2019 р. – Х.: ХНАДУ, 2019. – С. 321 – 322.
8. Бороденко Ю.Н. Концепции построения пневматических гибридов. // Автомобильный транспорт. Сб. Научных трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2020. – вып. № 46 – С. 19 – 26.
9. Бороденко Ю.Н., Панасовский В.В., Zakis J., Mutule A. Предпосылки построения пневматических микрогибридов. Матеріали VII Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології» 23-24 листопада 2020 р. Електронний ресурс. – Х.: ХНАДУ, 2020. – С. 41 – 42.

Войтків Станіслав Володимирович, к.т.н., генеральний конструктор,  
Науково-технічний центр "Автополіпром", м. Львів,  
Заслужений машинобудівник України, [voytktivsv@ukr.net](mailto:voytktivsv@ukr.net)

## **МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ ДОВЖИНИ КУЗОВІВ ПЕРСПЕКТИВНИХ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ**

Більшість сучасних електробусів І-класу, призначених для перевезень пасажирів на міських маршрутах, створені на базі кузовів міських автобусів великого класу, габаритна довжина яких становить  $12,0 \pm 0,5$  м. З урахуванням необхідності обладнання електробусів блоками тягових акумуляторних батарей (АКБ), маса яких, у сукупності з складовими частинами системи тягового приводу, значно більша маси силового агрегату та комплектувальних виробів систем його живлення та випуску відпрацьованих газів, їх загальна пасажировмістимість на 30-35 чол. менша ніж базових автобусів. Навіть збільшення допустимої повної маси двомостових (двовісних) електробусів на 1500 кг, тобто до величини 19500 кг, не забезпечує досягнення вмістимості 100-105 чол., аналогічної базовим автобусам. особливо це стосується електробусів типу ОНС, для яких заряджання тягових АКБ передбачена тільки у нічний час доби. Наприклад, повна вмістимість електробуса моделі Е19 типу ОНС становить 80 чол. Але саме електробуси такого типу являються найбільш оптимальними для застосування в містах України, адже вони не потребують систем зарядних станцій для підзаряджання тягових АКБ безпосередньо на маршрутах. Отже, проектування міських електробусів типу ОНС на базі кузовів

міських автобусів являється економічно не доцільним. Особливо з позицій фірм-перевізників, оскільки собівартість перевезень пасажирів такими електробусами не виправдано висока через завищену вартість електробусів, збільшену повну масу і зменшену пасажировмістимість. Одним із показників, які характеризують технічну досконалість автобусів та електробусів, а відтак, і економічну ефективність їх експлуатації являється коефіцієнт відносної пасажировмістимості за довжиною кузова, оскільки їх ширина у сучасних електробусів великого класу становить 2,55 м,

$$k_{i\dot{a}\dot{n}}^l = \frac{N_{i\dot{a}\dot{n}}}{L_e}, \quad (1)$$

де  $L_e$  – довжина кузова автобуса або електробуса, м.

Отже, при вмістимості міських автобусів великого класу у 100-105 чол., а електробусів, створених на базі їх кузовів, 75-80 чол. коефіцієнти відносної пасажировмістимості за довжиною кузова, рівною 12,0 м становлять: автобусів –  $k_{i\dot{a}\dot{n}}^l = 8,33-8,75$  пас./м, електробусів –  $k_{i\dot{a}\dot{n}}^l = 6,25-6,67$  пас./м. Тобто, відносна пасажировмістимість електробусів за довжиною кузова менша на 25 %.

Окрім того, застосування у трансмісіях таких електробусів електромеханічних тягових мостів порталного типу, маса яких складає 1220 кг (непідресорена маса), та збільшення допустимої навантаги на них на 1500 кг значно прискорює процес руйнування покриття міських вулиць. Напрошується простий висновок: створення міських електробусів на основі використання кузовів міських автобусів економічно не доцільне. Одним із можливих напрямків збільшення пасажировмістимості міських електробусів являється зменшення довжини їх кузовів при забезпеченні заданої вмістимості.

