

МІЖНАРОДНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМИ: ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ  
МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПУ СЕКЦІЙНОГО ВИПУСКУ ТА ЗАМІНИ АКУМУЛЯТОРНИХ  
БАТАРЕЙINTERNATIONAL TRANSPORTATION BY ELECTRIC VEHICLES: ADVANTAGES OF USING  
THE MODULAR PRINCIPLE OF SECTIONAL RELEASE AND BATTERY REPLACEMENT

*Порфіренко Володимир Іванович, кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри менеджменту, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com), тел. +380 67 5034433, Україна, 01010, м. Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, к. 242.*

<https://orcid.org/0000-0003-0329-6217>



*Кудін Євгенія Русланівна, магістр, Національний транспортний університет, e-mail: [zheniya2003@gmail.com](mailto:zheniya2003@gmail.com), тел. +380 95 122 94 08, Україна, 01010, м. Київ, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 1, к. 242.*

<https://orcid.org/0000-0001-6740-8789>

**Анотація.** Стаття присвячена дослідженню розвитку виробництва та експлуатації електробусів на міжнародних перевезеннях. Особливу роль відіграють новітні електробуси з сучасним обладнанням. Використання електробусів на міжнародних перевезеннях набирає популярності завдяки їхнім численним перевагам. Цей новий вид транспорту відкриває нові можливості для зменшення впливу на навколишнє середовище і покращення якості повітря. Водночас існують певні виклики, які потребують уваги при переході до електробусів на міжнародних маршрутах.

**Об'єкт дослідження** – розвиток електробусів для міжнародних перевезень.

**Мета роботи** – дослідження впливу електробусів на навколишнє середовище та ефективність їх використання в міжнародних перевезеннях.

**Методи дослідження** – статистичні та порівняльні методи.

Проведено аналіз переходу на електробуси в Україні. Проведено порівняльний аналіз основних переваг та недоліків електробусів. Проведено аналіз шляхів розвитку електробусів в світі. На основі проаналізованих даних, запропоновані шляхи популяризації та розвитку електробусів в Україні.

**Ключові слова:** електробуси, електромобіль, інноваційна модульна методика випуску та заміни акб, уніфікація, міжнародні перевезення, акумуляторні батареї, ефективність електроперевезень, утилізація, енергія.

### **Постановка проблеми.**

Велика низка екологічних проблем, серед яких глобальне потепління та колосальне забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання, створила підґрунтя до пошуку та розробки екологічно «чистіших» транспортних засобів.

Ринок автомобілів з електричним двигуном у світі набуває все більшої популярності, й Україна також не стала винятком. Проте масовій появі електромобілів перешкоджає їх доволі висока вартість, невеликий обмежений пробіг до вичерпання заряду акумуляторних батарей (АКБ), а також тривала їх ерезарядка. Значною подією для автомобілів з електричним двигуном в Україні є запровадження нульової ставки ввізного мита на транспортні засоби, оснащені електричними двигунами. Закон України № 822-VIII набрав чинності 1 січня 2016 р., і всього лише за рік його дії продемонстрував значний інтерес українців до «зелених» технологій. Тому розвиток ринку електромобілів в Україні є доволі актуальний. В умовах дефіциту енергоресурсів, інтенсивного забруднення навколишнього середовища та світових економічних кризових явищ такі інноваційні транспортні засоби, як електромобілі, загалом є одними із найперспективніших видів транспортних засобів.

Одним зі значущих питань бюджетної сфери України є бюджетні видатки на розбудову та відновлення інфраструктури доріг. Розвиток міжнародного ринку автомобілів та його всезростаючий вплив на економіку України може стати потужним поштовхом для вирішення питання в цій сфері. В цьому випадку мова йде про ринок електромобілів та можливі шляхи створення системи міжнародних перевезень «зеленими» автомобілями.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Ринок енергозберігаючих технологій в Україні за останні роки розвивається семимильними кроками. Все більші обсяги альтернативних джерел енергії вводяться в експлуатацію (сонячні, вітрові електростанції, побутова енергонезалежність тощо), ефективно функціонують та слугують потужним інструментом забезпечення сталого розвитку, в напрямку якого Україна взяла впевнений курс.

