

Щ.В. Аргун, к.т.н., доц.
А.В. Гнатов, д.т.н., проф.
Харківський Національний автомобільно-дорожній університет,
О.А. Ульянець, HR manager
Program-Ace

ЕКОЛОГІЧНИЙ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ АТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ ТА ЙОГО ІНФРАСТРУКТУРА

Стрімкий розвиток транспортної галузі призвів до низки серйозних проблем, а саме: погіршення екології ситуації у світі, дефіцит енергоресурсів, велика аварійність тощо. Тому застосування та впровадження енергозберігаючих технологій на транспорті є актуальним завданням, вирішення якого починається з аналізу і структурування усіх його складових. У статті запропоновано розділити енергозберігаючі технології на автомобільному транспорті на дві частини: транспорт та інфраструктуру. Особливу увагу приділено міському автобусному транспорту. Проведено порівняльний аналіз використання автобусів одного класу різних типів – дизельного, гібридного та електричного – для одного з міських маршрутів. Зроблено розрахунок експлуатаційних витрат для цих типів автобусів, який показав, що найбільші переваги мають електричні автобуси. Запропоновано як автобус малого класу в міських умовах експлуатації використовувати електробус на ультраконденсаторах, а також представлено його структурну схему. Щодо розвитку транспортної інфраструктури, авторами запропоновано конструкцію розумної дороги, яка складається з багатofункціональних плит дорожнього покриття.

Ключові слова: енергоефективність; екологічний транспорт; електротранспорт; електробус; ультроконденсатор; енергозберігаючі технології.

Постановка проблеми. Останнім часом все більш актуальними стають питання, що пов'язані із заощадженням електроенергії, енергоефективністю та екологічністю. Особливо гостро вони постають у транспортній галузі, яка є однією з найбільш динамічних і таких, що стрімко розвиваються. Це й не дивно, бо транспорт є однією з найважливіших складових життя сучасної людини. І особливо яскраво це проявляється у великих мегаполісах, що переповнені усіма можливими видами транспорту, лівову частину якого займає мережа громадського транспорту, який повинен мати не лише належний рівень комфорту, а й відповідати всім сучасним екологічним нормам і вимогам [2, 14, 13]. Наприклад, по Києву щодня курсує більш ніж 500 автобусів, які за день викидають у повітря близько 32 кг вуглецю. Цим повітрям дихають мешканці та гості міста, отже, зі збільшенням кількості транспорту питання його екологічності набуває неабиякої актуальності.

Мета роботи: аналіз нового напрямку «Енергозберігаючі технології на транспорті». Огляд екологічних автобусів, у тому числі електробусу на ультраконденсаторах. Порівняльний аналіз експлуатаційних витрат різних типів автобусів одного призначення і класу.

Аналіз основних досліджень. Найбільш перспективним на даний момент видом громадського транспорту в містах є гібридні автобуси та електробуси [2, 12–14]. Зі зростанням їх кількості необхідно розвивати і відповідну інфраструктуру, яка зможе забезпечити надійне та ефективне функціонування цього виду транспорту. На даний момент вже очевидно, що неможливо обійтися без побудови широкої міської та замської мережі зарядних станцій для електробусів і гібридних автобусів, а також для електромобілів і автомобілів plug-in hybrid [2, 5, 12, 13]. Такі зарядні станції повинні бути обладнані відповідно до норм екологічної безпеки з максимальним застосуванням поновлюваних і альтернативних джерел електроенергії (сонячних батарей, вітрогенераторів тощо) [3, 6, 8].

Все це призвело до створення складної системи під загальною назвою «Розумні дороги», до якої належать: інтерактивне освітлення й індикація стану поверхні дороги залежно від погодних умов; бездротова підзарядка електромобілів під час руху; активна розмітка дороги з можливістю швидкого перерозподілу режимів і смуг руху, враховуючи завантаженість доріг, тощо. «Розумні дороги» являють собою складну електротехнічну інформаційну систему, здатну до автономної роботи і забезпечення електричною енергією не лише себе, але й інших електроспоживачів [11].

Викладення основного матеріалу. Ріст і розвиток транспортної системи та її інфраструктури призвели до створення абсолютно нового напрямку в розвитку науки і техніки, якому можна дати назву «Енергозберігаючі технології на транспорті».

Цей напрямок можна поділити на дві основні складові групи: інфраструктура і транспорт. У свою чергу, інфраструктура ділиться на наступні елементи: станції технічного обслуговування; енергоефективні технології та заправні станції. Традиційно автомобільний транспорт можна поділити на автобусний, вантажний і легковий.

