

ТЕНДЕНЦІЇ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ МАЛОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ

Войтків С.В.¹

¹Науково-технічний центр "Автополіпром"

Анотація. Проаналізовані конструкторські схеми та конструктивні особливості сучасних моделей електромобілів малої вантажопідйомності категорії N₁. Окреслені перспективи створення і організації дрібносерійного виробництва електромобілів малої вантажопідйомності категорії N₁ в Україні.

Ключові слова: електромобіль малої вантажопідйомності, тяговий міст, тяговий електродвигун, тягові АКБ, колісна формула.

Вступ

На протязі останнього десятиліття відбувається бурхливий розвиток електромобілів [1], у т.ч. і електромобілів малої вантажопідйомності категорії N₁. До відомих виробників таких електромобілів – "Goupil Industrie s.a." та "COLIBUS" (Франція), "Alke Electric Vehicles" (Італія), "Addax Motors" (Бельгія), "Garia Utility" (Данія), "MELEX Sp. z o.o." (Польща), "COMARTH Engineering SL" (Іспанія), "Global Electric Motorcars" (США), "Canadian Electric Vehicles (Канада)", тощо долучилися німецькі компанії "StreetScooter GmbH" (2014 р.) та EVUM Motors GmbH" (2016 р.), шведська фірма "Inzile AB" (2012 р.) турецька компанія "Pilotcar Otomotiv San. and Tic. A.S." (2011 р.).

Аналіз публікацій

У 2014-2020 роках багатьма європейськими виробниками електромобілів малої вантажопідйомності було спроектовано і підготовлено до виробництва ряд нових моделей.

Турецька фірма "Pilotcar Otomotiv San. and Tic. A.S." у кінці 2020 року розпочинає виробництво і реалізацію на внутрішньому ринку вантажні електромобілі категорії N₁ моделі "Pilotcar P-1000" (рис. 1) [2].

Кабіна електромобіля півкапотного типу [3], розрахована на 2 чол. Тяговий міст електромобіля – інтегрально-балкового типу [4] з тяговим електродвигуном (ТЕД), підвіска коліс – напівнезалежна пружинна з амортизаторами. Підвіска коліс керованого моста – незалежна пружинна з амортизаторами.

Основні розмірні параметри електромобіля показані на рис. 2, а основні технічні параметри наведені у табл. 1.



Рис. 1. Електромобіль малої вантажопідйомності моделі "Pilotcar P-1000"

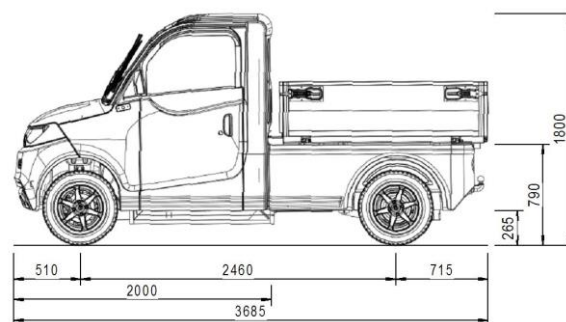


Рис. 2. Електромобіль малої вантажопідйомності моделі "Pilotcar P-1000"

Гальмівні механізми коліс обох мостів – дискові. Шини коліс – типорозміру 165/R13.

Французька компанія "Goupil Industrie s.a." у наступному, 2021 році, планує розпочати реалізацію електромобілів моделі "Goupil G6" (рис. 3) [5].

Він спроектований за колісною схемою 4x2.1п, тобто з переднім керовано-тяговим мостом з незалежною підвіскою коліс.

Таблиця 1 – Технічні параметри електромобіля категорії N₁ моделі "Pilotcar P-1000"

Найменування параметра	Визначення
Колісна формула	4x2.1з
Габаритні розміри – довжина/ширина/ висота, м	3,685/ 1,35/ 1,8
Параметри мас, кг:	
- споряджена маса без тягових АКБ з бортовим кузовом	595
- маса свинцево-кислотних тягових АКБ	575
- вантажопідйомність	870
- повна маса	1980
Номінальна енергопотужність тягових АКБ, кВт·год	14,4
Номінальна потужність ТЕД, кВт	10,0
Середнє споживання електроенергії, кВт·год./100 км	10,4
Максимальна швидкість, км/год.	55
Автономний пробіг, км	120

Підвіска коліс керованого моста – незалежна пружинна типу псевдо "McFerson". Тяговий міст електромобіля розрізного типу з напівнезалежною підвіскою коліс на поперечних важелях, пружинна з амортизаторами. Редуктор головної передачі з диференці-

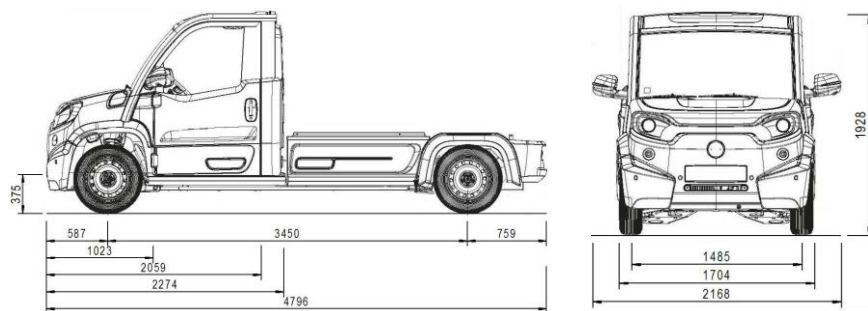


Рис. 4. Електромобіль малої вантажопідйомності моделі "Goupil G6"

