

ЗАСТОСУВАННЯ ТРВЗ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ У СФЕРІ АВТОБУСОБУДУВАННЯ

ТзОВ "Науково-технічний центр "Автополіпром"

Анотація

На основі ідеального кінцевого результату теорії вирішення винахідницьких задач сформована ідеальна компоувальна схема міських низькопідлогових автобусів, тролейбусів та електробусів. Визначені основні протиріччя, пов'язані з компоуванням двох їх визначальних частин: передньої – відділення водія, повністю відокремленого від пасажирського салону, та задньої – моторного або технічного відсіку і частини пасажирського салону з високим рівнем підлоги. Наведені варіанти усунення основних протиріч у процесі компоування відділення водія методами теорії рішення винахідницьких задач.

Ключові слова: теорія рішення винахідницьких задач, ідеальний кінцевий результат, ідеальна компоувальна схема автобуса, інноваційне рішення, відокремлене відділення водія, коефіцієнт площі відділення водія.

Abstract

On the basis of the ideal final result of the theory of solving inventive problems, an ideal layout scheme of city low-floor buses, trolleybuses and electric buses was formed. The main contradictions related to the layout of their two defining parts are identified: the front one is the driver's compartment, completely separated from the passenger compartment, and the rear one is the engine or technical compartment and part of the passenger compartment with a high floor level. Options for eliminating the main contradictions in the process of arranging the driver's compartment using the methods of the theory of solving inventive problems are given.

Keywords: theory of solving inventive problems, ideal final result, ideal layout of the bus, innovative solution, separate driver's compartment, area ratio of the driver's compartment.

Вступ

У процесі проведення дослідного-конструкторських робіт (ДКР) з проектування нових перспективних і конкурентоспроможних моделей рухомого складу міського автобусного транспорту виникає безліч проблем, пов'язаних з вибором агрегатної бази, компоувальних схем за розміщенням переднього керованого і заднього тягового мостів, силового агрегату, особливо з дизельним двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ), кількості, типу та розміщення пасажирських дверей, організації робочого місця водія тощо.

З позицій теорії рішення винахідницьких задач (ТРВЗ), основним завданням на етапі розроблення ескізних пропозицій (ЕП) щодо створення конкурентоспроможних конструкцій міських автобусів являються [1]:

- визначення головної функції проектованого об'єкта та його позитивних і негативних функцій;
- формулювання ідеального кінцевого результату (ІКР);
- визначення технічних протиріч (суперечностей);
- розроблення компоувальних схем та планувань пасажирських салонів проектованих перспективних моделей міських автобусів, які забезпечують досягнення ІКР.

На етапі вибору однієї-двох компоувальних схем повинен виконуватися процес верифікації:

- перевіряння повноти усунення визначених протиріч на початку етапу розроблення ЕП та, можливо, і в ході його виконання;
- перевіряння ефективності розроблених компоувальних схем за розміщенням агрегатів трансмісії, ходової частини та пасажирських дверей і планувань пасажирських салонів проектованих автобусів;
- оцінка можливостей подальшого розвитку ідей, реалізованих у компоувальних схемах на етапі розроблення ЕП;
- визначення агрегатів трансмісії, ходової частини та інших складових частин, ідеї конструктивної будови яких, а також варіанти планувань пасажирських салонів тощо доцільні для проведення робіт з їх патентування на винаходи або, принаймні, на корисні моделі.

Результати дослідження

Головною функцією будь-якого пасажирського транспортного засобу громадського користування, зокрема рухомого складу автобусного транспорту, являється перевезення пасажирів за відповідними маршрутами. До позитивних функцій міських автобусів відносяться, відносна безпечність перевезень пасажирів, зручність користування ними, комфортабельність перебування у їх пасажирських салонах у будь-яку пору року на протязі всього часу від моменту посадки до висадки. До негативних функцій таких транспортних засобів належать шумність, низький рівень екологічності (для автобусів з ДВЗ), сприяння утворенню заторів, особливо автобусами довжиною 12,0 м і довгими (зчленованими), значна руйнівна дія на покриття міських вулиць, особливо у періоди перевантажень пасажирами та перевищення допустимої повної маси тощо.

