

Крочук А.А.

*Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна*

## **АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ СТОСОВНО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ РУХУ**

Транспорт з електричним приводом на сучасному етапі розвитку науки і техніки набирає все більших обертів. Практично кожен виробник автомобілів у своїй лінійці моделей пропонує або електричні або гібридні транспортні засоби. Наукові дослідження автомобільного транспорту з електричним приводом також активно розвиваються в різних напрямках. Головною метою роботи є аналіз напрямків досліджень стосовно розвитку транспортних засобів з електричним приводом.

Проаналізовані наукові роботи, які стосуються розвитку електромобільної промисловості. Дані роботи висвітлюють проблеми, з якими стикається сфера виробництва електричного транспорту, а також, методи рішення і вдосконалення цих проблем, спираючись на суміжні сфери, наприклад, наприклад отримання електроенергії для заряджання транспорту більш екологічним способом. Також проаналізовано наукові роботи стосовно експлуатації автомобільних транспортних засобів з електричним приводом.

Опрацьовані роботи, які показують плюси і мінуси автомобілів з електричними двигунами. Основним недоліком вважаються відсутність належної кількості зарядних станцій і відсутність кваліфікованого рівня обслуговування транспорту з електричним приводом двигуна.

Під час опрацювання наукових робіт привернула увагу праця, яка описує проблему, що стосується виготовлення електроенергії, а саме отримання її з енергії сонця та вітру для заряджання електротранспорту.

Також у роботах наведені аргументи, які підштовхують перейти на електробуси для міських пасажирських перевезень. На даний час, коли світ сколихнула істерія чистого повітря, це може дати вагомий поштовх для часткового вирішення цієї задачі. Це призведе до незалежності електротранспорту від контактних електричних мереж.

**Ключові слова:** електромобілі, електропривід, альтернативні види електроенергії, електробуси.

### **ВСТУП**

Транспорт з електричним приводом руху не є винаходом сучасності. Як би це дивно не звучало, але перший прототип транспорту з електроприводом був виготовлений раніше за двигун внутрішнього згорання, у 1839 році Томасом Андерсоном.

Електромобілі в останні роки стали трендом, це зумовлено, в першу чергу, безперервним зростанням цін на нафту та популяризацією власне електромобілів. На сьогоднішній день практично кожен виробник в модельному ряду пропонує транспортні засоби з електричним та/або гібридним приводом. До того ж екологічні вимоги до виробників автомобільного транспорту стрімко піднімаються, що сприяє розвитку електромобілів.

Ринок сповнений різноманітними марками електромобілів легкового типу. Їх залучають як для власного (буденного) користування, так для потреб бізнесу, в основному це послуги таксі або кур'єрські доставки.

Щодо міських пасажирських перевезень маршрутними таксі на базі автобусів з електричним приводом руху ситуація залишається неординарною, так як в Україні, на даний момент, повністю відсутня інфраструктура для такого типу громадського транспорту. Для вирішення цієї проблеми потрібне пряме залучення фахівців та фінансів на державному рівні, тобто, зацікавленість, підтримка, контроль і страхування. Це дасть змогу міським пасажирським перевезенням вийти на новий рівень, що потягне за собою часткове рішення проблем забруднення повітря, якому, останнім часом, приділена надмірна увага.

### **АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Колісні транспортні засоби з електричним приводом двигуна є проривом у сучасному світі, але він стикається з багатьма суперечностями, які несе за собою побут минулих технологій. Це відсутність приналежної інфраструктури, якісного технологічного обслуговування, матеріального, літературного та технологічного забезпечення.

Порівнюючи електротранспорт та транспортні засоби з двигунами внутрішнього згорання, постає важливий і не заперечний фактор, що на сьогоднішній день обидва види транспортних засобів залежать від енергетичних ресурсів, які добуваються із надр земної поверхні. Автомобілі з двигунами внутрішнього згорання залежать на 100% від цих ресурсів. Хоча електротранспорт не споживає продуктів нафтової переробки, але значною мірою залежить від вугілля та урану, за допомогою яких виробляється більша частина електроенергії.

Якщо приділити увагу сфері перевезення пасажирів у міських умовах, можна побачити, що значна частина транспорту є мережеві електричні транспортні засоби: тролейбуси та трамваї, які є повністю залежні від контактної електричної мережі населеного пункту.