У більшості випадків, економічний ефект від впровадження альтернативних джерел енергії базується на частковій або повній відмові від традиційних джерел, що, в свою чергу, дозволяє економити фінансові ресурси та вивільнити їх для потенційно більш доцільного використання. З цієї точки зору, створення додаткового фінансового тягаря, у вигляді податків на енергозберігаючі технології, є певним покаранням фізичної особи чи підприємства, що їх фінансують та впроваджують, за те, що вони взагалі це роблять – за економію енергоносіїв. Вочевидь, така практика немає нічого спільного із соціальною справедливістю, загальмує на десятиліття будь-які проекти в сфері енергозбереження та поверне нашу державу до екстенсивних методів господарювання, чого допустити категорично не можна.

Проте, сфера електромобілів – зовсім інше питання. Заправляючи автомобіль на АЗС, власник автомобіля з класичною силовою установкою має сплатити зокрема акцизний збір та ПДВ. Чим частіше і довше автомобіль знаходиться в експлуатації – тим більший акцизний збір та ПДВ стягується з його власника: пряма залежність. Весь обсяг акцизних платежів від купівлі палива (бензинів, газу або дизельного палива) надходить до державного бюджету і складає, зокрема, фінансову основу для розбудови та відновлення інфраструктури доріг.

Протилежна ситуація виникає у випадку електромобілів: для їх використання не існує необхідності купувати паливо, а відтак і сплачувати акциз та ПДВ. В даному випадку, якщо не заглиблюватися у подальший аналіз електромобілів, можна зробити висновок аналогічний тому, який ми зробили для енергозберігаючих технологій в цілому. Разом з тим, якщо населення чи підприємства

мають намір впроваджувати, скажімо, альтернативну енергетику, то вони це здійснюють або на площах, які належать їм безпосередньо, або які вони орендують. Іншими словами, для задоволення їх потреби у альтернативній енергетиці, інтереси третіх сторін не порушуються. Власники ж електромобілів аналогічно впливають на фізичне зношення інфраструктури доріг (як і власники автомобілів із класичною - паливною силовою установкою), не відшкодовуючи при цьому кошти в тому обсязі, як це роблять власники автомобілів із класичною силовою установкою[1].

Конструктивно електромобілі майже не відрізняються від бензинових, газових або дизельних автівок. Адже конструкцію класичного авто було взято за основу під час створення електрокара. Колеса, підвіска, кермо, педалі — все це так само є в електромобілях. Основна відмінність — замість двигуна внутрішнього згоряння в електрокарі встановлено електричний двигун, а джерелом його живлення слугує батарея.

Переваги електромобілів:

– **Економічність.** Вартість річної зарядки електромобіля майже на 63 % нижча від річної заправки паливного автомобіля.

– **Екологічність.** Насамперед мова йде про відсутність викидів вихлопних газів. Нижча вартість обслуговування двигуна й трансмісії, якщо порівнювати з бензиновим аналогом.

– **Низький рівень шуму.** Ця перевага особливо актуальна в мегаполісах із великою кількістю транспорту.

– **Краща динаміка.** Максимальний крутний момент досягається з перших оборотів.

– **Безпека.** Центр ваги автомобіля зміщено вниз, тому електрокари рідше перевертаються і краще поведуться під час різких маневрів.

Але, як і всі автомобілі, електричні мають і свої недоліки, а саме:

– **Обмежений запас ходу.** Зазвичай на одній зарядці електрокари можуть проїхати від 150 до 350 км (залежно від моделі). Виняток — преміальні моделі, такі як Tesla та Jaguar, та деякі інші.

– **Висока ціна.** Вартість електрокарів у півтора-два рази вища, ніж у більшості класичних автомобілів середнього класу.

– **Чутливість до температури повітря.** Місткість батареї зменшується під час похолодання (при +5 °C — на 20 %, при -12 °C — на 50 %).

– **Проблеми з мікрокліматом у салоні.** Кондиціонер працює від батареї, що зменшує запас заряду приблизно на 20 %. Можна, звичайно ж, встановити автономний обігрівач, але це стане джерелом додаткових витрат.