З огляду на головне функціональне призначення міського автобусного транспорту ІКР полягає у реалізації ідеальної компоувальної схеми міського низькопідлогового автобуса, яка забезпечує (рис. 1):

- наявність відділення водія, повністю відокремленого від пасажирського салону;
- відсутність арок коліс переднього керованого та заднього тягового мостів у пасажирському салоні;
- низький (однаковий) рівень підлоги по всьому пасажирському салону та відсутність будь-яких проміжних сходинок;
- зручне розташування подвійних пасажирських дверей для швидкого пасажирообміну під час зупинок;
- збільшення величини колісної бази при сталій довжині кузова автобуса, що підвищує стійкість руху автобуса, безпечність та комфортабельність перевезень пасажирів.

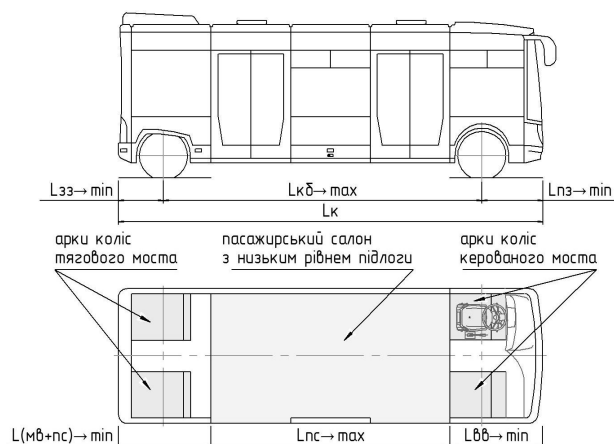


Рис. 1. Ідеальна компоувальна схема міського низькопідлогового автобуса:

$L_{пз}$ і $L_{зз}$ – довжина, відповідно, переднього і заднього звисів кузова автобуса; $L_{кб}$ – колісна база;

$L_{к}$ – довжина кузова автобуса; $L_{вв}$ – довжина відділення водія;

$L_{(мв+пс)}$ – довжина моторного відділення і високопідлогової частини пасажирського салону

Проте, наведеній вище ідеальній компоувальній схемі міських повністю низькопідлогових автобусів притаманний цілий ряд суттєвих суперечностей (протиріч).

З огляду на формування відділення водія мінімізованої довжини, яке характеризується відносним розміщенням робочого місця водія, в першу чергу сидіння, керованого моста та наявністю окремого входу до нього ззовні через двері водія, можна виділити наступні протиріччя:

- арки коліс керованого моста не можуть бути розміщені у пасажирському салоні, але їх розміщення, принаймні, не бажане у відділенні водія, оскільки тоді сидіння водія мусить бути встановлене на арці лівого колеса, що унеможливує або утруднює:
 - застосування сидінь з механічним або пневматичним підресорюванням;
 - застосування дверей водія для зовнішнього доступу до робочого місця водія;
- організація входу на робоче місце водія із пасажирського салону потребує облаштування, принаймні, двох проміжних сходинок та ускладнює, у разі необхідності, вихід водія назовні при повністю заповненому салоні стоячими пасажирами.