Очевидно, що для функціонування автомобільного транспорту необхідні спеціалізовані станції технічного обслуговування, а для забезпечення функціонування транспорту (в тому числі і електротранспорту) – розвинена мережа заправних станцій. До заправних станцій слід віднести їх структурні схеми, схеми розміщення і принципи побудови, які залежать від умов експлуатації транспорту та його призначення.

Інфраструктура. Останній елемент, який належить до групи інфраструктури – енергоефективні технології. Це такі технології, що спрямовані на ефективне (раціональне) використання енергетичних ресурсів, тобто використання меншої кількості енергії для забезпечення того самого рівня енергетичного забезпечення необхідних процесів (в транспорті, на виробництві тощо).

Одним з найбільш яскравих прикладів енергоефективних технологій на транспорті в групі інфраструктури є «Розумні дороги», до якої належить система «Solar Roadways», винайдена в США Scott та Julie Brusaw [11].

Концепція «Solar Roadways» пропонує перетворити дороги в електростанції, завдяки тому, заміні асфальту сонячними панелями, вкритими прозорими матеріалами, що пропускають світло (рис. 1). Протягом світлої частини доби дороги будуть виробляти електрику, отримуючи світло від сонця, а в темний час накопичена енергія буде забезпечувати функціонування системи.

«Solar Roadways» складається з шестиграних панелей, вкритих надмічним склом і начинених сонячними батареями, мікропроцесором, світлодіодами і нагрівальними елементами. Дорожні сонячні панелі здатні витримувати навантаження більше 100 т, що робить їх придатними до використання на будь-яких типах доріг: від велосипедних доріжок до міжрегіональних трас.



Рис. 1. Система Solar Roadways

Дорожнє покриття «Solar Roadways» має наступний функціонал: підсвічування дороги в нічний час (програмовану динамічну світлодіодну розмітку та попереджувальні знаки); підігрів панелей в зимовий час; систему очищення від масел і антифризів; систему відведення дощової води; фільтрацію й обробку води; систему доставки води для поливу і сільськогосподарських потреб; сигнальну систему, яка попереджає про поломку панелі; зарядку електромобілів від сонячних панелей; захист тварин, дорожню екологію; вироблення електроенергії; попередження про необхідність знизити швидкість в разі, якщо датчики навантаження встановлять появу перешкоди на дорозі. Система «Solar Roadways» передбачає створення вздовж дороги «кабельного коридору», в який можна помістити будь-які типи кабелів, і секцій, що призначені для збору і очищення зливових вод. На думку розробників, в цілому їх винахід допоможе вирішити проблему використання природних ресурсів таких, як нафта і газ. Також слід зазначити, що Департамент транспорту штату Міссурі в США планує в порядку експерименту замінити ділянку асфальтового покриття на трасі 66 на покриття з вбудованими сонячними батареями «Solar Roadways» [11].

У Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті вченими кафедри автомобільної електроніки запропоновано один з варіантів конструкції панелей «Розумних доріг» (рис. 2) (дані розробки захищені патентами України) [17, 18].

Транспорт. Найбільшого поширення серед енергоефективного автотранспорту отримав гібридний та електротранспорт. Оскільки громадський транспорт є доступним, комфортним, екологічним та ефективним, то неможливо переоцінити його значущість для міста в цілому. Основні принципи побудови автотранспорту для позначених категорій однакові, тому розглянемо автобусний транспорт.

Автобусний транспорт – це один з видів транспорту, що найбільш швидко розвиваються в галузі енергоефективних технологій, бо особливості його використання змушують його власників (приватні та державні організації) замислитися про скорочення експлуатаційних витрат. Особливо гостро це питання стало після запровадження жорстких екологічних норм, що й стимулювало розвиток гібридних (суміщення двигуна внутрішнього згорання з електродвигуном) і електротехнологій на різних видах автотранспорту.