Таблиця 2 – Технічні параметри вантажного електромобіля категорії N₁ моделі "Goupil G6"

Найменування параметра	Визначення
Колісна формула	4x2.1п
Габаритні розміри – довжина/ширина/ висота, м	4,796/ 1,704/ 1,921
Параметри мас, кг:	
- споряджена маса без тягових АКБ з бортовим кузовом	1344
- маса тягових АКБ LiFePO ₄	256
- вантажопідйомність	1000
- повна маса	2600
Пікова потужність ТЕД, кВт	62
Номінальна енергопотужність тягових АКБ, кВт·год.	28,8
Максимальна швидкість, км/год.	80
Автономний пробіг, км	152

Рама електромобіля (рис. 5) лонжеронно-

альним механізмом, передавальне число – 10,86. Тяговий електродвигун – асинхронного типу. Кермове управління – з гідропідсилювачем. Обидва мости обладнані колесами з шинами типорозміру 195 65 R16C.



Рис. 3. Електромобіль малої вантажопідйомності моделі "Goupil G6"

Тривалість заряджання блоків тягових АКБ від електричної мережі 220 В – 5 год.

Кабіна електромобіля теж напівкапотного типу, але суттєво ширша – 1,704 м, що забезпечує вмістимість 3 чол.

Основні розмірні параметри електромобіля показані на рис. 4, а основні технічні параметри наведені у табл. 2.

го типу, зварена з труб прямокутного та, у передній частині, круглого перерізу.



Рис. 5. Конструкція рами електромобіля моделі "Goupil G6"

Нещодавно презентувала електромобіль малої вантажопідйомності 2-ї генерації мо-

делі "Pro4" [6] і невелика (кількість працівників до 50 чол.) шведська фірма "Inzile AB". Електромобіль створений за двома колісними формулами – 4х2.1з та 4х4.1.

У виробничій програмі фірми – одне базове шасі та дві основні моделі електромобіля: "Pro4 Work" з бортовим кузовом (рис. 6) та "Pro4 Van" з кузовом-фургонном.



Рис. 6. Електромобіль малої вантажопідйомності моделі "Pro4 Work"

На даному етапі освоєно виробництво електромобіля, обладнаного заднім тяговим мостом інтегрально-балкового типу із залежною підвіскою коліс. Підвіска коліс керованого моста – типу "McFerson".

Основні розмірні параметри електромобіля показані на рис. 7, а основні технічні параметри наведені у табл. 3.

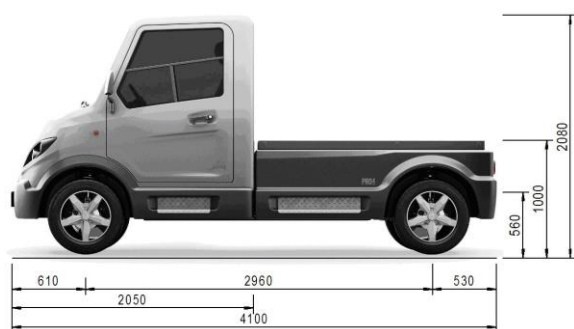


Рис. 7. Базове шасі електромобілів малої вантажопідйомності модельного ряду "Pro4"

Таблиця 3 – Технічні параметри вантажного електромобіля категорії N₁ моделі "Pro4 Work"

Найменування параметра	Визначення
Колісна формула	4х2.1з
Габаритні розміри – довжина/ширина/ висота, м	4,1/ 1,6/ 2,08
Параметри мас, кг:	
- споряджена маса з бортовим кузовом	950
- вантажопідйомність	1000
- повна маса	1950
Пікова потужність ТЕД, кВт	25,0

Найменування параметра	Визначення
Робоча напруга ТЕД, В	96
Тип тягових АКБ	LiFePO ₄
Типорозмір коліс	195/65R15
Максимальна швидкість, км/год.	50
Автономний пробіг, км	120 або 240

Конструкція електромобіля передбачає можливість виробництва модифікації у повнопривідному варіанті (рис. 8).



Рис. 8. Електромобіль малої вантажопідйомності моделі "Pro4 Work" з колісною формулою 4х4.1

Характерними особливостями електромобілів модельного ряду "Pro4" являються застосування у двомісній кабіні сидінь водія з механічною системою підресорення та рами периферійного типу з надрамником (рис. 8 і рис. 9).

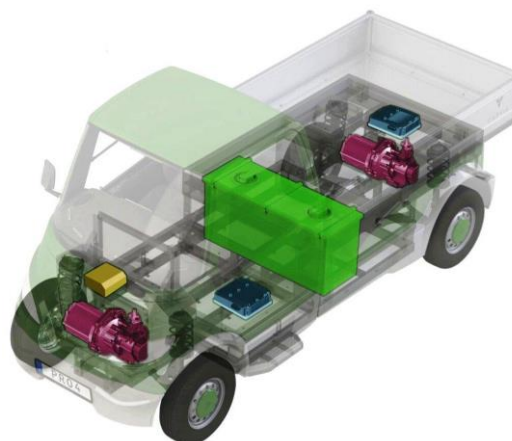


Рис. 9. Рама периферійного типу електромобіля моделі "Pro4 Work"

Кабіна електромобіля вирізняється і вбудованою підніжкою, з'єднаною з рамою.