Формуванню мінімізованого заднього звису для забезпечення мінімізованої довжини моторного відсіку та частини пасажирського салону з високим рівнем підлоги, які найбільш залежні від взаєм-

ного розміщення силового агрегату на базі ДВЗ та тягового моста, теж характерні відповідні протиріччя:

- застосування тягових мостів балкового або порталного типів не сприяють мінімізації величини заднього звису, навіть за умови поперечного розміщення силового агрегату;
- збільшення довжини моторного відсіку автобусів призводить до:
 - збільшення довжини пасажирського салону з високою, часто, з кількома рівнями, підлогою;
 - застосування проміжних сходинок для доступу до пасажирських сидінь, розміщених у цій частині салону, зокрема, на арках коліс тягових мостів;
 - зменшення величини колісної бази і погіршення стійкості та плавності руху і комфортабельності перевезень пасажирів;
 - зменшення частки низького рівня підлоги у пасажирському салоні, хоча, відповідно до вимог Правил СЕК ООН № 107 [3], для автобусів I-го класу, призначених для здійснення міських перевезень пасажирів, вона доволі низька – усього 35 % підлоги, призначеної для розміщення сидінь та стоячих пасажирів.

Ідеальна компоувальна схема особливо актуальна для проектування міських низькопідлогових автобусів малого класу (МКл), довжина кузовів яких становить понад 6,0 м до 8,0 м. Адаже, для проектування міських автобусів середнього класу (СКл) з кузовами довжиною понад 8,0 м до 10,0 м та великого класу (ВКл), довжина кузовів яких понад 10,0 м до 12,0 м, все ж можливе навіть часткове або й майже повне розміщення арок коліс керованого моста у пасажирському салоні та значне збільшення довжини моторного відсіку і високопідлогової частини пасажирського салону.

Саме тому, створення ідеальних компоувальних схем на основі розроблення і застосування інноваційних конструкторських рішень, доцільно відпрацьовувати з огляду на їх застосування для проектування міських низькопідлогових автобусів МКл.

Перші проекти автора із застосування ідеальної компоувальної схеми для створення міських низькопідлогових автобусів МКл були розроблені ще у 1995-1998 роках (рис. 2).

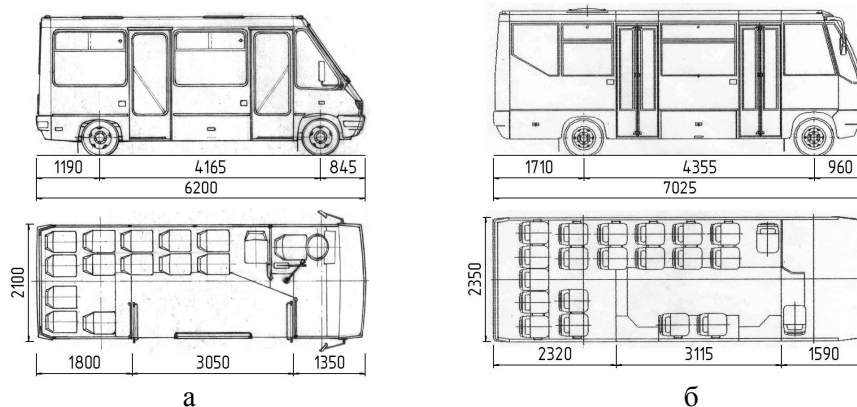


Рис. 2. Проекти міських низькопідлогових автобусів, розроблених на основі ідеальної компоувальної схеми: а) – з переднім розміщенням ДВЗ [4]; б) – із заднім розміщенням ДВЗ і проміжним редуктором

Подолання суперечностей (протирч), пов'язаних з формуванням відділення водія, можливе за наступними варіантами.

Варіант № 1. Для усунення суперечності щодо неможливості застосування сидіння водія з механічною або пневматичною системою підресорювання на основі застосування способу переміщення суб'єктів суперечностей необхідно:

- 1.1 – змінити місце розміщення сидіння водія – перенести його з арки колеса керованого моста у вільну центральну зону відділення водія між колісними арками;
- 1.2 – змістити арку лівого колеса керованого моста у напрямку до задньої стінки кузова, тобто, у зону пасажирського салону, при цьому арку правого колеса керованого моста необхідно залишити розміщеною у відділенні водія.