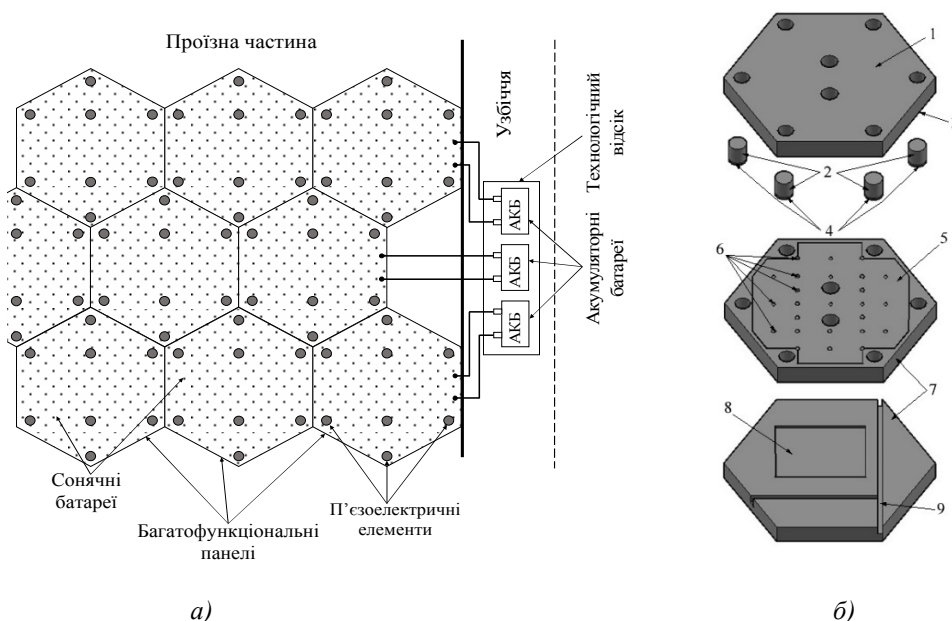


Рис. 2. Конструктивне виконання «Розумної дороги»: а – розміщення на дорозі; б – конструкція; 1 – верхній прозорий шар панелі; 2 – опора верхнього прозорого шару панелі; 3 – нагрівальні елементи – дроти електрообігріву; 4 – п'єзоелемент; 5 – сонячна батарея; 6 – світлодіоди; 7 – підкладки з склотекстоліту; 8 – відсік для електронної плати керування; 9 – жолоб для електричних з'єднань та дротів

Гібридні автобуси дозволяють максимально знизити витрати палива, забезпечуючи мінімальний викид шкідливих речовин в атмосферу [2, 13, 14–16]. Так, гібридна силова установка економить до 60 % енергії, порівняно з традиційними дизельними агрегатами (при цьому зниження споживання палива доходить до 30 %), не кажучи вже про зниження шкідливих викидів в атмосферу на 70 %. На рисунку 3 представлено зображення сучасних гібридних автобусів «Богдан А705», «VITOVТ А-420» і конструкція «Volvo 7700 Hybrid» [7, 10].

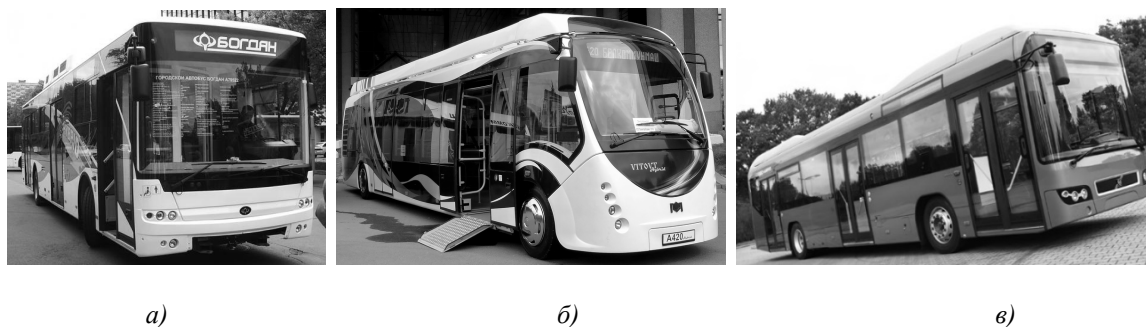


Рис. 3. Гібридні автобуси: а – «Богдан А705»; б – «VITOVТ А-420»; в – «Volvo 7700 Hybrid»

На сьогодні турбування про навколишнє середовище стало вже не лише трендом, а й необхідністю. Доказом тому є успішність використання електробусів для міських перевезень в розвинених країнах (рис. 4). Найбільшим представником електробусів є компанія BYD Auto з моделлю К9 (Китай) (рис. 4, а). Ці електробуси здатні в міському режимі долати 250...300 км шляху без підзарядки. Їх час зарядки становить 3 години на спеціальних терміналах [4].