Електротранспорт в очах науковця, це як не огранований діамант в очах ювеліра.

Кожного дня тривають суперечки, вносяться пропозиції і проводяться дослідження для бездоганної адаптації, покращення технічних, екологічних і економічних показників. У сфері розвитку автомобілів з електричним приводом руху свій слід лишили: Будько В. І., Гаврилюк А. Ф., Лемішко М. В., Горенюк В. В., Андрусенко С. І., Бугайчук О. С., Парамуд Я. С., Ложачевська О.М., Аргун Ш. В., Н. Мохамед, А. Флах, П. Мішра, А. Бхакта, Р. Саркар, Ф. Жасмін, Ф. Майшнер, Д. Зауер.

### **ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Метою даного дослідження є проведення аналізу наукових публікацій стосовно розвитку електромобілів і визначення основних, пріоритетних напрямків подальших досліджень.

Відповідно до поставленої мети визначено задачі досліджень:

- провести аналіз сучасних наукових досліджень у сфері автомобільного транспорту з електричним приводом;
- визначити пріоритетні напрямки подальших досліджень, спрямованих на підвищення ефективності експлуатації автобусів з електричним приводом.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

У своїй роботі на тему «Використання енергії сонячного випромінювання та вітру для заряджання електромобілів» Будько В.І. [1] проводить науково-технічне обґрунтування техніко-економічних параметрів при формуванні мереж зарядних станцій електромобілів з буферними акумуляторами енергії при використанні енергії сонячного випромінювання та вітру. Ця робота спрямована на вирішення питань розширення можливостей використання альтернативних джерел електроенергії саме на території України. Для досягнення поставленої мети автор вирішував такі задачі: провів аналіз існуючих підходів до формування мереж зарядних станцій електромобілів з використанням енергії вітру і сонячного випромінювання; розробив математичну модель процесу заряджання електрохімічних акумуляторних батарей від вітро - електричних та фотоелектричних установок, комплексних вітро - сонячних енергоустановок.

В науковій роботі була вирішена важлива науково-прикладна проблема науково-технічного обґрунтування параметрів мереж зарядних станцій з буферними акумуляторами енергії при використанні енергії сонячного випромінювання та вітру для реалізації швидкого зарядження класичних електромобілів. Обґрунтовано умови створення мереж зарядних станцій електромобілів з використанням вітроелектричних та фотоелектричних установок, що визначаються довжиною пробігу електромобіля, забезпеченістю станції відновлювальними джерелами електроенергії, нормованим часом зарядження електромобіля, критичними часом очікування на виконання заявки по обслуговуванню та площею під встановлення енергогенеруючого устаткування; вперше запропоновані математичні моделі процесів перетворення енергії на водневих заправних станціях електромобілів на паливних елементах при використанні вітрових, сонячних та комплексних вітро-сонячних електроустановок як первинних генераторів електричної енергії; в результаті аналізу динаміки розвитку ринку електромобілів в Україні та запропонованого прогнозу розвитку встановлено, що потреба в їх енергозабезпеченні, яка може забезпечуватись за рахунок енергії вітру та сонця на території України до 2050 року [1].

Наукова праця «Аналіз еквівалентної паливної ощадливості електромобілів» Гаврилюка А. Ф. та Лемішка М. В. [2] окреслює ймовірні перспективи розвитку електромобілів у найближчому майбутньому, наведено їх класифікацію, а також проблеми, що виникають внаслідок їх використання. Проведено аналіз найпоширеніших енергетичні елементи, які використовуються для живлення тягових електричних двигунів електромобілів, описано їх плюси та мінуси. За результатами досліджень наведено найбільш економічні електромобілі за рейтингом 2018 року випуску та описано їх тягово - швидкісні характеристики. Розроблено методологічні основи оцінки паливної ощадливості електромобілів. Це дає змогу потенційним покупцям, власникам чи економістам автотранспортних підприємств об'єктивно оцінити еквівалентні витрати пального та успішно обрати ту чи іншу марку електромобіля. Розроблено та описано алгоритм визначення еквівалентної паливної ощадливості електромобілів з урахуванням цінової політики на енергоносії для різних країн світу. Зроблено висновки про те, що літій-іонні батареї набули найбільшого поширення, як живильні елементи електромобілів. Встановлено, що еквівалентна паливна

ощадливість найбільш об'єктивно та інформативно, зна думку користувача, характеризує використання електромобілів у порівнянні з зазначенням кількості енергії (кВт·год) необхідної для подолання 100 миль шляху. З використанням запропонованої методики визначено еквівалентну паливну ощадливість електромобілів, результати наведені у вигляді графічної залежності. Встановлено, що для України, з врахуванням вартості енергоносіїв, використання електромобілів є найбільш рентабельним порівняно з іншими країнами [2].