Варіант № 2. Для усунення суперечності щодо забезпечення зовнішнього доступу до відділення водія на основі застосування способу вирішення протиріччя шляхом введення нових додаткових об'єктів, необхідно:

- 2.1 – забезпечити доступ до відділення водія через прохід з дверима у лівій боковині, сформований позаду сидіння водія у пасажирському салоні і повністю відокремлений від нього;

- 2.2 – при реалізації варіанту № 1.2 розміщення арок коліс керованого моста застосувати двері водія, розміщені у передньому звісі лівої боковини кузова.

Компонувальна схема відділення водія міського низькопідлогового електробуса СКл, розроблена автором у 2007 році для усунення одного з протиріч за варіантом № 1.1, яка полягає у зміщенні сидіння водія в зону між арками коліс керованого моста, наведена на рис. 3а. Через десять років, тобто у 2017 році, вона була реально реалізована у конструкції міського повністю низькопідлогового електробуса моделі "Artis" (рис. 3б) виробництва французької компанії "Alstom" [5].

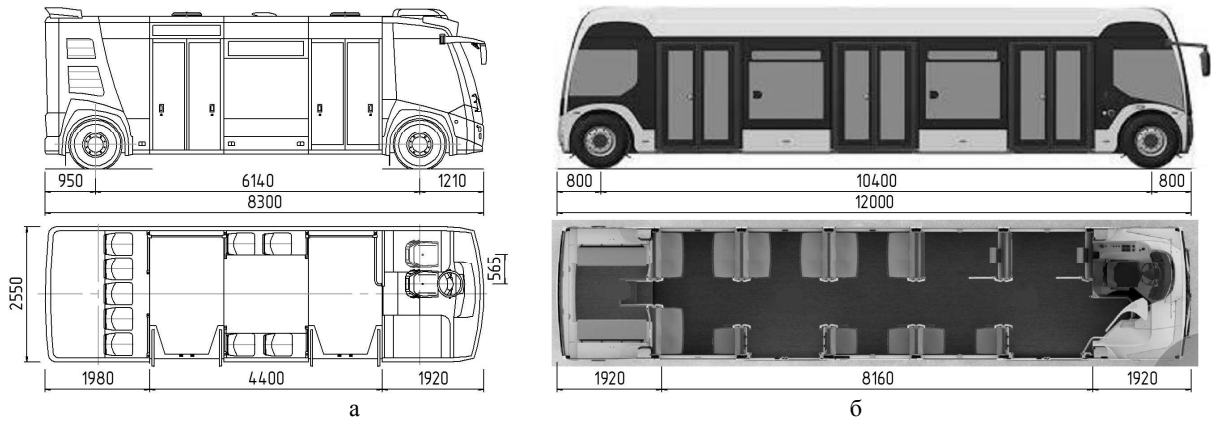


Рис. 3. Компонувальні схеми відділення водія низькопідлогових електробусів зі зміщеним розміщенням сидіння водія: а) – проект АПП-Е001 СКл (2007 рік); б) – серійний електробус моделі "Artis" французької компанії "Alstom" (2017 рік)

Електробус моделі "Artis" спроектований за ідеальною компонувальною схемою (рис. 1) за винятком зовнішнього доступу до робочого місця водія. Хоча і це протиріччя може бути усунене застосуванням наступних варіантів компонувань відділень водія міських автобусів, електробусів і тролейбусів, розроблених на основі виконання варіанту № 2.1 (рис. 4).