У Люксембурзі компанія АВВ запустила автоматичні системи швидкої зарядки з автоматичним підключенням на даху [1], де час звичайної зарядки триває 4–6 хв. Систему можна легко інтегрувати в існуючі автобусні лінії, встановивши швидкі зарядки на кінцевих зупинках, терміналах, депо і (або) на проміжних зупинках.

Електробус на ультраконденсаторах. Електробус заряджається від надшвидких зарядних установок під час посадки–висадки пасажирів [9, 13–16].

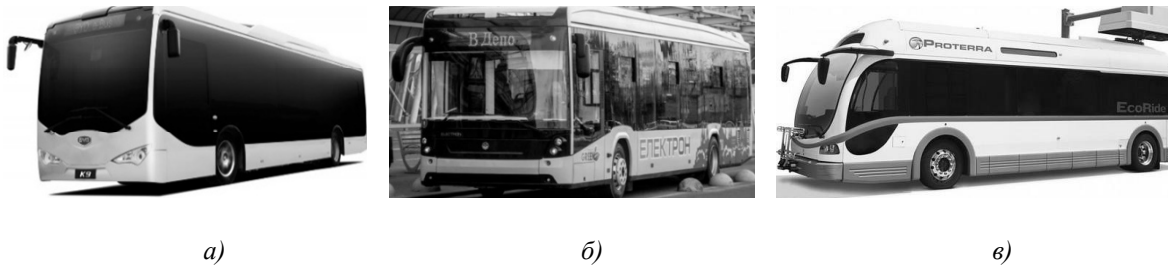


Рис. 4. Електробуси: а – «BYD K9»; б – «Електрон E19101»; в – «Proterra»

Наприклад, у китайському місті Нінбо існує екологічно чистий маршрут громадського транспорту. По ньому пересувається електробус, який отримує порівняно невеликий запас енергії на зупинках під час посадки-висадки пасажирів (приблизно за 10 с) (рис. 5).

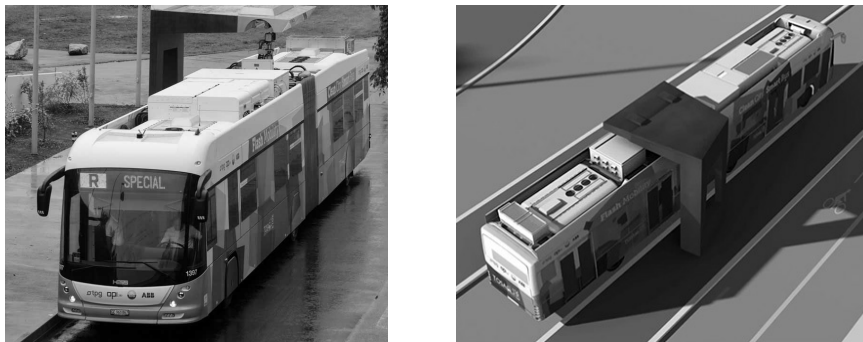


Рис. 5. Електробус на ультраконденсаторах компанії China South Locomotive & Rolling Stock Corporation

Цікавим є новий тип електробуса компанії Zhuzhou Electric Locomotive, яка запропонувала оснащувати громадський транспорт спеціальними гніздами на даху для швидкої підзарядки. На зупинках уздовж маршруту є кронштейни зі штекерами, що вставляються в автобусні роз'єми. Одна така підзарядка забезпечує пробіг до 5 км. Вона працює завдяки ультраконденсаторам, розрахованим на мільйон циклів перезарядки і 12 років служби, і має робочі температури від -50 до $+70$ °C [9].

Порівняння різних типів автобусів. Для того, щоб з'ясувати, який автобус буде споживати менше палива (або електричної енергії), проведемо порівняння дизельного, гібридного та електричного (на акумуляторах і на ультраконденсаторах) автобусів [13–16].

Для більшої наочності представлення даних обрано один маршрут в м. Харкові, (вул. 12-го Квітня – ж/м Горизонт, маршрут № 276е). Довжина шляху в один бік складає 4,23 км. Час руху становить 10 хв. Кількість зупинок 7. Слід зазначити, що метою цих розрахунків є надання індикативної інформації щодо витрат на паливо для різних типів автобусів, що дасть змогу провести їх порівняльний аналіз.