Пасажировмістимість електробусів у загальному випадку визначається за виразом

$$N_{i\dot{a}\dot{n}} = n_{\dot{n}\dot{e}\dot{a}} + n_{\dot{n}\dot{o}}, \quad (2)$$

де  $n_{\dot{n}\dot{e}\dot{a}}$  – кількість пасажирів, які розміщуються на пасажирських сидіннях, чол.;  $n_{\dot{n}\dot{o}}$  – кількість пасажирів, які розміщуються на ділянках підлоги пасажирського салону, призначених для стоячих пасажирів, чол.

Мінімальна кількість пасажирських сидінь, які повинні бути встановлені у пасажирському салоні електробуса, регламентована вимогами Правил ЄЕК ООН № 107 і може бути визначена за наступним виразом

$$n_{\dot{n}\dot{e}\dot{a}}^{\min} \geq 0,9(L_e \times B_e - S_{\dot{a}\dot{a}}), \quad (3)$$

де  $L_e$  та  $B_e$  – відповідно, довжина та ширина кузова електробуса, м;  $S_{\dot{a}\dot{a}}$  – площа відділення водія, м<sup>2</sup>.

З аналізу планувань міських автобусів та електробусів середнє значення площі відділення водія становить  $S_{\dot{a}\dot{a}} = 2,6$  м<sup>2</sup>. Отже, при ширині кузовів електробусів  $B_e = 2,55$  м,

$$n_{\dot{n}\dot{e}\dot{a}}^{\min} \geq 2,25(L_e - 1). \quad (4)$$

Максимальна кількість пасажирських сидінь, які можуть бути встановлені

у пасажирському салоні електробуса пропонується визначати за емпіричною формулою, отриманою на основі аналізу кількості пасажирських сидінь в автобусах та електробусах різної довжини

$$n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{max} \leq (3,1...3,3)L_e. \quad (5)$$

Максимальна кількість пасажирів, які можуть розміститися у пасажирському салоні електробуса визначається наступним чином

$$n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{max} \leq q_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} \times S_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}, \quad (6)$$

де  $q_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}$  – питома норма стоячих пасажирів, чол./м<sup>2</sup> (для міських електробусів  $q_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} = 8$  чол./м<sup>2</sup>;  $S_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}$  – площа підлоги пасажирського салону, на якій можуть розміщатися пасажирів у стоячому положенні, м<sup>2</sup>.

Площа підлоги пасажирського салону для розміщення стоячих пасажирів визначається за виразом

$$S_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} = (L_e \times B_e - S_{\bar{a}\bar{a}}) - (n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} \times s_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} + n_{\bar{a}\bar{a}} \times s_{\bar{a}\bar{a}} + \sum s_{\bar{z}\bar{f}}), \quad (7)$$

де  $s_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}$  – площа підлоги, яку займає одне пасажирське сидіння, м<sup>2</sup>;  $n_{\bar{a}\bar{a}}$  – кількість пасажирських дверей, од.;  $s_{\bar{a}\bar{a}}$  – площа підлоги, яку займають пасажирські двері, і яка не враховується у площу підлоги для стоячих пасажирів, м<sup>2</sup>;  $\sum s_{\bar{z}\bar{f}}$  – сумарна площа інших ділянок підлоги пасажирського салону, не придатних для розміщення стоячих пасажирів, м<sup>2</sup>.

Для міських автобусів та електробусів  $s_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} = 0,37-0,4$  м<sup>2</sup>/сид., а при оптимальному плануванні пасажирського салону

$$s_{\bar{a}\bar{a}} = k_{\bar{a}\bar{a}} \times b_{\bar{a}\bar{a}}, \quad (8)$$

де  $k_{\bar{a}\bar{a}}$  – коефіцієнт, який враховує тип дверей, м;  $b_{\bar{a}\bar{a}}$  – ширина пройми пасажирських дверей, м; для дверей поворотно-поступального типу  $k_{\bar{a}\bar{a}}^{i\bar{a}\bar{a}} = 0,31-0,32$  м, плоско-паралельного переміщення  $k_{\bar{a}\bar{a}}^{i\bar{a}\bar{d}} = 0,2-0,22$  м;