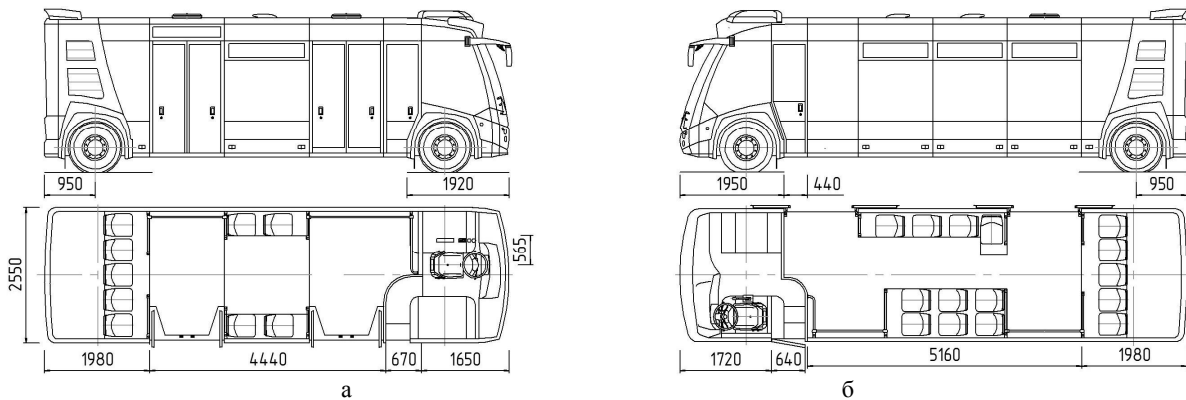


Рис. 4. Компонувальні схеми відділення водія низькопідлогових електробусів із забезпеченням зовнішнього доступу до робочого місця водія:

а) – проект АПП-Е0b1 – двері водія у правій боковині; б) – проект АПП-Е0b1 – двері водія у лівій боковині

На нинішній день такі компонувальні схеми відділень водія міських автобусів чи інших пасажирських транспортних засобів громадського користування не має, хоча схема, наведена на рис. 4а фактично являється втіленням ідеальної компонувальної схеми для проектування міських повністю низькопідлогових електробусів або генобусів.

Дуже цікавий і оригінальний варіант компонування відділення водія міських повністю низькопідлогових автобусів та електробусів розроблений на основі реалізації варіанту № 1.2. Одне із основних протиріч ідеальної компонувальної схеми полягає у наступному:

- арки коліс керованого моста повинні бути розміщені у відділенні водія;
- для застосування сидіння водія, обладнаного системою підресорювання і встановленого біля лівої боковини, арки коліс керованого моста не повинні бути розміщені у відділенні водія.

Проте, поглиблений аналіз цього протиріччя показує, що:

- арка правого колеса керованого моста мусить бути розміщена у відділенні водія для забезпечення розміщення передніх пасажирських дверей у відповідності до ідеальної компонувальної схеми міських низькопідлогових автобусів;

- арка лівого колеса не має прямого впливу на розміщення передніх пасажирських дверей, отже, може бути переміщена з відділення водія до пасажирського салону так, щоби сидіння водія із системою підресорювання могло бути встановлене не на арці, а на підлозі.

За одним із стандартних навігаторів рішення технічних протиріч ТРВЗ являється спосіб дроблення, тобто розділення цілого виробу на кілька окремих частин. У даному випадку, вирішення наведеного протиріччя можливе шляхом розділення традиційного керованого моста з однією спільною віссю коліс на дві незалежні половини (частини). У такому випадку, кожне колесо керованого моста матиме свою вісь обертання, отже, їх арки можуть бути розміщені незалежно одна від одної. Таке рішення цілком реальне на основі застосування керованого моста з незалежною підвіскою коліс (рис. 5).