У Харкові на цей маршрут виходить дизельний автобус «Богдан» А091, який витрачає палива 20–25 л на 100 км. За один день автобус робить близько 30 поїздок. Ціна 1 л дизельного пального в Україні становить 19,32 грн. (середня вартість станом на липень 2016 р.). Витрати на пальне на один день складають приблизно 1200 грн.

Якщо обрати гібридний автобус з дизельним і електричним (потужністю 180 кВт) двигунами, то отримаємо приблизно 40 % економії дизельного палива [2, 7, 10, 13–16]. Отже витрати на обраний маршрут м. Харкова будуть складати приблизно 700 грн. До цього слід додати приблизно 150 грн. на заряд накопичувачів енергії гібридного автобуса, отже реально отримаємо 850 грн.

Якщо обрати електробус, який приводиться в рух електричним двигуном потужністю 230 кВт, то експлуатаційні затрати на один робочий день будуть значно менші. Наприклад, Львівський автобус «Електрон E19101» може проїхати без підзарядки до 210 км, а для підзарядки на 70 % потребує усього 15–20 хв., що цілком підходить для цього маршруту. На автобусі «Електрон E19101» стоять Li-Ion акумуляторні батареї ємністю 120 кВт·год. Отже, на один робочий день електробус витратить 120 кВт. Відповідно, на один робочий день буде витрачено приблизно 250 грн. на електричну енергію. Отже, електробус «Електрон E19101» є самим економічним, порівняно з розглянутими вище автобусами. Але термін служби Li-Ion акумуляторів при такій інтенсивній роботі становитиме приблизно 5 років, а ресурс самого автобуса 10–

12 років. Це є значним недоліком, бо вартість Li-Ion акумуляторів є досить суттєвою. Все це значно послаблює економічні переваги подібних електробусів.

Пропонується обрати електробус, який використовує замість звичайних акумуляторів ультраконденсатори. Термін служби ультраконденсаторів на порядок більший, ніж Li-Ion акумуляторів. Це означає, що ультраконденсатори не вимагають заміни протягом усього терміну експлуатації автобуса [19]. У таблиці 1 представлено порівняльні характеристики різних накопичувачів електроенергії, які свідчать на користь вибору конденсаторного типу накопичувача.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики різних накопичувачів електроенергії

Тип накопичувача	Акумулятор			Ультра-конденсатор
	кислотні	лужні	літій-іонні	
Показники				
Питома енергія, Вт·год./кг	20–40	15–80	80–220	2–10
Максимальна питома потужність, Вт/кг	100–300	500–1300	800–3000	1500–12000
Ресурс, цикл	100–400	300–2000	500–2500	>1 млн.
Термін служби, років	2–10	2–15	3–10	>20
Робоча температура, °C	-30...+45	-40...+60	-30...+60	-50...+70
ККД, %	70–85	65–80	80–95	>90
Обслуговування	Потрібно			Немає
Ціна, \$/кВт (номінальної потужності)	50–120	75–400	400–670	50–100

Ультраконденсатори характеризуються найвищим ресурсом і терміном служби, найменшою масою, більш широким діапазоном робочих температур і не вимагають обслуговування.

Таким чином, проведений аналіз показує, що найбільш економічними, з точки зору експлуатаційних витрат, є електробуси на акумуляторах, але висока ціна і малий термін експлуатації Li-Ion акумуляторів можуть повністю знівелювати їх привабливість. Тому електробус на ультраконденсаторах для категорії міських перевезень виглядає досить привабливо та перспективно, адже при місцевому виробництві такого типу накопичувачів енергії їх собівартість стає в рази меншою за Li-Ion акумулятори, а термін служби перевищує термін служби самих автобусів.

Модель електробуса на ультраконденсаторах. Пропонується, на базі автобуса малого класу, наприклад, «Богдан А091», зробити електробус, в якого на місці розташування двигуна буде знаходитися блок ультраконденсаторів (3) з апаратурою управління (рис. 6) [13, 15, 16].

Два електричні двигуни (4) розміщуються безпосередньо на осі обертання коліс, як це зображено на рисунку 6. Зарядний пристрій розташовано на даху електробуса, що дозволить безпечно заряджати ультраконденсатори на зупинках громадського транспорту.

Вибір того чи іншого типу електричної машини для електробуса не може бути проведений у відриві від вибору інших елементів тягового електроприводу. Застосування кожного типу двигунів потребує істотних змін силового перетворювача, механічних елементів (редукторів, гальм), набору первинних вимірювачів (датчиків положення, швидкості тощо), а також визначає побудову системи управління.