– **Слабка інфраструктура зарядних пристроїв.** В невеликих містах немає точок із зарядними пристроями (або їх дуже мало), тому власникам електрокарів доводиться заряджати свої автомобілі від розетки вдома або в офісі[2].

Свій розвиток мають і електробуси. На європейському ринку флагманство та тенденції створення електроавтобусів належать таким виробникам: польському Solaris, шведському Volvo, німецькому MAN і Mercedes-Benz. BYD активно розвивається та китайському ринку. Але тенденції щодо кількості виробництва електроавтобусів на разі немає, при цьому Китай не відстає від європейського ринку.

Зокрема, MAN випустив 18-метровий електроавтобус Lion's City 18 E, розрахований на перевезення 120 паса-жирів. Потужність електродвигуна від 350 до 480 кВт з модульною батареєю 640 кВт·г. Польський Solaris випустив 15-метрову модель Urbino 15 LE electric з трьома дверима для перевезення 53 пасажирів на сидячих місцях. Основне призначення - для міських та приміських

перевезень, з потужністю двигуна 300 кВт, а також водним охолодженням, чотири батарейні блоки розташовані у задній частині автобуса, ще дві на даху, загальна потужність акумулятора 470 кВт.

Особливу увагу слід звернути на 18-метровий електроавтобус від німецького виробника Mercedes-Benz eCitaro G. Це перша серійна модель міського автобуса з батареями, які мають твердий склад. Такий склад сприяє збільшенню збереження енергії на 25% та терміну служби, ніж літій-іонові батареї. Компанія гарантує до 10 років експлуатації батареї на електроавтобусі eCitaro G та пробіг – до 840 тис. км. Ємність батареї складає 441 кВт•г, що дозволяє eCitaro G мати запас ходу до 220 км у теплий період і до 170 км пробігу в холодний період при увімкненому опаленні.

Починаючи з 2015 року львівський завод «Електрон» запропонував проект та випустив перший електроавтобус «Електрон E191». Довжина кузова 12 метрів з розрахунком на 100 пасажирів. Повного заряду батареї вистачає на 225 км, при цьому акумулятор витримує від 5 до 8 циклів перезарядки протягом 7 годин. Є дуже цікава особливість львівського електроавтобуса – це наявність пантографа. Цей прилад надає можливість працювати електроавтобусу і як тролейбусу, оскільки зарядження відбувається від контактної мережі.

Домінуюче місце щодо батарейних моделей належить комплекту батарей на борту електроавтобуса, але тенденція використання різних речовин для батарей є, і водневі паливні елементи застосовуються тощо. Наприклад, на півночі Данії працює водородна модель A330 від компанії Van Hool.

Велика увага приділяється в Україні розвитку транспортної інфраструктури у напрямку електротранспорту в межах міста. Для цього, починаючи з 30 жовтня 2019 року, під час зібрання Федерації роботодавців автомобільної галузі, розглядалися питання щодо термінології проектування та виробництва електротранспорту, його електрозарядної інфраструктури, зарядних пристроїв та широкого вивчення ринку забезпечення електроавтобусами для комунальних підприємств міст.

Основними представниками підприємств-виробників електротранспорту в Україні виступають: компанія Murmuration technology, компанія Єврокар, АБЕРЕ Україна Укравтопром, EV-UA – Українська Асоціація Учасників Ринку Електромобілів, ГО «Клуб «Електро-автосам»», Федерація роботодавців автомобільної галузі, Корпорація «Богдан». За результатами зустрічі були внесені пропозиції щодо внесення змін до закону України «Про автомобільний транспорт» в Розділ VI «Прикінцевих положень», зокрема:

1. Розробити екологічні вимоги до парку автобусів, які обслуговують пасажирів на міських маршрутах в містах Київ, Харків, Дніпро, Одеса, Львів з поетапним доведенням кількості електроавтобусів українського виробництва (що мають один або кілька електродвигунів) від парку від 5 відсотків у 2021 році до 50% в 2031 році.

2. Розробити екологічні вимоги до парку автомобільних транспортних засобів, які здійснюють перевезення побутового і харчового сміття в містах Київ, Харків, Дніпро, Одеса, Львів з поетапним доведенням кількості електровантажівок українського виробництва (сміттєвозів, що мають в якості двигуна один або кілька електродвигунів) від парку від 5 відсотків в 2021 році до 50% в 2031 році.