У тягових мостах застосовуються тягові ТЕД асинхронного типу.

Повнопривідний електромобіль малої вантажопідйомності категорії N_1 у 2020 році почала виготовляти німецька фірма "EVUM Motors GmbH", яка була створена як відділення Технічного університету Мюнхена. З 2016 року її фахівцями було розроблено три різні варіанти електромобіля, які різняться конструкціями та екстер'єрами кабін (наведені на рис. 10.)



а



б



в

Рис. 10. Трансформація екстер'єрів електромобілів фірми "EVUM Motors GmbH": а – прототип моделі TUM [7]; б – проміжна модель "aCar" [8]; в – серійна модель "aCar"

Прототип – електромобіль моделі TUM і перший варіант електромобіля "aCar" були обладнані механічним тяговим мостом балкового типу. Крутний момент від одного з двох тягових електродвигунів до редуктора

головної передачі передавався карданною передачею. У конструкції електромобіля моделі "aCar", запущеного у дрібносерійне виробництво [9], застосований задній тяговий міст інтегрально-балкового типу. Передній керовано-тяговий міст – розрізного типу. Мости обладнані асинхронними ТЕД номінальною потужністю по 10,0 кВт. Їх сумарна пікова потужність становить 28,0 кВт.

Основні розмірні параметри електромобіля показані на рис. 11, а основні технічні параметри наведені у табл. 4.

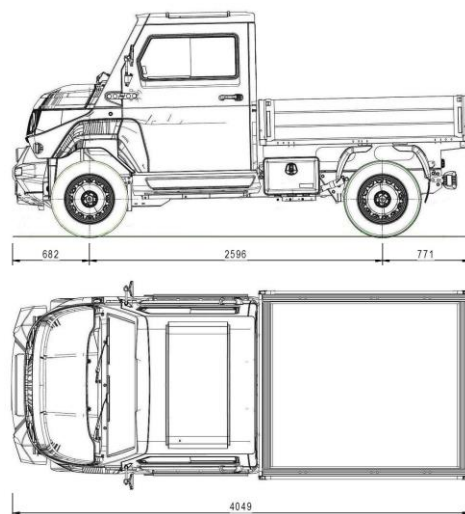


Рис. 11. Електромобіль моделі "aCar" (варіант для серійного виробництва)

Таблиця 4 Технічні параметри вантажного електромобіля категорії N_1 моделі "aCar"

Найменування параметра	Визначення
Колісна формула	4x4.1
Габаритні розміри – довжина/ширина/ висота, м	4,049/ 1,553/ 1,986
Параметри мас, кг:	
- споряджена маса з бортовим кузовом	1300
- вантажопідйомність	1000
- повна маса	2300
Тип тягових АКБ	NCM
Номінальна енергопотужність тягових АКБ, кВт·год.	16,5
Середнє споживання електроенергії, кВт·год./100 км	15,9
Типорозмір коліс	185/75R16C
Максимальна швидкість, км/год.	70
Автономний пробіг, км	80

У поточному році відома польська фірма "MELEX Sp. z o.o." презентувала перший прототип електромобіля малої вантажопідйомності моделі "N.Truck" категорії N_1 . Він характеризується найбільшою вантажопідйомністю, яка сягає 2000 кг з бортовим кузовом.

вом. Повна маса електромобіля у залежності від функціонального призначення кузовів – до 3500 кг, тобто може сягати максимально можливої для колісних транспортних засобів категорії N_1 [10].

Перший дослідний зразок електромобіля моделі "N.Truck" показаний на рис. 12, а його орієнтовні технічні параметри наведені у табл. 5.



Рис. 12. Електромобіль моделі "N.Truck" з бортовим кузовом фірми "Melex Sp. z o.o."

Таблиця 5 – Технічні параметри вантажного електромобіля категорії N_1 моделі "N.Truck"

Найменування параметра	Визначення
Колісна формула	4x2.1п
Габаритні розміри – довжина/ширина/ висота, м	-/ 1,5/ -
Колісна база, м	2,5 або 3,0
Параметри мас, кг:	
- споряджена маса з бортовим кузовом	1000
- вантажопідйомність	2000
- повна маса	3000
Тип тягових АКБ	літій-іонні
Максимальна швидкість, км/год.	70
Автономний пробіг, км	150

Електромобіль "N.Truck" оснащений незалежною підвіскою всіх коліс. Підвіска коліс переднього керовано-тягового моста типу "McPherson". Підвіска коліс заднього моста теж незалежна – на поперечних важелях, пружні елементи – гвинтові пружини. Залежно від колісної бази радіус повороту електромобіля становить 4,9 м (колісна база 2,5 м) та 5,9 м (колісна база 3,0 м).

Характерними особливостями екстер'єру кабіни електромобіля являються вертикальні боковини, плоскі скляні двері, обладнані зсувною кватиркою та плоска задня стінка. Загалом, екстер'єр електромобіля характеризується простою і лаконічною формою передньої частини кабіни – капота та бампера, та дуже скромною зовнішньою світлотехні-

кою. Вона складається лише з двох комбінованих ліхтарів круглої форми.

Дрібносерійне виробництво цього вантажного електромобіля розпочнеться у 2021 році.

Передбачається, що електромобіль модельного ряду "N.Truck" буде виготовлятися також і у повнопривідному варіанті.