Горенюк В. В. у роботі «Синтез та ідентифікація моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом по схилах і підйомах дороги» [3] запропонував метод синтезу та ідентифікації моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом під час руху дорогою на спуск та на підйом, в якому використано підхід, запропонований під час розроблення методу синтезу та ідентифікації моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом по горизонтальному відрізку дороги, але з іншими граничними умовами, з іншою процедурою їхнього використання для визначення констант, які мають місце у цих моделях внаслідок використання двічі операції інтегрування в процесі їхнього синтезу методом невизначених множників Лагранжа, а також з іншою процедурою реалізації прямого алгоритму визначення швидкості електромобіля на основі моделі його динаміки, яка у випадку руху на спуск та на підйом як параметр містить в собі ще й кут нахилу поздовжньої осі рами електромобіля до горизонтальної площини, який є величиною змінною у просторі, тож для електромобіля, що рухається, є величиною змінною і в часі, а тому вимагає вимірювання відповідним пристроєм. Показано також, що коли електромобіль виїжджає на горизонтальну ділянку дороги зі спуску чи підйому без зупинки, то для визначення констант в моделях його оптимального руху горизонтальною ділянкою дороги стають непридатними вирази, отримані раніше для випадку, коли визначались моделі оптимального руху електромобіля горизонтальною ділянкою дороги від зупинки до зупинки, оскільки змінюються граничні умови, а тому і вирази, за якими визначаються ці константи стають за своєю структурою наближеними до тих, які отримані у цій статті для моделей оптимального руху електромобіля на спуск чи підйом [3].

Андрусенко С. І., Бугайчук О. С. у статті «Оцінка вартостей експлуатації транспортних засобів з різними типами силових установок» [4] представили методику розрахунку вартості експлуатації автомобілів з різними видами силових установок. Визначено вихідні дані й проведено розрахунки елементів собівартості експлуатації автомобілів з бензиновими, гібридними силовими установками та електромобілів. Показано, що доцільність використання різних типів автомобілів залежить від вартості самого автомобіля та вартостей таких різних компонентів експлуатації, як пальне, електроенергія, робоча сила, експлуатаційні матеріали, особливості податкового законодавства тощо, і має визначатися відповідно до умов кожної країни. У багатьох випадках сукупна вартість використання електромобілів є більшою, ніж транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння та гібридів. Якщо не враховувати вартість автомобіля і пов'язані з нею амортизаційні витрати, то експлуатація електромобілів є у 3–5 разів дешевшою за експлуатацію гібридів, і в 5–8 разів дешевшою за експлуатацію автомобілів з ДВЗ. Подальші дослідження варто спрямувати на розширення кількості факторів, які будуть більш детально враховувати умови експлуатації транспортного засобу. Також варто продовжувати роботу над розвитком бази даних результатів розрахунку з метою виявлення найбільш економічно доцільних транспортних засобів для різних умов експлуатації [4].

Парамуд Я. С. «Принципи моніторингу та керування у мережі зарядних станцій електричних автомобілів» [5]. Досліджено принципи побудови, моніторингу, керування та організацію безпеки у мережі зарядних станцій електричних автомобілів. Запропоновано використання елементів сучасних клієнт–серверних технологій та елементів кіберфізичних систем у таких мережах. Розроблено базову структуру кіберфізичної системи керування мережею зарядних станцій. Розроблено та досліджено серверні та клієнтські засоби мережі. Наведено структурні та функціональні рішення серверної та клієнтської частин. Проаналізовано потенційні вразливості мережі до кібератак. Запропоновано використання у мережі ефективних засобів захисту від кібератак [5].