Однією з перших українських компаній, яка отримала сертифікат відповідності на виробництво стала компанія Skywell. Це 12-метровий автобус NJL 6129 BEV, який розрахований на перевезення 81 пасажирів, зокрема місць для сидіння – 32. Максимальна швидкість складає 70 км/год, запас ходу – 300 км. На зарядку електробатарей йде 40–80 хвилин. Електроавтобус оснащений LED-освітленням, підсвіткою сходинок, низькою підлогою, водійським сидінням з електропідігрівом, системою відеоконтролю парковки і дверей під час зупинок[3].

Віднесення електромобілів до повністю екологічного транспорту досі викликає дискусії. Адже викиди парникових газів під час виробництва, заправки, експлуатації і утилізації таких авто не є нульовими. Однак протягом усього життєвого циклу (зокрема завдяки вищому ККД електродвигуна) електромобілі продукують як мінімум на 22% менше викидів CO<sub>2</sub>, а у країнах з декарбонізованою енергетикою цей показник може сягати 70-80 %. В Україні ж 53% електроенергії виробляють атомні електростанції, але щобільшою ставатиме частка відновлюваної (сонячної, вітрової) енергетики, то більш екологічними ставатимуть електрокари.

В Україні темпи купівлі електромобілів зростають. Якщо у 2012-2013 роках електрокари тільки-но почали з'являтися, то на кінець 2020 року зареєстровано всього понад 20 тисяч машин на електротязі. При цьому за січень-вересень 2020 року в Україні зареєстровано 5 384 електромобілі і 297 046 легкових авто з ДВЗ, тобто співвідношення кількості електричних авто до паливних і гібридних — 2 до 98. Особливість українського ринку електрокарів полягає у тому, що переважну його більшість складають вживані іномарки із США та деяких країн Європи.

До кінця 2022 року Податковим кодексом України був передбачений пільговий режим для ввезення електромобілів. До цього часу електрокари звільнили від сплати податку на додану вартість (ПДВ). Також діє спеціальний акциз, розмір якого залежить від ємності акумулятора. Крім того, 2020 року сервісні центри МВС почали видавати зелені номерні знаки для електромобілів та електробусів. Власники зелених номерів матимуть право паркуватися на спеціально відведених місцях (зокрема щоб отримувати безперервний доступ до зарядних станцій). Також вони зможуть користуватися перевагами дорожніх знаків «Для електромобілів», «Крім електромобілів», «Станція зарядки електромобілів».

Ще один важливий аспект стимулювання попиту на електромобілі — розвиток зручної інфраструктури, за допомогою якої власник може без проблем зарядити автомобіль. За даними маркетингового агентства IRS Group, на вересень 2020 року в Україні налічується 8529 пунктів електрзарядних станцій. Протягом року їхня кількість збільшилася більш ніж наполовину.

Велику частку українського ринку зарядних станцій займає харківська компанія Autoenterprise, що виробляє станції для зарядження, керує власною зарядною мережею, а ще імпортує електромобілі. Директор компанії Дмитро Ніконов каже, що саме інженерні розробки є основним напрямом діяльності компанії.

Autoenterprise виробляє комерційні зарядні станції (зокрема швидкісні), а також комплекси, що можуть заряджати до 5-6 машин одночасно. Близько третини зарядних пристроїв компанія виготовляє для внутрішнього ринку, решту — для іноземних компаній. Autoenterprise працює в рамках концепції white label, тобто виготовлені нею зарядні пристрої використовують під своїм брендом компанії по всьому світу.

Компанія має декілька ініціатив у галузі економіки спільної участі (англ. sharing economy). Вона започаткувала програму Charge Sharing, за допомогою якої можна розвивати власну мережу зарядних станцій і надавати послуги заряджання електромобілів за власними тарифами. Також запустили проект AE Car Sharing — похвилинну оренду електротранспорту. Крім цього, Autoenterprise сама розробляє електротранспорт — тролейбуси, трактори і квадроцикли[4].