Мета і постановка задачі

Метою роботи є аналіз тенденцій та оцінка перспектив організації дрібносерійного виробництва електромобілів малої вантажопідйомності категорії N_1 на заводах України, а також визначення шляхів створення перспективних конкурентоспроможних конструкцій таких електромобілів.

Результати досліджень

Перш за все необхідно відзначити, що всі п'ять нових моделей електромобілів малої вантажопідйомності категорії N_1 , створених у 2019-2020 роках, спроектовані за компоновальною схемою, яка передбачає застосування кабін півкапотного типу ("sC" – *semicircular type cabin*). До кабін півкапотного типу відповідно до класифікації, запропонованої автором в роботі [3], відносяться кабіни, у яких точка перетину ліній скла вітрового вікна та капоту у вертикальній поздовжній площині симетрії знаходиться між поперечними вертикальними площинами, одна з яких проходить через вісь симетрії колеса, інша дотична до шини колеса позаду його осі симетрії, тобто за умови (рис. 13).

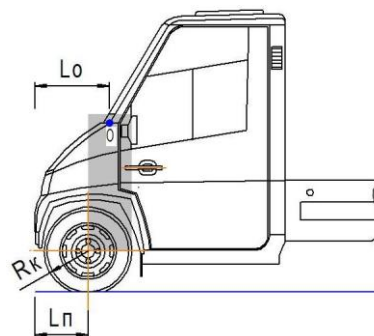


Рис. 13. Схема кабін півкапотного типу

$$L_n \leq L_o \leq (L_n + R_k), \quad (1)$$

де L_n – передній звис кабіни, м;

R_k – радіус колеса переднього моста, м.

Електромобілі моделі "Pilotcar P-1000" та модельного ряду "Inzile Pro4" виконані по

колісній формулі 4x2.1з, тобто обладнані заднім тяговим мостом. Електромобіль моделі "Goupil G6" та прототип електромобіля моделі "Melex N.Truck" спроектовані за колісною формулою 4x2.1п, тобто з переднім керовано-тяговим мостом. Електромобіль моделі EVUM "aCar" являється повнопривідним, його колісна формула 4x4.1. У найближчих планах фірм "Inzile AB" та "Melex Sp. z o.o." створення і організація виробництва повнопривідних модифікацій електромобілів "Inzile Pro4" та "Melex N.Truck" (рис. 14).

Модель електромобіля

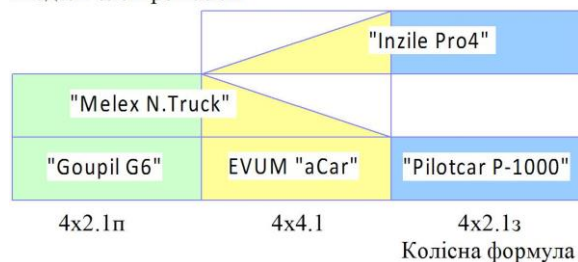


Рис. 14. Типи електромобілів малої вантажопідйомності за колісною формулою

У конструкціях тягових приводів електромобілів розглянутих моделей застосовуються (табл. 6):

- керовано-тягові електромеханічні мости інтегрально-розрізного типу, у яких редуктор головної передачі зблокований з тяговим електродвигуном);
- тягові електромеханічні мости інтегрально-балкового типу.

Таблиця 6 – Типи тягових мостів вантажних електромобілів категорії N₁

Тип тягового моста	Застосування
Передній: - керовано-тяговий розрізний	"Goupil G6" EVUM "aCar" "Melex N.Truck" "Inzile Pro4"
Задній: - тяговий інтегрально-балковий	"Pilotcar P-1000" "Inzile Pro4"

Тягові мости електромобілів моделей "Goupil G6", EVUM "aCar" та "Inzile Pro4" обладнані ТЕД асинхронного типу змінного струму. По електромобілях "Pilotcar P-1000" та "Melex N.Truck" інформація відсутня, як і по потужності ТЕД моделі "Melex N.Truck".

Питома номінальна потужність електромобілів, яка визначається за виразом

$$\delta N_n = \frac{N_e^n}{M_n}, \quad (2)$$

де N_e^n – номінальна потужність ТЕД, кВт;

M_n – повна маса електромобіля, кг,
або питома пікова потужність

$$\delta N_n = \frac{N_e^n}{M_n}, \quad (3)$$

де N_e^n – пікова (короткочасна) потужність ТЕД, кВт, наведені у табл. 7 та на рис. 15.

Таблиця 7 – Питома потужність вантажних електромобілів категорії N₁

Модель електромобіля	Повна маса, кг	Потужність			
		ТЕД, кВт		питома, Вт/кг	
		ном.	пik.	ном.	пik.
"Inzile Pro4"	1950	-	25,0	-	12,82
EVUM "aCar"	2600	20,0	28,0	7,69	10,77
"Goupil G6"	2600	-	62,0	-	23,85
"Pilotcar P-1000"	1980	10,0	24,0	5,05	12,12

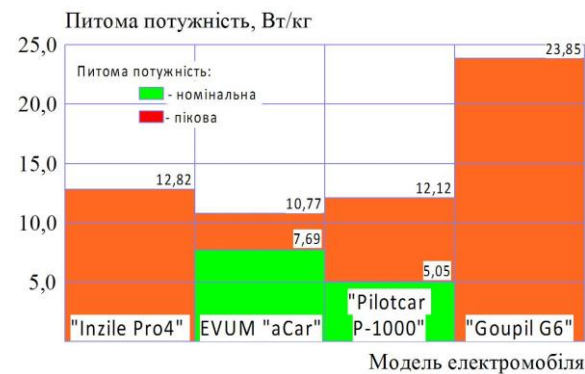


Рис. 15. Питома потужність електромобілів малої вантажопідйомності

Для живлення тягових електродвигунів застосовуються блоки тягових АКБ двох типів:

- свинцево-кислотні VRLA GEL або VRLA AGM (необслуговувані);
- літій-іонні: літій-залізо-фосфатні (LiFePO₄) або літій-нікель-марганець-кобальтові (NMC).