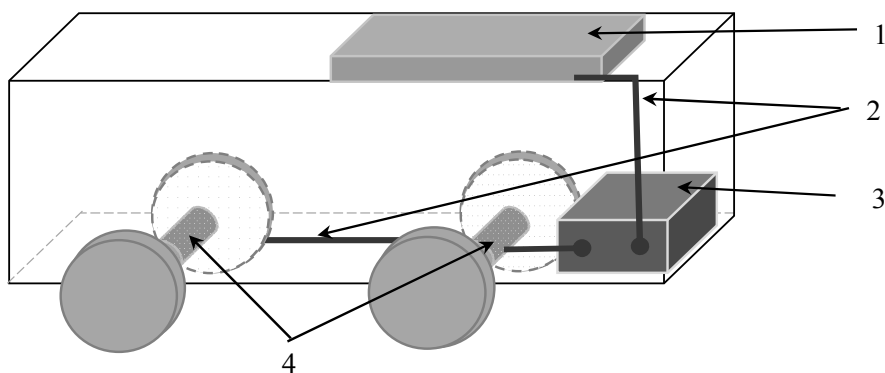


Рис. 6. Структурна схема електробуса на ультраконденсаторах: 1 – зарядний пристрій; 2 – проводка; 3 – блок ультраконденсаторів; 4 – електричні двигуни

Згідно з проведеними розрахунками, визначаємо технічні вимоги для компонентів електричної силової установки у складі міського автобуса «Богдан А091» (табл. 2, 3).

Таблиця 2

Технічні вимоги для електробуса «Богдан А091»

Найменування	Значення
Номінальна потужність електродвигуна, кВт	60
Максимальна потужність електродвигуна, кВт	120 (два по 60)
Номінальна потужність накопичувача, кВт	90
Енергія накопичувача при номінальній потужності, МДж	більше 1,44
Ресурс, цикл	<1000 000
ККД в циклі заряд/розряд (η),	<0,8
Термін служби, років	10
Максимальний пробіг за рахунок енергії накопичувача, км	до 5

Таблиця 3

Характеристики міського автобуса «Богдан А091» з електроприводом

Найменування	Значення
Довжина, м	7,2
Повна маса, т	8
Пасажира місткість, чел.	45
Номінальна потужність тягового електродвигуна, кВт	60
Габаритний обсяг, л	420
Маса, кг	520
Максимальна швидкість, км/год.	70
Час розгону до швидкості 50 км/год., с	25
Середня ефективність рекуперації	0,23
Середня питома витрата енергії, Вт·год./т·км	80–84
Максимальний пробіг за рахунок енергії накопичувача км	до 5

Розрахований час заряду ультраконденсаторів буде складати від 20–30 с до 5 хв. Цей час визначається потужністю зарядного пристрою. Зарядний пристрій пропонується організувати за схемою, що запропонована компанією АВВ [1], бо вона відповідає всім стандартам, протоколам та нормам безпеки що до громадського транспорту в країнах ЄС.

Висновки. Проведено аналіз нового напрямку «Енергозберігаючі технології на транспорті» з розкриттям його основних елементів. Запропоновано конструкцію «Розумній дороги» як елементу інфраструктури, що складається з функціональних плит дорожнього покриття. Проведено порівняльний аналіз експлуатаційних витрат для автобусів різних видів, але одного класу. Для цього обрано конкретний маршрут м. Харкова протяжністю 4,23 км в один бік. Показано, що за даним показником електробуси мають явні переваги. Запропоновано як автобус малого класу в міських умовах експлуатації використовувати електробус на ультраконденсаторах. Визначено технічні вимоги для компонентів електричної силової установки в складі міського електробуса на ультраконденсаторах.

Список використаної літератури:

1. АВВ launches fast charging robot for public buses. – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.abb.com/cawp/seitp202/bc2c3a332d7a35c5c1257ee3002d9a19.aspx>.
2. Гібридні автомобілі : монографія / О.В. Бажинюк, О.П. Смирнов, С.А. Серіков та ін. – Х. : Крок, 2008. – 327 с.
3. Electric cars and wind energy: Two problems, one solution? A study to combine wind energy and electric cars in 2020 in The Netherlands / S.Bellekom et al. // Energy. – 2012. – Т. 45. – № 1. – С. 859–866.