$$\sum s_{\bar{z}\bar{f}} = (0,21...0,25)L_e. \quad (9)$$

На основі виразів (2-7) отримані формули для визначення довжини кузовів міських електробусів, обладнаних дверима поворотно-поступального типу для з шириною пройми 1,4 м, двох варіантів планувань пасажирських салонів за кількістю пасажирських сидінь і прийнятих значеннях параметрів  $s_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} = 0,4$  м<sup>2</sup>/сид.,  $k_{\bar{a}\bar{a}}^{i\bar{a}\bar{a}} = 0,32$  та  $\sum s_{\bar{z}\bar{f}} = 0,23 L_e$ , тобто при  $n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{min}$  та  $n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{max}$

$$L_e^{n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{min}} \geq 0,073N_{i\bar{a}\bar{n}} + 2,3 \quad (10)$$

$$L_e^{n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{max}} \geq 0,085N_{i\bar{a}\bar{n}} + 2,7. \quad (11)$$

Якщо кількість пасажирських сидінь буде задана у межах  $n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} = n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{min} \dots n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}^{max}$ , то для визначення довжини кузова міського електробуса пропонується наступний вираз

$$L_e^{n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}}} \geq 0,053N_{i\bar{a}\bar{n}} + 0,12n_{\bar{n}\bar{e}\bar{a}} + 1,7. \quad (12)$$

Розрахункові параметри пасажировмістимості і довжини кузовів електробусів, розрахованих на повну пасажировмістимість  $N_{i\bar{a}\bar{n}} = 100$  чол. при

різній кількості пасажирських сидінь, вирахованих за пропонованими виразами (10-12), наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Параметри вмістимості і довжини кузовів міських електробусів

Найменування параметра	Задана кількість пасажирських сидінь, од.		
	$n_{\text{п\acute{e}a}}^{\text{min}}$	$n_{\text{п\acute{e}a}} = 30$	$n_{\text{п\acute{e}a}}^{\text{max}}$
Довжина кузова електробуса, $L_{\text{e}}$ , м	9,6	10,6	11,2
Кількість пасажирських сидінь, од.	22	30	36

Аналіз отриманих результатів показує, що при питомій масі міських електробусів без урахування маси тягових АКБ  $\Delta m_{\text{нi}}^{\text{e}} = 900$  кг/м [1] їх маса при повній масі  $M_{\text{r}} = 18000$  кг становитиме  $m_{\text{a\acute{e}a}} = 1585$  кг, а енергопотужність  $W_{\text{a\acute{e}a}} = 150$  кВт·год., яка забезпечує середній пробіг  $L_{\text{r}\delta} = 100$  км, а при  $M_{\text{r}} = 19500$  кг –  $m_{\text{a\acute{e}a}} = 3085$  кг,  $W_{\text{a\acute{e}a}} = 293$  кВт·год. і  $L_{\text{r}\delta} = 180$  км. Отже, необхідність оптимізації довжини кузовів електробусів очевидна.

### Література

1. Войтків С. В. Напрямки створення конкурентоспроможних міських електробусів великого класу / С. В. Войтків // Збірник наукових матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту". – Кропивницький : ЦНТУ. – 2019. – С. 13–24.

Войтків Станіслав Володимирович, к.т.н., генеральний конструктор,  
Науково-технічний центр "Автополіпром", м. Львів,  
Заслужений машинобудівник України, [voytktivsv@ukr.net](mailto:voytktivsv@ukr.net)

### ОПТИМІЗАЦІ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ КАБІН ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ

До основних розмірних параметрів кабін електромобілів малої вантажопідйомності (МВ) категорій L7 та N1 відносяться габаритні розміри – довжина, ширина і висота, та довжина, ширина і висота зони робочого місця водія. Найбільш вагомим серед цих параметрів являється довжина кабін, від якої залежить габаритна довжина електромобіля МВ, а, відтак, і системи "довжина кабін – довжина кузова", тобто

$$L_E = L_{\text{eaa}} + L_{\text{eoc}} \quad (1)$$

де  $L_{\text{eaa}}$  – довжина кабін електромобіля, м;  $L_{\text{eoc}}$  – довжина кузова електромобіля, м.

Отже, за умови  $L_E = \text{const}$  довжина кабін електромобіля МВ