Номінальна робоча напруга живлення тягових електродвигунів складає 48 В, 67 В або 96 В.

Номінальна енергопотужність блоків тягових АКБ незалежно від типу становить 13,0-28,8 кВт·год.

Середнє споживання електроенергії електромобілями з колісними формулами 4x2.1п та 4x2.1з рівне 10,4 кВт·год./100 км (модель "Pilotcar P-1000"), а повнопривідного електромобіля EVUM "aCar" з колісною формулою 4x4.1 сягає 15,9 кВт·год./100 км, тобто на 52 % більше.

Для керованих та керовано-тягових мостів електромобілів усіх моделей застосовані підвіски:

- типу "McFerson";
- незалежна на поперечних важелях з пружинними пружними елементами та амортизаторами.

На електромобілі моделі "Goupil G6" для керовано-тягового моста використана незалежна підвіска типу псевдо-"McFerson".

Для задніх тягових мостів застосовані два типи підвісок:

- незалежна на поперечних важелях з пружинними пружними елементами та амортизаторами;
 - напівнезалежна на поздовжніх важелях з пружинними пружними елементами та амортизаторами,
- а для тримальних мостів – незалежна на поперечних важелях з пружинними пружними елементами та амортизаторами

Застосування підвісок вказаних вище типів у ходових частинах електромобілів малої вантажопідйомності наведено у табл. 8.

Таблиця 8 – Типи підвісок коліс мостів вантажних електромобілів категорії N₁

Тип підвіски коліс моста	Застосування
Переднього керованого	
- незалежна типу "McPherson"	"Inzile Pro4"
- незалежна на поперечних важелях	"Pilotcar P-1000"
Переднього керовано-тягового розрізного:	
- незалежна типу "McPherson"	"Melex N.Truck"
- незалежна типу псевдо-"McPherson"	"Goupil G6"
- незалежна на поперечних важелях	EVUM "aCar"
Заднього тягового:	
- незалежна на поперечних важелях	EVUM "aCar"
- напівнезалежна на поздовжніх важелях	"Pilotcar P-1000"
Заднього тримального:	
- незалежна на поперечних важелях	"Goupil G6"
	"Melex N.Truck"

Важливим показником технічної ефективності вантажних електромобілів являється коефіцієнт вантажопідйомності, який визначається за виразом

$$k_G = \frac{M_g}{M_n} = \frac{M_n - M_{cn}}{M_n}, \quad (4)$$

де M_g – вантажопідйомність електромобіля, кг;

M_{cn} – споряджена маса електромобіля з водієм та службовою особою, кг.

Коефіцієнти вантажопідйомності розглянутих електромобілів наведені у табл. 9.

Таблиця 9 – Коефіцієнт вантажопідйомності електромобілів категорії N₁ з бортовим кузовом

Модель електромобіля	Повна маса, кг	Споряджена маса, кг	Коефіцієнт вантажопідйомності
"Inzile Pro4"	1950	950	0,513
EVUM "aCar"	2600	1300 ¹	0,5
"Goupil G6"	2600	1600	0,385
"Pilotcar P-1000"	1980	1170 ²	0,409
"Melex N.Truck"	3000	1000	0,667

Примітка: Тип тягових АКБ: ¹НМС; ²свинцево-кислотна, інші – літій-іонні

Місткість кабін електромобілів малої вантажопідйомності – 2 чол. (водій і службова особа) за винятком моделі "Melex N.Truck", кабіна якої розрахована на 3 чол. з водієм.

Вантажопідйомність електромобілів з бортовим кузовом, наведена на рис. 16.

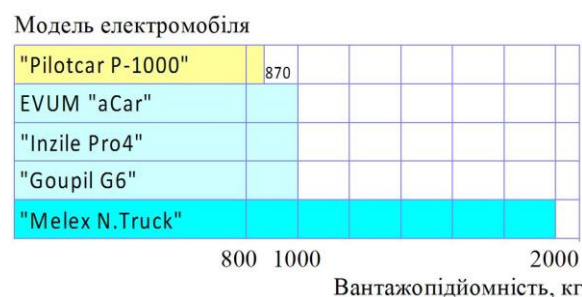


Рис. 16. Вантажопідйомність електромобілів категорії N₁

Оскільки коефіцієнт вантажопідйомності електромобілів залежить від типу і маси блоків тягових АКБ важливим їх показником являється коефіцієнт пробігу без підзарядження тягових АКБ (табл. 10):

$$k_{np} = k_s \times \frac{S_{np}}{0,1M_n}, \quad (5)$$

де k_s – розмірний коефіцієнт, кг/м;

S_{np} – пробіг електромобіля без підзарядження блоків тягових АКБ при середньому споживанні електроенергії, м.