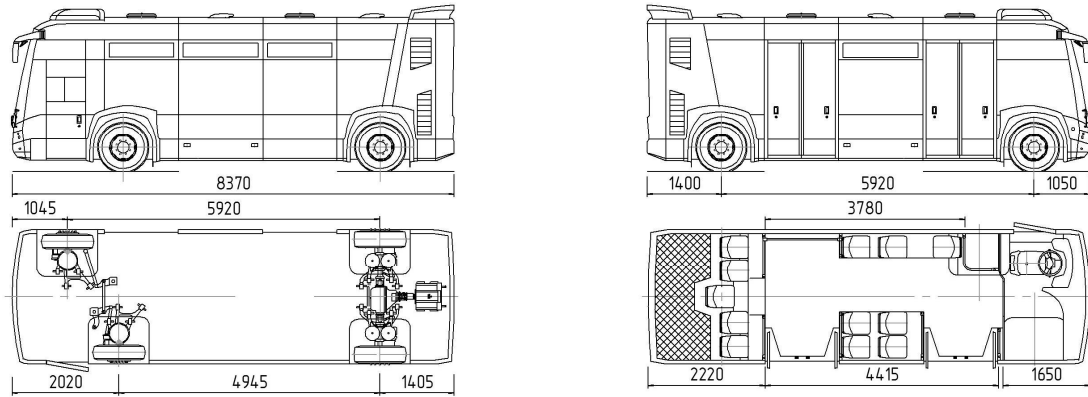


Рис. 5. Компонувальна схема низькопідлогового електробуса з традиційним розміщенням сидіння водія в повністю ізолюваному відділенні водія

Наведена на рис. 5 компонувальна схема відділення водія відносно ідеальної компонувальної схеми має, на перший погляд, один недолік, пов'язаний із наявністю арки лівого колеса керованого моста у пасажирському салоні. Проте, ця арка:

- по-перше, не знаходиться у зоні проходу по пасажирському салоні;
- по-друге, може бути використана для розміщення пасажирських сидінь, аналогічно, як у міських автобусів, створених за класичною компонувальною схемою з колісною формулою 4x2.2 і великим переднім звисом.

Для оцінки конструктивної ефективності розроблених компонувальних схем для проектування, перспективних конкурентоспроможних моделей міських низькопідлогових автобусів, тролейбусів та електробусів пропонується коефіцієнт площі відділення водія, який характеризує зменшення площі горизонтальної проекції їх кузовів для формування пасажирського салону

$$k_{\text{ев}}^s = \frac{S_{\text{ев}}}{S_{\text{куз}}}, \quad (1)$$

де $S_{\text{ев}}$ і $S_{\text{куз}}$ – площа горизонтальної проекції, відповідно, відділення водія і кузова автобуса (визначається графічним способом), м²,

або, у загальному випадку при однаковій довжині кузовів автобусів

$$k_{\text{ев}}^{sl} = \frac{S_{\text{ев}}}{L_{\text{куз}}^{\text{кл}} \cdot [B_{\text{куз}}]}, \quad (2)$$

де $L_{\text{куз}}^{\text{кл}}$ – довжина горизонтальної проекції кузова проектованого автобуса у залежності від його класу за габаритною довжиною по кузову, м; $[B_{\text{куз}}]$ – допустима (максимальна) ширина горизонтальної проекції кузова проектованого автобуса, м.

Максимальна ширина кузовів автобусів становить $[B_{\text{куз}}] = 2,55$ м, довжина кузовів автобусів у залежності від класу за габаритною довжиною по кузову приймається рівною: для автобусів МКл $6,0 \text{ м} < L_{\text{куз}}^{\text{кл}} \leq 8,0$ м; для СКл – $8,0 \text{ м} < L_{\text{куз}}^{\text{кл}} \leq 10,0$ м і для ВКл – $10,0 \text{ м} < L_{\text{куз}}^{\text{кл}} \leq 12,0$ м.

Отже, при проектуванні автобусів, тролейбусів або електробусів, наприклад, середнього класу, коефіцієнт площі відділення водія становить

$$k_{\text{ев}}^{\text{sl}} = \frac{S_{\text{ев}}}{(8,0...10,0) \cdot 2,55} = \frac{S_{\text{ев}}}{20,4...25,5} \quad (2)$$

Величини коефіцієнтів площі відділення водія, розраховані для розроблених компоувальних схем, показаних на рис. 3-5, наведені на рис. 6 та у табл. 1.