В роботі «Розвиток громадського транспорту шляхом упровадження електробусів» Ложачевської О.М. [6] розглянуто підходи до вибору концепції розвитку не рейкового громадського транспорту на основі автобусних та троллейбусних систем для збалансованого розвитку пасажирських перевезень. Розвиток громадського транспорту в напрямі зменшення негативного екологічного впливу на міське середовище розглядається не лише як бажаний, а й як обов'язковий, але час для повної реалізації переходу на нульовий екологічний вплив невизначений. Цей перехід необхідний не

лише для створення більш безпечних екологічних умов у містах, а й для збільшення економічної ефективності, які несуть із собою нові технології. Незважаючи на значні інвестиційні затрати, які можуть виникнути під час упровадження, ці технології здатні призвести до відчутного позитивного економічного ефекту в перспективі. Автори статті розглянули та підкреслили проблеми та особливості, які характеризують кожну концепцію електробусів, та розробили власні рекомендації [6].

Аргун Щ. В. «Електробуси – перспективний міський транспорт Харкова» [7] запропонувала підвищити енергоефективність міського транспорту Харкова за рахунок упровадження електробусів. Проведено аналіз переваг і недоліків автобусів і тролейбусів порівняно з електробусами. Розглянуто різні види електробусів. Запропоновано пілотний маршрут електробуса, який охоплює частину Північної Салтівки м. Харкова завдовжки 7 км в обидва кінці. Запропоновано використовувати електробус на супер конденсаторах, що заряджається на кінцевій зупинці під час посадки-висадки пасажирів. Представлено попередній розрахунок упровадження нового маршруту для електробуса, який показує, що загальні витрати на прокладання тролейбусного маршруту є більшими за електробусний приблизно у 2,65 рази [7].

У науковій праці «Модель техніки індуктивного заряджання акумуляторних електромобілів» авторів: П. Мішра, А. Бхакта, Р. Саркар, Ф. Жасмін [8] розроблено прототип моделі. У цьому дослідженні була запропонована теоретична концепція простого, але ефективного методу індукційного заряджання акумуляторних електричних транспортних засобів. Під час експериментальних досліджень було виявлено, що потужність може передаватися бездротовим способом від передавача до приймача за допомогою принципів індуктивного зв'язку. У цій статті прототип моделі був розроблений для спостереження індуктивного заряджання, а також індуктивного резонансного зв'язку. Було також експериментально помічено, що вихідна потужність моделі бездротової зарядки значною мірою залежить від резонансного стану між передавальною та приймальною котушками. У цій статті запропонована модель була представлена, щоб зосередитися на техніці передачі потужності індуктивного зв'язку, яка використовується для заряджання батареї електромобілів. Запропонована модель і її експериментальні результати успішно описують техніку індуктивного заряджання, і максимальна передача потужності відбувається, коли резонансний стан досягається двома котушками на дуже малій відстані. Ця модель дуже ефективна для встановлення концепції бездротової передачі енергії в котушках дуже малого розміру. Експериментальна реалізація конструкції виконана за допомогою цифрового мультиметра, міліамперметра, потужності MOSFET, регулятора напруги IC, генератора та діодної схеми випрямляча в котушках передавача та приймача [8].

Н. Мохамед і А. Флах у своїй роботі «Характеристика фотоелектричного генератора для електромобіля» [9] висвітлюють та вивчають зв'язок фотоелектричної системи та електричного транспортного засобу. Було викладено та пояснено відповідні математичні рівняння. Ефективність цієї схеми підзарядки тестується та порівнюється для різних зовнішніх погодних умов. Було змодельовано два випадки, один пов'язаний із випадком, коли транспортний засіб постійно рухається, а другий випадок – із ситуацією, коли транспортний засіб зупиняється в кількох точках траєкторії руху. Наприкінці цього дослідження було надано статистичні показники ефективності системи щодо ситуації в автомобілі, коли він рухається або зупинився. Отримані результати підтвердили переваги застосування фотоелектричної підзарядки [9].

Техніко-економічне порівняння різних концепцій електробусів на основі фактичних демонстрацій у містах Європи – Ф. Майшнер, Д. Зауер [10]. Ця робота досліджує чотири технологічні концепції розгортання електричних автобусів з технічної та економічної точки зору: дуже швидке та помірне заряджання, нічне заряджання та гібридні тролейбуси (живлення через контактну мережу/акумулятор). Фонд розслідувань реальних демонстрацій у чотирьох містах Європи. Вони були проведені в прямій співпраці з відповідними операторами громадського транспорту для отримання реалістичних результатів. Ця робота зосереджена на економічному порівнянні на основі загальної вартості володіння, включаючи всі інвестиції та експлуатаційні витрати на автобусне сполучення. Таким чином, батарея є основним активом і розглядається більш ретельно, особливо з огляду на очікуваний термін служби. Загальна вартість володіння відповідних електричних і дизельних автобусів, масштабованих до повної лінійки, безпосередньо порівнюється. Це включає витрати на штрафи за викиди шуму та забруднюючих речовин. Для врахування ризиків і невизначеностей проводиться аналіз чутливості найбільш релевантних змінних. Це показує, що



електричні автобуси вже сьогодні можуть бути економічно конкурентоспроможними за сприятливих припущень, незалежно від концепції [10].