Таблиця 10 – Коефіцієнт пробігу електромобілів категорії N_1 з бортовим кузовом

Модель електромобіля	Повна маса, кг	Пробіг, м	Коефіцієнт пробігу
"Inzile Pro4"	1950	120	0,615
EVUM "aCar"	2600	80 ¹	0,308
"Goupil G6"	2600	152	0,585
"Pilotcar P-1000"	1980	120 ²	0,606
"Melex N.Truck"	3000	150	0,5

Ще одним важливим показником технічної ефективності електромобілів малої вантажопідйомності є коефіцієнт корисної довжини базового шасі, який визначається за виразом:

$$k_L = \frac{L_{ш}}{L_{ш} - L_{каб}}, \quad (6)$$

де $L_{ш}$ – габаритна довжина шасі електромобіля з кабіною, м;

$L_{каб}$ – загальна довжина кабіни електромобіля, м.

Коефіцієнти корисної довжини базових шасі розглянутих електромобілів наведені у табл. 11.

Таблиця 11 – Коефіцієнти корисної довжини шасі електромобілів з кабіною

Модель електромобіля	Довжина, м		Коефіцієнт корисної довжини
	шасі	кабіни	
"Inzile Pro4"	4,1	2,05	0,5
EVUM "aCar"	4,659	2,577	0,447
"Goupil G6"	4,796	2,274	0,526
"Pilotcar P-1000"	3,595	2,0	0,444

Габаритна ширина двомісних кабін електромобілів малої вантажопідйомності становить 1,35-1,5-1,535-1,6 м, а тримісної кабіни електромобіля моделі "Goupil G6" – 1,704 м.

Для керованих, керовано-тягових, тягових та тримальних мостів електромобілів застосовані колеса, обладнані шинами наступних типорозмірів:

- 165/70R13 ("Pilotcar P-1000");
- 195/65 R15 ("Inzile Pro4");
- 185/75 R16 (EVUM "aCar");
- 195/65 R16 ("Goupil G6").

Екстер'єр кабін усіх електромобілів, за винятком моделі "Melex N.Truck", близький за конструкціями та складністю формоутворюючих панелей передніх півкапотних частин та дверей. Характерною особливістю вітрового вікна електромобіля EVUM "aCar" є застосування плоского скла. На кабінах інших моделей електромобілів скло гнуге у вертикальній площині ("Inzile Pro4", "Pilotcar P-1000", "Goupil G6") або у горизонтальній площині ("Melex N.Truck").

Ринкова вартість електромобілів малої вантажопідйомності категорії N_1 становить:

- EVUM "aCar" – 42828-46398 Євро у залежності від базової комплектації та типу кузова [11];
- "Melex N.Truck" – орієнтовна планова вартість з бортовим кузовом 100 тис. Зл (злотих) або 22340 Євро [12];
- "Pilotcar P-1000" – 110-120 тис. TL (турецьких лір) або 11850-12930 Євро [13].

Висновки

Розвиток конструкцій електромобілів малої вантажопідйомності базується на наступних напрямках:

- на застосуванні компоновальних схем на основі колісних формул 4х2.1з (тяговий міст – задній), 4х2.1п (тяговий міст – передній) та 4х4.1 (тягові мости – передній та задній);
- на застосуванні тягових мостів двох типів – інтегрально-балкового типу (задній тяговий міст) та інтегрально-розрізного типу (передній керовано-тяговий та задній тяговий мости);
- на застосуванні кабін водія виключно півкапотного типу.

На чотирьох з п'яти розглянутих моделей електромобілів малої вантажопідйомності застосовані блоки тягових АКБ літій-іонного типу – LiFePO4 або NMC.

Характерною особливістю більшості цих моделей електромобілів є вантажопідйомність, рівна 1000 кг. Варто відзначити спробу польської фірми "MELEX Sp. z o.o." вийти на ринок вантажних електромобілів категорії N_1 з моделлю у 2 рази більшої вантажопідйомності.

Напрямок створення і організації дрібно-серійного виробництва електромобілів малої вантажопідйомності категорії N1 являється надзвичайно актуальним для машинобудівної галузі України. Для розвитку цієї сфери електромобілебудування є достатньо багато передумов [14].

На даному етапі доцільним видається проектування та освоєння дрібносерійного виробництва таких електромобілів у два етапи, які передбачають:

- на I-му етапі – застосування імпортованих інтегрально-балкових тягових мостів з ТЕД асинхронного типу одного з європейських виробників та блоків свинцево-кислотних тягових АКБ типів VRLA GEL або VRLA AGM з метою мінімізації ринкової вартості електромобілів;

- на II-му етапі – створення і освоєння виробництва тягових електродвигунів і систем керування тяговим приводом та інтегрально-розрізних керовано-тягових та інтегрально-балкових тягових мостів, а також керованих та тримальних мостів з незалежною підвіскою коліс.

Для створення вітчизняних електромобілів малої вантажопідйомності на I-му етапі пропонується застосування кабіни півкапотного типу та колісної формули 4x2.1з. Параметри проектного електромобіля видаються наступними: вантажопідйомність – 1000 кг; габаритна довжина – 4,0 м; ширина кабіни – 1,5 м; типорозмір коліс – 6Jx15; типорозмір шин – 195/70R15C з допустимою навантагою на одинарне колесо 900 кгс.