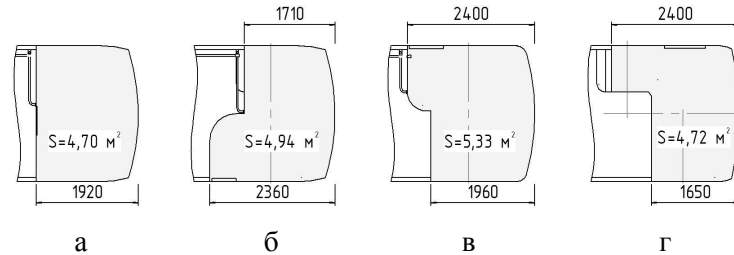


Рис. 6. Конфігурації та площі відділень водія міських електробусів за різними компоувальними схемами: а) – з сидінням водія, розміщеним на арці колеса керованого моста; б) і в) – з зовнішнім входом до відділення водія через двері водія, розміщені, відповідно, у правій і лівій боковинах кузова; в) – зі зміщеними осями керованих коліс та зовнішнім входом до відділення водія через двері у передньому звисі лівої боковини

Таблиця 1 – Оцінка конструктивної ефективності розроблених компоувальних схем міських автобусів довжиною по кузову 9,0 м за площею відділення водія

Компоувальна схема	Рис. 3а	Рис. 4а	Рис. 4б	Рис. 5
Площа відділення водія, $S_{\text{ев}}$, м ²	4,70	4,94	5,33	4,72
Площа проекції кузова автобуса середнього класу, $S_{\text{куз}}$, м ²	22,95			
Коефіцієнт площі відділення водія, $k_{\text{ев}}^{\text{sl}}$	0,205	0,215	0,232	0,206
Відносне збільшення площі відділення водія, %	-	4,9	13,2	0,5

Висновки

Аналіз отриманих результатів показує, що у розробленому варіанті компоувальної схеми відділення водія зі зміщенням осей коліс керованого моста (рис. 5), фактично реалізована ідеальна компоувальна схема, наведена на рис. 1. Адже, за площами відділення водія схема на рис. 5 майже адекватна схемі на рис. 3 (різниця всього у 0.02 м², але на відміну від неї, забезпечує вхід до робочого місця водія ззовні через окремі двері у передньому звисі, а не через пасажирський салон.

Окрім того, класична компоувальна схема з колісною формулою 4x2.2 та великим переднім звисом, хоча за площею відділення водія, яка становить 3,68...3,70 м², все ж має перевагу майже на 1,0 м², не забезпечує створення автобусів з довжиною кузовів, меншою за 10, 5 м.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Орлов М. А. Основы классической ТРИЗ. Практическое руководство для изобретательного мышления. М. : СОЛОН-ПРЕСС. 2006. 432 с.
2. Петров В. Теория решения изобретательских задач - ТРИЗ. Учебник по дисциплине "Алгоритмы решения нестандартных задач". М. : СОЛОН-ПРЕСС. 2018. 500 с.
3. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів категорій М2 та М3 стосовно їхньої загальної конструкції : Правила ЕЭК ООН № 107-02. [Чинний з 01.07.2009]. ООН, 2011.
4. Автобус міський типу "Маршрутне таксі". Войтків С. В., Войтків О. С. : пат. 5488 Україна : МПК 12-08. № 2001060576 ; заявл. 06.06.2001 ; опубл. 17.12.2001, Бюл. № 11.
5. Alstom. Designing fluidity. Here is Aptis. URL: <https://www.behance.net/gallery/70861053/ALSTOM-E-bus-Aptis> (дата звернення 24.09.2019 р).

Войтків Станіслав Володимирович – канд. техн. наук, Заслужений машинобудівник України, генеральний конструктор, ТЗОВ "Науково-технічний центр "Автополіпром", м. Львів, e-mail: voytkivsv@ukr.net.

Voytkiv Stanislav V. – Cand. Sc. (Eng), The deserved machine engineer of Ukraine, general designer "Scientific and technical center "Autopoliprom", e-mail: voytkivsv@ukr.net.