Під час проведення досліджень витрат електричної енергії тролейбусами [11] автори використовували багатокритеріальний підхід, який враховує керовані, некеровані та умовно керовані фактори, що впливають на енергоспоживання транспортних засобів. Підхід у науковій статті передбачає моделювання споживання електроенергії транспортними засобами з одночасною змінністю факторів у визначених межах. Дослідження проводились на базі тролейбуса Т70110. Було проведено дослідження впливу кожного фактора на енергоспоживання, крім того, було зроблено 7000 симуляцій, на основі яких, використовуючи закон великих чисел, були знайдені відповідні діапазони змінності. Під час досліджень було проведено 122 моделювання енергоспоживання, в результаті яких визначено область значень енергоспоживання.

Стаття [12] присвячена дослідженню впливу геометричних параметрів дискретної моделі маршрутної мережі міського транспорту на якість функціонування системи пасажирських перевезень та виявленню критеріїв пріоритетності розроблених характеристик при пошуку шляхів удосконалення його структурних складових. Авторами зроблено висновок про необхідність розробки ефективних математичних методів моделювання нових та оптимізації існуючих мереж, на основі яких базувалися б алгоритми кількісної оцінки якості функціонування транспортної системи міста на основі всебічного аналізу геометричних параметрів дискретних моделей маршрутних схем. У даній науково-дослідній роботі розглянуто та проаналізовано дискретні моделі геометричних зображень, їх основні характеристики, запропоновано методи визначення окремих параметрів геометричних структур щодо визначення оптимальних шляхів покращення техніко-технологічних характеристик мережа міського транспорту. Усі розглянуті зображення можна покласти як принципи аналізу її доступності та визначення можливостей і шляхів удосконалення вже існуючої мережі маршрутів.

Авторами роботи [13] запропоновані багатofакторна модель і алгоритм знаходження основних масово-габаритних параметрів автобусів, які дозволяють сформулювати пропозиції щодо конструктивного забезпечення дообладнання процесу засобами для реалізації автономного ходу.

На основі візуальної презентації багатовимірних просторів за допомогою моделі Радищева пропонується ефективний спосіб геометричної інтерпретації взаємних впливів набору оптимізаційних факторів на робочі характеристики додатково обладнаних транспортних засобів.

У дослідженнях, результати яких наведено у [14] опрацьовано проблему використання електроприводу на сільськогосподарських підприємствах. За результатами аналізу літературних джерел виявлено великий інтерес науковців та користувачів до використання комерційного вантажного електротранспорту в сільському господарстві. Проведено математичне моделювання енерговитрат вантажних автомобілів повною масою 4000, 8000, 10000 і 12000 кг з урахуванням різних умов їх експлуатації, руху по асфальтобетонному, гравійному, ґрунтовому покриттю. Встановлено, що рух транспортного засобу тротуаром з високим значенням коефіцієнта опору коченню призводить до різкого збільшення споживаної потужності, до 2...2,5 разів. Проведено порівняння значень отриманих енергоспоживань з результатами, отриманими іншими вченими іншими методами дослідження. Відхилення отриманих результатів питомих енергоспоживання знаходиться в межах 5...20%, що є доступним і говорить про їх достатню збіжність.

### **ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Усі наукові публікації, які стосуються розвитку транспорту з електричним приводом руху двигуна, пропонують великий аспект рішень чи нововведень у даній сфері. Спираючись на нові прориви і дослідження у суміжних сферах науки (матеріалознавство, хімія), які беруть безпосередню участь у виготовленні транспортних засобів, нашоухують на нові теми для обговорення, дослідження і залучення до проектування та виготовлення прототипу моделі.