Перехід на міжнародні автоперевезення із застосуванням електробусів та вантажівок на електричному ході, - є складним процесом, що вимагає розгляду багатьох аспектів, включаючи наявність інфраструктури, економічну доцільність, екологічні стандарти та технологічні можливості.

### **Кроки для переходу на міжнародні електричні автоперевезення**

#### **1. Оцінка попиту та маршруту:**

- 1.1. Визначення ключових ринків та маршрутів для перевезень.
- 1.2. Дослідження конкурентів та їхніх послуг.

#### **2. Ліцензування та регулювання:**

- 2.1. Отримання необхідних ліцензій для міжнародних перевезень.
- 2.2. Ознайомлення з правилами та стандартами, встановленими в країнах, через які проходять маршрути.

#### **3. Інфраструктура та логістика:**

- 3.1. Забезпечення наявності відповідних транспортних засобів.
- 3.2. Визначення пунктів зупинок та обслуговування.

#### **4. Страхування та безпека:**

- 4.1 Оформлення міжнародного страхування для транспорту та вантажу.
- 4.2 Встановлення системи моніторингу та безпеки.

#### **5. Кадрові ресурси:**

- 5.1 Найм водіїв з досвідом міжнародних перевезень.
- 5.2 Забезпечення навчання персоналу з міжнародних норм та стандартів.

Аналізуючи причини, чому електробуси та вантажівки на електричному ходу поки не застосовуються широко в міжнародних перевезеннях, можна визначити наступні пункти:

#### **1. Обмежений запас ходу:**

1.1 Більшість сучасних електробусів мають обмежений запас ходу на одному заряді, що робить їх менш придатними для довгих міжнародних маршрутів.

#### **2. Недостатня інфраструктура зарядки:**

2.1 У багатьох країнах відсутня розвинена інфраструктура для зарядки електробусів на міжнародних трасах.

2.2 Відсутність стандартизованих зарядних станцій у різних країнах.

#### **3. Висока вартість електробусів:**

3.1 Первинна вартість електробусів значно вища порівняно з традиційними дизельними або бензиновими автобусами.

3.2 Високі витрати на встановлення інфраструктури зарядки.

#### **4. Технологічні обмеження:**

4.1 Технології акумуляторів поки що не забезпечують достатню потужність для тривалих міжнародних поїздок.

4.2 Потреба в частих перезарядках та довгий час зарядки.

#### **5. Економічна доцільність:**

5.1 Традиційні автобуси часто є більш економічно вигідними для операторів через їхню надійність та більший запас ходу.

5.2 Переваги від використання електробусів можуть бути менш очевидними в короткостроковій перспективі.

#### **6. Екологічні стандарти та політика**

6.1 Багато країн ще не ввели жорсткі екологічні стандарти, які б змусили перевізників переходити на електричний транспорт.

Хоча електробуси мають великий потенціал, існує низка причин, чому вони ще не стали основним вибором для міжнародних перевезень. Вдосконалення технологій акумуляторів, розбудова інфраструктури зарядки та впровадження жорсткіших екологічних стандартів можуть прискорити перехід на електробуси в майбутньому.

Для прикладу візьмемо маршрут Київ-Кельн. Він є одним із популярних міжнародних автобусних маршрутів, що з'єднує столицю України з одним із великих міст Німеччини. Виконання цього маршруту здійснюється кількома відомими автобусними компаніями, такими як FlixBus, Ecolines та EuroClub. Кожна з цих компаній пропонує свої умови та послуги, але основна суть залишається незмінною — забезпечити комфортну та безпечну подорож пасажирів на значну відстань.

Маршрут між Києвом і Кельном становить приблизно 1,800-1,900 км, залежно від конкретного маршруту, обраного автобусною компанією. Зазвичай, автобуси здійснюють зупинки в таких ключових містах, як Львів (Україна), Перемишль, Краків, Вроцлав (Польща), Берлін, Дортмунд (Німеччина). Ці зупинки не лише дозволяють пасажирам відпочити, а й дають змогу водіям провести необхідні технічні перевірки та заправити автобус. Заправки відбуваються переважно на спеціалізованих автостоянках для автобусів, оснащених сучасними АЗС.