Література

1. Electric vehicles. Setting a course for 2030. URL: <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/future-of-mobility/electric-vehicle-trends-2030.html> (дата звернення 03.08.2020).
2. P-1000. The fastest in its class. URL: <https://pilotcar.com.tr/en/> (дата звернення 07.09.2020).
3. Войтків С.В. Типи і класифікація кабін електромобілів малої вантажопідйомності. *Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2020 року*: зб. наук. праць. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 84-90.
4. Войтків С.В., Тараненко М.Є. Напрямки розвитку конструкцій електричних тягових приводів комерційних електромобілів на основі ведучих мостів балкового і порталного типів. *Автомобільний транспорт*. Зб. наук. праць. Харківський національний

автомобільно-дорожній університет. Харків, 2019. Випуск 45. С. 79-90. DOI: 10.30977/AT.2219-8342. 2019.44.0.79

5. Goupil G6. 100% elektryczny pojazd uzytkowy. URL: https://zeppelin.pl/wp-content/uploads/2020/06/202009-04v2-_G6_broszura-PL.pdf (дата звернення 05.08.2020).
6. Inzile. Pro4 Work. URL: <https://inzile.com/en/models/pro4-work/> (дата звернення 05.09.2020).
7. Elektro-Pritschenwagen für Afrika. URL: <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/acar-elektro-pritschenwagen-fuer-afrika-a-1167151.html#fotostrecke-307e0c64-0001-0002-0000-000000152172> (дата звернення 05.07.2020).
8. aCar – Der elektrische „Alleskönner“. URL: <https://www.tum.de/nc/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/details/34154/> (дата звернення 01.10.2020).
9. Technisches Datenblatt - aCar First Mover - Aufbau: Pritsche. URL: <https://evum-motors.com/wp-content/uploads/2020/08/aCar-FirstMover-Datenblatt-1.pdf> (дата звернення 01.07.2020).
10. Polish, electric mini truck 3,5 tons here is! URL: <https://melex.com.pl/en/news/polish--electric-mini-truck-3-5-tons-here-is-20.html> (дата звернення 17.09.2020).
11. EVUM Motors. Preisliste aCar First Mover. URL: <https://evum-motors.com/wp-content/uploads/2020/07/aCar-FirstMover-Preisliste.pdf> (дата звернення 03.08.2020).
12. Dostawczy Melex za 100 tys. zł. URL: https://logistyka.rp.pl/technologie/7645-dostawczy-melex-za-100-tys-zl?utm_source=rp&utm_medium=teaser_redirect (дата звернення 17.09.2020).
13. Pilotcar Tarafından Üretilen Yerli, Elektrikli Mini Ticari Araç Ekim Ayında Yollara Çıkıyor. (Pilotcar P-1000). URL: <http://teknocay.com/pilotcar-tarafından-uretilen-yerli-elektrikli-mini-ticari-arac-ekim-ayında-yollara-cikiyor-pilotcar-p-1000/> (дата звернення 01.10.2020).
14. Войтків С.В. Перспективи створення і розвитку електромобілів малої вантажопідйомності в Україні. *Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКУ ВНТУ-2020). 18-29 травня 2020 року*: зб. доповідей. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 258-261.

References

1. Electric vehicles. Setting a course for 2030. Retrived from: <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/future-of-mobility/electric-vehicle-trends-2030.html> (accessed 03.08.2020).
2. P-1000. The fastest in its class. Retrived from: <https://pilotcar.com.tr/en/> (accessed 07.09.2020).
3. Vojtkiv S.V. Ty`py` i klasyfikaciya kabin elektromobiliv maloyi vantazhopidjnosti [Types and classification of light-duty electric vehicle