Аналізуючи наукові праці, можна виділити основні напрями роботи з розвитку транспорту з електричним приводом руху — це заряджання акумуляторних батарей; пункти заряджання електромобілів, розвиток і налаштування інфраструктури; використання альтернативних джерел для отримання електроенергії, що слугуватиме для заряджання акумуляторних батарей; встановлення основних систем автомобіля з додатковими допоміжними функціями; ощадливість електроенергії; впровадження електробусів я міських пасажирських перевезень.



Рисунок 1 — Схема напрямів досліджень електротранспорту

Можна виділити багато напрямів для досліджень, які покращують роботу транспорту, надійність, зручність експлуатації, але все ж таки, є передові напрями, без яких функціонування і експлуатація практично не можлива. Такими чинниками, в першу чергу, є: відповідна інфраструктура та не залежність від контактної електромережі.

Належна інфраструктура дасть змогу скорішої адаптації електротранспорту до умов експлуатації. Вона мусить включати в себе достатню кількість доступних зарядних станцій, належне діагностування та обслуговування.

Не залежність від контактної мережі буде зумовлено переходом на електробуси для перевезення пасажирів у міських умовах. Це стане важливим кроком для поліпшення екології, зменшення вартості поїздки і удосконалити маршрути перевезень. Це має стати першим пріоритетом для державних або комунальних підприємств.

#### ВИСНОВКИ

Проведено детальний аналіз наукових публікацій, що дало змогу встановити основні напрями досліджень у сфері розвитку електротранспорту. Основними напрями стали дослідження, що стосуються заряджання батареї електромобілів, а саме пошук альтернативних джерел енергії для заряджання акумуляторних батарей. А також впровадження електробусів для пасажирських перевезень у міських умовах.

Так як популярні джерела електроенергії не несуть користі довкіллю і є вичерпними, тому було запропоновано використання сонячної та вітрової енергії, для отримання необхідної електроенергії. Також набирає популярності отримання електроенергії з коливань хвиль.

Впровадження електробусів для перевезення пасажирів у міських умовах стане одним з кращих кроків, так як громадський транспорт є одним з найбільших забруднювачів атмосфери.

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Будько В. І / Використання енергії сонячного випромінювання та вітру для заряджання електромобілів. [Електронний ресурс] – Режим доступу : [https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/budko\\_18.10.2019.PDF](https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/budko_18.10.2019.PDF)
2. Гаврилюк А. Ф. Аналіз еквівалентної паливної ощадливості електромобілів / А. Ф. Гаврилюк, М. В. Лемішко // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності : зб. наук. праць / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – Львів, 2019. – № 20. – С. 85–89.
3. Горенюк В. В. Синтез та ідентифікація моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом по схилах і підйомах дороги / В. В. Горенюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2021. – № 2. – С. 37–44.
4. Оцінка вартостей експлуатації транспортних засобів з різними типами силових установок / С. І. Андрусенко, О. С. Бугайчук, А. В. Лобода, Д. О.Савостін–Косяк // Технічна інженерія. – 2020. – № 2. – С. 3–12.
5. Парамуд Я. С. Принципи моніторингу та керування у мережі зарядних станцій електричних автомобілів / Я. С. Парамуд, Т. Є. Рак, М. В. Торський // Комп'ютерні системи та мережі. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 59–67.
6. Розвиток громадського транспорту шляхом упровадження електробусів / О. М. Ложачевська, С. В. Команчук // Держава та регіони. Сер. Економіка та підприємництво. - 2021. - № 2. - С. 49-54. - Бібліогр.: 9 назв. - укр.