4. BYD Electric Car. – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://evsroll.com/BYD_Electric_Car.html.
5. Clean Energy Ministerial; Electric vehicles initiative; International Energy Agency. Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020; OECD/IEA: Paris, France, 2013.
6. Etezadi-Amoli M. Rapid-charge electric-vehicle stations / M.Etezadi-Amoli, K.Choma, J.Stefani // IEEE Transactions on Power Delivery. – Vol. 25, № 3. – 2010. – С. 1883–1887.
7. Exhibition "ElektroTrans 2012". – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.metromost.com/?p=2248>.
8. Singh M. A model of electric vehicle charging station compatibles with vehicle to grid scenario / M.Singh, P.Kumar, I.Kar // Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012 IEEE International. – IEEE, 2012. – С. 1–7.
9. The world's fastest charging electrobus powers up in 10 seconds flat. – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://inhabitat.com/the-worlds-fastest-charging-electric-bus-powers-up-in-10-seconds-flat>.
10. Volvo 7700 Hybrid. – 2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.omnibusarchiv.de/include.php?contentid=426&mode=print&path=content>.
11. Welcome to Solar Roadways. – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.solarroadways.com>.
12. Xiaogang Wu. Energy Flow Chart-Based Energy Efficiency Analysis of a Range-Extended Electric Bus / Wu Xiaogang, Hu Chen, Chen Jingfu // Mathematical Problems in Engineering. – 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dx.doi.org/10.1155/2014/972139>.
13. Гнатів А.В. Сучасні технології на автобусному транспорті / А.В. Гнатів, Щ.В. Аргун, О.В. Підгора // Матеріали IV-ої міжнар. науково-практ. інтернет-конф. "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту" (14–15 квіт. 2016 р., м. Вінниця). – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 139 с. – С. 93–97.
14. Гнатів А.В. Енергозберігаючі технології на транспорті / А.В. Гнатів, Щ.В. Аргун, О.А. Ульянець. – Луцьк : Наукові нотатки, 2016. – С. 80–86.
15. Гнатів А.В. Міський електробус з надшвидкою зарядкою / А.В. Гнатів, О.А. Ульянець, Щ.В. Аргун // II всеукр. науково-практ. конф. «Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні»: тези доповідей (17–18 берез. 2016 р.). – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2016. – 112 с. – С. 43–44.
16. Гнатів А.В. Електробус на суперконденсаторах для наземної аеродромної техніки / А.В. Гнатів, Щ.В. Аргун // Міжнарод. научно-тех. конф. «Проблеми создания и обеспечения жизненного цикла авиационной техники» (20–21 квіт. 2016 р., м. Харків). – Х. : Нац. аерокосмічний ун-т ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2016. – 162 с. – С. 145–147.
17. Пат. 106587 України, Н02К 7/00, Н02К 7/12, Н02К 35/00, Н02К 35/02 Пристрій генерування електричної енергії / Гнатів А.В., Аргун Щ.В., Гнатова Г.А. ; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатів А.В. – № у 2015 11853 заявл. 30.11.2015 ; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
18. Пат. 106588 України, Н02К 7/12, Н02К 35/02 Спосіб генерування електричної енергії від кроків людського потоку / Гнатів А.В., Аргун Щ.В., Гнатова Г.А. ; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатів А.В. – № у 2015 11854 заявл. 30.11.2015 ; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.
19. Экономичный экологичный гибридный городской автобус. – 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/40498/doc/44113>.

References:

1. ABB (2016), "ABB launches fast charging robot for public buses", available at: www.abb.com/cawp/seitp202/bc2c3a332d7a35c5c1257ee3002d9a19.aspx (accessed 03 July 2016).
2. Bazhinov, O.V., Gnatov, A.V. and Smirnov, O.P. (2008), *Gibridni avtomobili*, KhNADU, Kharkiv, 327 p.
3. Bellekom, S., Benders, R., Steef, P. and Moll, H. (2012), "Electric cars and wind energy: Two problems, one solution? A study to combine wind energy and electric cars in 2020 in The Netherlands", *Energy*, Vol. 45, No. 1, pp. 859–866.
4. "BYD Electric Car" (2016), available at: http://evsroll.com/BYD_Electric_Car.html (accessed 03 July 2016).
5. *Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020* (2013), OECD/IEA, Paris, France, 41 p.