Собівартість виконання маршруту Київ-Кельн на автобусі складається з кількох основних компонентів. Перш за все, це витрати на паливо. Дизельне паливо є основним видом палива для міжміських автобусів. Середня витрата палива на 100 км становить близько 30 літрів. Відповідно, на всю довжину маршруту в 1,800 км витрачається приблизно 540 літрів дизельного палива. З урахуванням середньої ціни дизельного палива в Європі, яка становить близько 1.50-1.80 євро за літр, витрати на паливо можуть скласти близько 864 євро.

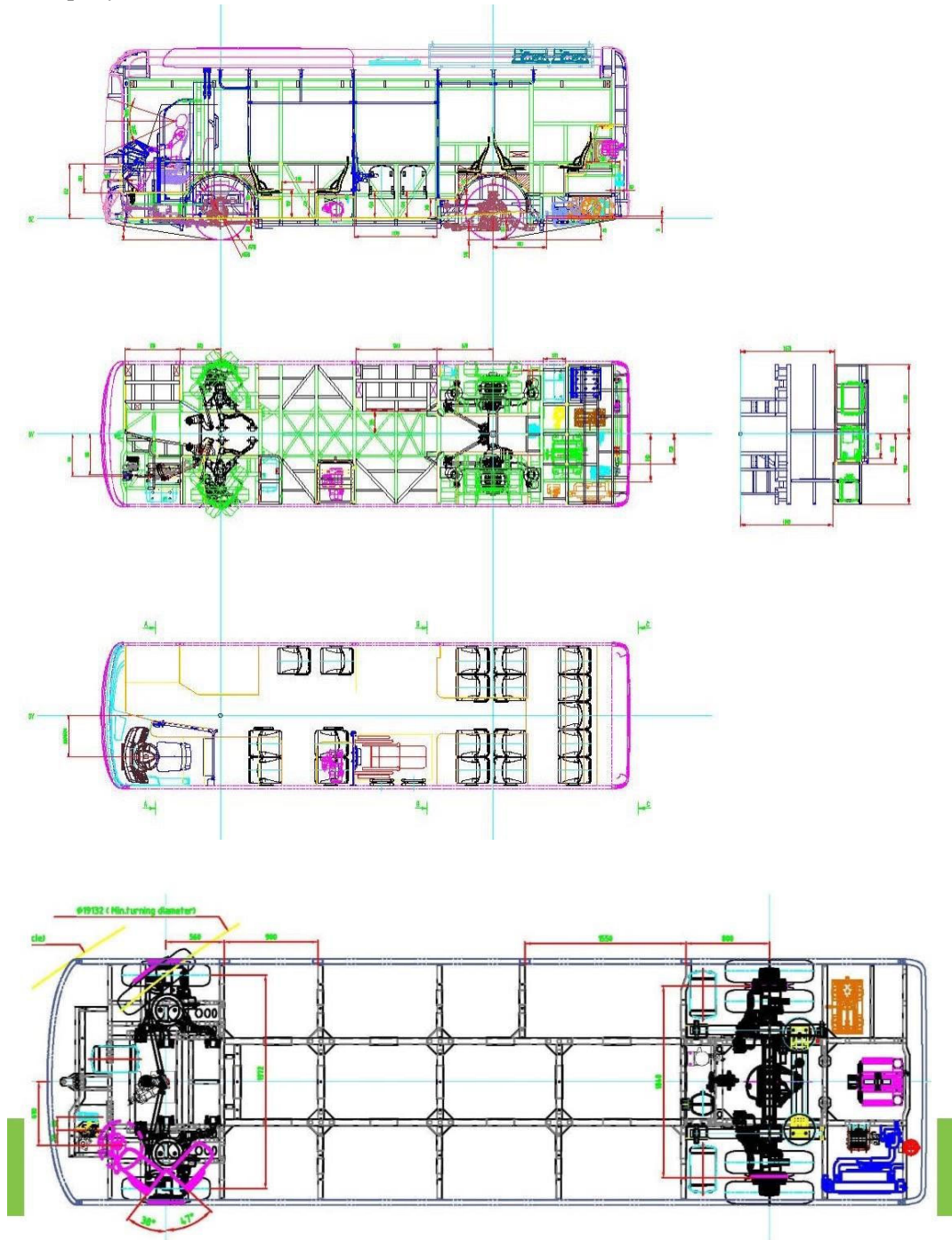
Окрім витрат на паливо, значну частину собівартості складають заробітна плата водіїв, технічне обслуговування автобуса, плата за користування автомагістралями (наприклад, у Польщі та Німеччині), страхування та інші адміністративні витрати. Зарплата водія враховує не лише час у дорозі, але й необхідні відпочинки та зміни водіїв для забезпечення безпеки. Технічне обслуговування включає регулярні перевірки стану автобусу та ремонтні роботи в разі потреби. Плата за користування автомагістралями в різних країнах може суттєво впливати на загальну собівартість маршруту.