7. Аргун ІІ. В. Електробуси – перспективний міський транспорт Харкова / ІІ. В. Аргун // Автомобільний транспорт : зб. наук. праць / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, Північно-Східний наук. центр Транспортної акад. України. – Харків, 2019. – Вип. 44. – С. 59–65.
8. A model of inductive charging technique in battery electric vehicles(BEVs) / Partha Mishra, Arpita Bhakta, Rittick Sarkar, Farzana Jasmin. [Електронний ресурс] – Режим доступу : [https://www.researchgate.net/publication/349524010\\_A\\_model\\_of\\_inductive\\_charging\\_technique\\_in\\_battery\\_electric\\_vehiclesBEVs?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVsbn19](https://www.researchgate.net/publication/349524010_A_model_of_inductive_charging_technique_in_battery_electric_vehiclesBEVs?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVsbn19)
9. Characteristic Of Photovoltaic Generator For The Electric Vehicle / N. Mohamed, F. Aymen. [Електронний ресурс] – Режим доступу : [https://www.researchgate.net/publication/336553151\\_Characteristic\\_Of\\_Photovoltaic\\_Generator\\_For\\_The\\_Electric\\_Vehicle?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVsbn19](https://www.researchgate.net/publication/336553151_Characteristic_Of_Photovoltaic_Generator_For_The_Electric_Vehicle?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbiIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVsbn19)
10. Technical and economic comparison of different electric bus concepts based on actual demonstrations in European cities / F. Meishner, D. Sauer. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/iet-est.2019.0014>
11. Valerii Dembitskyi, Vitalij Grabovets, Modeling of a power consumption by bus in the real operating conditions, Transportation Engineering, Volume 14, 2023, 100216, ISSN 2666-691X, <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100216>
12. Pustiulha, S., Samchuk, V., Samostian, V., Prydiuk, V., Dembitskij, V. (2023). Influence of the City Transport Route Network Discrete Model Geometrical Parameters on a Quality of a Passenger Traffic System Operation. In: Arsenyeva, O., Romanova, T., Sukhonos, M., Tsegelnyk, Y. (eds) Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 536. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7\\_66](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_66)
13. Pustiulha, S., Samchuk, V., Dembitskyi, V., Samostian, V., & Prydiuk, V. (2022). Construction of the Geometrical Models of a Multiple-Factor Optimization of the Technical and Operating Parameters of the Trolleybuses with an Autonomous Move Margin. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 24(1), B29-40. doi: 10.26552/com C.2022.1.B29-B40
14. Dembitskyi, V., Sakhno, V., Murovani, I., Maiak, M. (2024). Using of the Trucks with Electrical Drive on the Farm Enterprises. In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Karpenko, M., Stosiak, M. (eds) TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2023. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7_10)

## REFERENCES

1. Bud'ko V. I / Vykorystannya enerhiyi sonyachnoho vyprominyuvannya ta vitru dlya zaryadzhannya elektromobiliv. [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu : [https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/budko\\_18.10.2019.PDF](https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/budko_18.10.2019.PDF)
2. Havrylyuk A. F. Analiz ekvivalentnoyi palyvnoyi oshchadlyvosti elektromobiliv / A. F. Havrylyuk, M. V. Lemishko // Visnyk L'vivs'koho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttyediyal'nosti : zb. nauk. prats' / Derzhavna sluzhba Ukrainy z nadzvychaynykh sytuatsiy. – L'viv, 2019. – № 20. – S. 85–89.
3. Horenyuk V. V. Syntez ta identyfikatsiya modeley optimal'noho rukhu elektromobilya z asynkhronnym elektroprivodom po skhylakh i pidyomakh dorohy / V. V. Horenyuk // Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu. – 2021. – № 2. – S. 37–44.
4. Otsinka vartostey ekspluatatsiyi transportnykh zasobiv z riznymy typamy sylovykh ustanovok / S. I. Andrusenko, O. S. Buhaychuk, A. V. Loboda, D. O. Savostin–Kosyak // Tekhnichna inzheneriya. – 2020. – № 2. – S. 3–12.
5. Paramud YA. S. Pryntsypy monitorynhu ta keruvannya u merezhi zaryadnykh stantsiy elektrychnykh avtomobiliv / YA. S. Paramud, T. YE. Rak, M. V. Tors'kyi // Komp'yuterni systemy ta merezhi. – 2020. – Т. 2, № 1. – S. 59–67.
6. Rozvytok hromads'koho transportu shlyakhom uprovdzhennya elektrobysiv / O. M. Lozhachevs'ka, S. V. Komanchuk // Derzhava ta rehiony. Ser. Ekonomika ta pidpryyemnytstvo. - 2021. - № 2. - S. 49-54. - Bibliohr.: 9 nazv. - ukp.
7. Arhun SHCH. V. Elektrobusy – perspektyvnyy mis'kyy transport Kharkova / SHCH. V. Arhun // Avtomobil'nyy transport : zb. nauk. prats' / Kharkiv. nats. avtomob.-dor. un-t, Pivnivchno-Skhidnyy nauk. tsentr Transportnoyi akad. Ukrainy. – Kharkiv, 2019. – Vyp. 44. – S. 59–65.
8. A model of inductive charging technique in battery electric vehicles(BEVs) / Partha Mishra, Arpita Bhakta, Rittick Sarkar, Farzana Jasmin. [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu : [https://www.researchgate.net/publication/349524010\\_A\\_model\\_of\\_inductive\\_charging\\_technique\\_in\\_battery\\_ele](https://www.researchgate.net/publication/349524010_A_model_of_inductive_charging_technique_in_battery_ele)

ctric\_vehiclesBEVs?\_tp=eyJjb250ZXh0Ijpb7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbIIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVs bH19