6. Etezadi-Amoli, M., Choma, K. and Stefani, J. (2010), "Rapid-charge electric-vehicle stations", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 25, No. 3, pp. 1883–1887.
7. Metromost (2012), "Vystavka "ElektroTrans 2012" , available at: www.metromost.com/?p=2248 (accessed 03 July 2016).
8. Singh, M., Kumar, P. and Kar, I. (2012), "A model of electric vehicle charging station compatibles with vehicle to grid scenario", *Proceedings of the Electric Vehicle Conference (IEVC) 2012 IEEE International*, IEEE, pp. 1–7.
9. Inhabitat (2015), "The world's fastest charging electrobus powers up in 10 seconds flat", available at: <http://inhabitat.com/the-worlds-fastest-charging-electric-bus-powers-up-in-10-seconds-flat> (accessed 03 July 2016).
10. "Volvo 7700 Hybrid. Market's first commercially viable hybrid bus" (2008), available at: www.omnibusarchiv.de/include.php?contentid=426&mode=print&path=content (accessed 03 July 2016).
11. Solar Roadways (2016), "Welcome to Solar Roadways", available at: www.solarroadways.com (accessed 03 July 2016).
12. Xiaogang, W., Chen, H. and Jingfu, Ch. (2014), "Energy Flow Chart-Based Energy Efficiency Analysis of a Range-Extended Electric Bus", *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2014, 12 p.
13. Gnatov, A.V., Argun, Shh.V. and Pidgora, O.V. (2016), "Suchasni tekhnologii na avtobusnomu transporti", *Proceedings of the IV-th International scientific practical internet-conference "Problems and prospects of automobile transport"*, VNTU, Vinnitsya, Ukraine, pp. 93–97.
14. Gnatov, A.V., Argun, Shh.V. and Ul'yanets, O.A. (2016), "Energozberigayushchie tekhnologii na transporte", *Naukovi notatki*, Vol. 55, pp. 80–86.
15. Gnatov, A.V., Ul'janec', O.A. and Argun, Shh.V. (2016), "Mis'kyj elektrobus z nadshvydkoju zarjadkoju", *Proceedings of the II-nd Ukrainian scientific practical conference "Avtobusobuduvannja ta pasazhyrs'ki perevezennja v Ukrai'ni"*, Vydavnytvo L'vivs'koi' politehniky, Lviv, Ukraine, pp. 43–44.
16. Gnatov, A.V. and Argun, Shh.V. (2016), "Elektrobus na superkondensatorah dlja nazemnoi' aerodromnoi' tehniki", *Proceedings of the International scientific technical conference "Problemy sozdaniya i obespecheniya zhiznennogo tsikla aviatsionnoy tehniki"*, Nacional'nyj aerokosmichnyj universytet imeni M.Je. Zhukovs'kogo "Harkivs'kyj aviacijnyj instytut", Kharkiv, Ukraine, pp. 145–147.
17. Gnatov, A.V., Argun, Shh.V. and Gnatova, G.A., Harkivs'kyj nacional'nyj avtom.-dorozhn. universytet (2016), *Prystrij generuvannja elektrychnoi' energii'*, Patent Ukrai'ny No. 106587.
18. Gnatov, A.V., Argun, Shh.V. and Gnatova, G.A., Harkivs'kyj nacional'nyj avtom.-dorozhn. universytet (2016), *Sposib generuvannja elektrychnoi' energii' vid krokiv ljuds'kogo potoku*, Patent Ukrai'ny No. 106588.
19. Florentsev, S., Makarov, L., Menukhov, V. and Varakin, I. (2016), "Ekonomichnyy ekologichnyy gibridnyy gorodskoy avtobus", available at: www.russianelectronics.ru/leader-r/review/40498/doc/44113 (accessed 03 July 2016).

АРГУН Щасяна Валіковна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільної електроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

- автомобільний транспорт;
- електротранспорт;
- енергоефективні та енергозберігаючі технології на транспорті;
- магнітно-імпульсні технології.

Тел.: 099–378–04–51.

E-mail: shasyana@gmail.com.

ГНАТОВ Андрій Вікторович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобільної електроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

- автомобільний транспорт;
- електротранспорт;
- енергоефективні та енергозберігаючі технології на транспорті;
- магнітно-імпульсні технології.

Тел.: 066-743-08-87.

E-mail: kalifus@yandex.ua

УЛЬЯНЕЦ Ольга Анатоліївна – HR manager компанії Program-Асе.

Наукові інтереси:

- електротранспорт;
- енергоефективні та енергозберігаючі технології на транспорті;
- IT-технології.

Тел.: 095-733-63-13.

E-mail: olga.ulyanets@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 16.08.2016