У підсумку, загальна собівартість виконання маршруту Київ-Кельн може коливатися від 1,000 до 1,500 євро. Це залежить від багатьох факторів, включаючи конкретні умови та маршрути, обрані автобусними компаніями, поточні ціни на паливо, а також специфіку витрат на технічне обслуговування та інші адміністративні витрати. Виконання цього маршруту є складним процесом, що вимагає ретельного планування та організації, щоб забезпечити комфорт і безпеку пасажирів.

Автобусні перевезення, особливо на такі далекі відстані, такі як маршрут Київ-Кельн, мають значний вплив на екологію через викиди парникових газів. Дизельні двигуни автобусів виробляють велику кількість вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), оксидів азоту (NO<sub>x</sub>) та інших шкідливих речовин, які сприяють забрудненню повітря і глобальному потеплінню. Згідно з дослідженнями, один міжміський автобус може викидати близько 1 кг CO<sub>2</sub> на кожен кілометр шляху. Таким чином, на маршруті в 1,800 км один автобус викидає приблизно 1,800 кг CO<sub>2</sub>, що є значною кількістю і негативно впливає на навколишнє середовище.

У зв'язку з підвищенням екологічної свідомості та розвитком технологій, все більше уваги привертається до можливості використання електробусів на довгих маршрутах. Електробуси не викидають парникових газів під час руху, що значно знижує їхній вплив на екологію. Однак, впровадження електробусів на маршрут Київ-Кельн стикається з певними викликами.

Внутрішня структура електробуса дещо відрізняється від звичайного автобуса, головним чином через наявність електродвигуна та акумуляторних батарей. Розглянемо основні складові частини електробуса.



*Рисунок 1* – Технічна будова електробуса.  
*Figure 1* – Technical structure of an electric bus.

Основні компоненти електробуса:

– Акумуляторні батареї - Акумуляторні батареї є центральним елементом електробуса, оскільки вони забезпечують його енергією. Батареї можуть бути розташовані в різних частинах транспортного засобу: на даху, під підлогою або в задній частині. Вони накопичують електричну енергію, яку електродвигун використовує для приведення автобуса в рух. Залежно від моделі електробуса та умов експлуатації, батареї можуть забезпечувати пробіг на одній зарядці від кількох десятків до сотень кілометрів.

– Електродвигун - Електродвигун є основним джерелом руху в електробусі. Він перетворює електричну енергію з акумуляторних батарей у механічну, що дозволяє транспортному засобу рухатися. На відміну від двигунів внутрішнього згорання, електродвигун працює набагато тихіше і не викидає шкідливих газів, що є значною перевагою для міського середовища.

– Система управління енергією - Система управління енергією контролює заряд і розряд акумуляторів, а також регулює подачу енергії до електродвигуна. Ця система забезпечує оптимальне використання енергії, що сприяє ефективнішій роботі електробуса та подовженню терміну служби батарей. Вона також включає системи відновлення енергії, такі як рекуперативне гальмування, яке дозволяє зберігати енергію під час гальмування для подальшого використання.

– Салон електробуса - Інтер'єр електробуса мало відрізняється від інтер'єру звичайного автобуса. У салоні розташовані сидіння для пасажирів, поручні, місця для інвалідів, а також спеціальні секції для стоячих пасажирів. Однак завдяки електричному двигуну в салоні значно тихіше, що підвищує комфорт для пасажирів. Багато сучасних електробусів оснащені клімат-контролем, який підтримує оптимальну температуру всередині салону незалежно від зовнішніх умов.