9. Characteristic Of Photovoltaic Generator For The Electric Vehicle / N. Mohamed, F. Aymen. [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu : [https://www.researchgate.net/publication/336553151\\_Characteristic\\_Of\\_Photovoltaic\\_Generator\\_For\\_The\\_Electr ic\\_Vehicle?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijpb7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbIIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVs bH19](https://www.researchgate.net/publication/336553151_Characteristic_Of_Photovoltaic_Generator_For_The_Electr ic_Vehicle?_tp=eyJjb250ZXh0Ijpb7InBhZ2UiOiJwdWJsaWNhdGlvbIIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVs bH19)

10. Technical and economic comparison of different electric bus concepts based on actual demonstrations in European cities / F. Meishner, D. Sauer. [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu : <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/iet-est.2019.0014>

11. Valerii Dembitskiy, Vitalij Grabovets, Modeling of a power consumption by bus in the real operating conditions, Transportation Engineering, Volume 14, 2023, 100216, ISSN 2666-691X, <https://doi.org/10.1016/j.treng.2023.100216>

12. Pustiulha, S., Samchuk, V., Samostian, V., Prydiuk, V., Dembitskiy, V. (2023). Influence of the City Transport Route Network Discrete Model Geometrical Parameters on a Quality of a Passenger Traffic System Operation. In: Arsenyeva, O., Romanova, T., Sukhonos, M., Tsegelnyk, Y. (eds) Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 536. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7\\_66](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_66)

13. Pustiulha, S., Samchuk, V., Dembitskiy, V., Samostian, V., & Prydiuk, V. (2022). Construction of the Geometrical Models of a Multiple-Factor Optimization of the Technical and Operating Parameters of the Trolleybuses with an Autonomous Move Margin. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 24(1), B29-40. doi: 10.26552/com.C.2022.1.B29-B40

14. Dembitskiy, V., Sakhno, V., Murovanyi, I., Maiak, M. (2024). Using of the Trucks with Electrical Drive on the Farm Enterprises. In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Karpenko, M., Stosiak, M. (eds) TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2023. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-031-52652-7_10)

### ***Krochuk A.A. Analysis of research on the development of electrically driven vehicles***

Transport with an electric drive at the current stage of development of science and technology is gaining momentum. Almost every car manufacturer offers either electric or hybrid vehicles in their model line. Scientific studies of motor transport with an electric drive are also actively developing in various directions. The main goal of the work is the analysis of research directions related to the development of vehicles with an electric drive.

Scientific works related to the development of the electric vehicle industry are analyzed. These works highlight the problems faced by the field of electric transport production, as well as the methods of solving and improving these problems, relying on related fields, for example, obtaining electricity for charging transport in a more ecological way. Scientific works related to the operation of motor vehicles with an electric drive were also analyzed.

Elaborated works that show the pros and cons of cars with electric motors. The main drawback is the lack of an adequate number of charging stations and the lack of a qualified level of service for vehicles with an electric engine drive.

During the development of scientific works, attention was drawn to a work that describes a problem related to the production of electricity, namely, obtaining it from the energy of the sun and wind for charging electric vehicles.

Arguments are also presented in the works that push to switch to electric buses for urban passenger transportation. At the moment, when the world is shaken by the hysteria of clean air, this can give a strong impetus for a partial solution to this problem. This will lead to the independence of electric transport from contact electric networks.

**Keywords:** electric vehicles, electric drive, alternative types of electricity, electricbuses.

*КРОЧУК Андрій Анатолійович*, аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій, ЛНТУ, e-mail: [andriykrochk@gmail.com](mailto:andriykrochk@gmail.com)

*Andriy KROCHUK*, Postgraduate, Lutsk National Technical University, e-mail: [andriykrochk@gmail.com](mailto:andriykrochk@gmail.com)

DOI 10.36910/automash.v1i22.1363