- cabins]. *Materialy VIII-oyi mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferenciyi "Problemy i perspektyvy rozvytku avtomobil'nogo transportu", 14-15 kvitnya 2020 roku: zb. nauk. pracz.* (Vinny`cya: VNTU, 2020). [in Ukrainian].
4. Vojtkiv S.V., Taranenko M.Ye. Napryamky rozvytku konstrukcij elektrychny'x tyagovy'x pryvodyv komercijny'x elektromobiliv na osnovi veduchy'x mostiv balkovogo i portal'nogo ty'piv [Focus areas for developing the design of electric driveshafts for commercial electric vehicles on the basis of beam and portal axles]. *Avtomobil'ny'j transport. Zb. nauk. pracz.* Xarkivs'ky'j nacional'ny'j avtomobil'no-dorozhnij universytet. (Xarkiv, 2019. Vy'pusk 45). [in Ukrainian]. DOI: 10.30977/AT.2219-8342. 2019.44.0.79
 5. Goupil G6. 100% elektryczny pojazd uzytkowy. Retrived from: https://zeppelin.pl/wp-content/uploads/2020/06/202009-04v2-_G6_broszura-PL.pdf (accessed 05.08.2020).
 6. Inzile. Pro4 Work. Retrived from: <https://inzile.com/en/models/pro4-work> (accessed 05.09.2020).
 7. Elektro-Pritschenwagen für Afrika. Retrived from: <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/acar-elektro-pritschenwagen-fuer-afrika-a-1167151.html#fotoSTrecke-307e0c64-0001-0002-0000-000000152172> (accessed 05.07.2020).
 8. aCar – Der elektrische „Alleskönner“. Retrived from: <https://www.tum.de/nc/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/details/34154/> (accessed 01.010.2020).
 9. Technisches Datenblatt - aCar First Mover - Aufbau: Pritsche. Retrived from: <https://evum-motors.com/wp-content/uploads/2020/08/aCar-FirstMover-Datenblatt-1.pdf> (accessed 01.07.2020).
 10. Polish, electric mini truck 3,5 tons here is! Retrived from: <https://melex.com.pl/en/news/polish--electric-mini-truck-3-5-tons-here-is-20.html> (accessed 17.09.2020).
 11. EVUM Motors. Preisliste aCar First Mover. Retrived from: <https://evum-motors.com/wp-content/uploads/2020/07/aCar-FirstMover-Preisliste.pdf> (accessed 03.08.2020).
 12. Dostawczy Melex za 100 tys. zł. Retrived from: https://logistyka.rp.pl/technologie/7645-dostawczy-melex-za-100-tys-zl?utm_source=rp&utm_medium=teaser_redirect (accessed 17.09.2020).
 13. Pilotcar Tarafından Üretilen Yerli, Elektrikli Mini Ticari Araç Ekim Ayında Yollara Çıkıyor. (Pilotcar P-1000). Retrived from: <http://teknocay.com/pilotcar-tarafından-uretilen-yerli-elektrikli-mini-ticari-arac-ekim-ayında-yollara-cikiyor-pilotcar-p-1000/> (accessed 01.10.2020).
 14. Vojtkiv S.V. Perspektyvy stvorenniya i rozvytku elektromobiliv maloyi vantazhopidjornosti v Ukraini [Prospects for the creation and development of light-duty electric vehicles in Ukraine]. *Materialy XLIX naukovo-texnichnoyi konferenciyi pidrozdiliv Vinny`cz`kogo nacional'nogo texnichnogo universy`tetu (NTKP VNTU-2020). 18-29 travnya 2020 roku: zb. dopovidej.* (Vinny`cya: VNTU, 2020). [in Ukrainian].

Войтків Станіслав Володимирович¹, к.т.н., генеральний конструктор, Заслужений машинобудівник України, тел. +38 067-447-04-90, +38 099-345-04-51, voytkivsv@ukr.net

¹Науково-технічний центр "Автополіпром", 79022, Україна, м Львів, вул. Городоцька, 174.

Trends and prospects for the development of light-duty electric vehicles

Abstract. Problem. Today one of the urgent tasks is the creation and organization of production of category N1 electric vehicles of low carrying capacity in Ukraine. Therefore, research is needed to determine the development trends of such electric vehicles for the correct choice of the type of cab, wheel arrangement, types of controlled and driven axles, carrying capacity and their other technical parameters. **Goal.** The aim of the work is to analyze the trends and assess the prospects for organizing small-scale production of low-capacity electric vehicles of category N1 at factories in Ukraine, as well as identifying ways to create promising competitive designs for such electric vehicles.

Methodology. Based on the analysis of the technical parameters and characteristics of light-duty electric vehicles of European manufacturers, created in 2019-2020, the layout diagrams were analyzed according to the wheel formula and type of driver's cabins, the design of the axles used and the suspensions of their suspension wheels. On the basis of the criteria and the proposed formulas, indicators of the technical efficiency of these electric vehicles are determined. **Results.** The development tendencies are determined and directions and stages of creating the structures of light-duty electric vehicles at the factories of Ukraine are proposed. The layout diagrams of the designed electric vehicles according to the type of the driver's cabin and according to the wheel formula, as well as their main technical parameters, are recommended. **Originality.** Criteria for evaluating the constructive efficiency of light-duty electric vehicles and formulas for determining their performance are proposed. **Practical value.** A program for the creation of domestic electric vehicles of low carrying capacity in two stages is proposed, using at the first stage imported integral beam-type driving axles with an asynchronous traction motor and steered axles with independent wheel suspension, a layout diagram and basic parameters are recommended. The second stage of the program provides for the creation of an organization for the production of domestic bridges and traction motors.

Key words: *light duty electric vehicle, drive axle, traction electric motor, traction batteries, wheel arrangement.*

Voytkiv Stanislav¹, Cand. of Science, General Designer, The Deserved Machine Engineer of Ukraine, tel. +38 067-447-04-90, +38 099-345-04-51, voytkivsv@ukr.net,

¹Scientific and technical Center "Autopoliprom", 79022, Ukraine, Lviv, Gorodotskaya str., 174.

Тенденции и перспективы развития электромобилей малой грузоподъемности

Аннотация. Проанализированы компоновочные схемы и конструктивные особенности современных моделей электромобилей малой грузоподъемности категории N1 европейских производителей, созданных в 2019-2020 годах. Определены коэффициенты удельной номинальной и пиковой

мощности электромобилей, грузоподъемности и полезной длины базовых шасси. Обозначены перспективы создания и организации мелкосерийного производства электромобилей малой грузоподъемности в Украине. Предложены этапы создания их конструкций и основные технические параметры.

Ключевые слова: *электромобиль малой грузоподъемности, тяговый мост, тяговый электродвигатель, тяговые АКБ, колесная формула.*

Войтків Станіслав Володимирович¹, к.т.н., генеральний конструктор, Заслужений машинобудівельник України, тел. +38 067-447-04-90, +38 099-345-04-51, voytkivsv@ukr.net

¹Научно-технічний центр "Автополіпром", 79022, Україна, г. Львів, ул. Городецкая, 174.