– Інформаційні системи - У більшості електробусів встановлені сучасні інформаційні системи, які інформують пасажирів про зупинки, маршрути та інші важливі оголошення. Ці системи можуть включати електронні табло, аудіоінформацію та інші зручності, які роблять поїздки більш комфортними та інформативними.

– Зарядний порт - Для підзарядки батарей електробус обладнаний спеціальним зарядним портом. Зарядка може здійснюватися на станціях швидкої зарядки, що розташовані на кінцевих зупинках або в депо, а також під час нічного простою. Залежно від типу зарядної станції та батарей, повна зарядка може тривати від кількох хвилин до кількох годин.

Основна проблема використання електробусів на далекі відстані полягає в їхній обмеженій автономності. Сучасні електробуси мають запас ходу від 200 до 400 км на одному заряді, що значно менше, ніж необхідно для маршруту довжиною 1,800 км. Це означає, що електробусам знадобиться декілька зупинок для підзарядки протягом поїздки.

Зарядка електробуса може займати від 1 до 4 годин, залежно від потужності зарядної станції та ємності акумулятора. Наявність достатньої кількості швидкісних зарядних станцій вздовж маршруту є важливим аспектом для забезпечення безперебійної роботи електробусів. Відсутність таких станцій або їх недостатня кількість може призвести до значних затримок у графіку маршруту, що є неприпустимим для комерційних перевезень. Крім того, тривала зарядка може вплинути на зручність пасажирів, оскільки час у дорозі значно збільшується.

Використання електробусів на маршруті Київ-Кельн має великий потенціал для зниження негативного впливу на екологію, проте вимагає значних інвестицій в інфраструктуру зарядних станцій та ретельного планування маршруту з урахуванням часу на зарядку. Попри всі переваги, поточний

рівень розвитку технологій ще не дозволяє зробити електробуси повноцінною альтернативою дизельним автобусам на далекі відстані без порушення графіку та зниження комфорту пасажирів.

Одним із перспективних рішень для впровадження електробусів на маршруті Київ-Кельн є використання модульного принципу заміни електричних батарей. Ця технологія дозволяє швидко замінювати розряджені батареї на заряджені, що значно скорочує час простою електробуса. Процес заміни батареї може тривати всього 10-15 хвилин, що порівняно з часом заправки дизельним паливом без черги.

Модульний принцип передбачає використання стандартних змінних батарей, які легко витягуються та вставляються в спеціальні відсіки електробуса. На зупинках, обладнаних для такої заміни, спеціалізовані станції зберігають заряджені батареї. Коли автобус прибуває на таку зупинку, розряджена батарея швидко витягується та замінюється на нову, заряджену. Це дозволяє уникнути довготривалої зарядки і значно підвищує ефективність використання електробусів на далекі відстані.

Основною перевагою модульної заміни батарей є можливість забезпечити безперервний рух електробусів без значних затримок у графіку. Це дозволяє зберегти комфорт пасажирів та конкурентоспроможність електричних транспортних засобів порівняно з дизельними автобусами. Однак, для впровадження цієї системи необхідно створити розвинену інфраструктуру спеціалізованих станцій для заміни батарей уздовж маршруту. Це потребує значних інвестицій та координації між різними зацікавленими сторонами, включаючи транспортні компанії, виробників електробусів та енергетичні компанії.

Застосування модульного принципу заміни електричних батарей може стати ефективним рішенням для впровадження електробусів як на маршруті Київ-Кельн, так і взагалі для всієї системи електробусних міжміських та міжнародних автоперевезень. Ця технологія дозволяє скоротити час простою електробусів до мінімуму та забезпечити безперебійний рух на далекі відстані. Незважаючи на значні початкові інвестиції в інфраструктуру, довгострокові переваги, включаючи зниження викидів парникових газів та покращення екологічної ситуації, можуть зробити цей підхід вигідним та перспективним.

Модульний принцип секційного випуску та експлуатації електричних акумуляторних батарей (АКБ) є інноваційним підходом, який може суттєво покращити ефективність використання електротранспорту, включаючи легкові автомобілі, вантажівки та електробуси. Цей підхід передбачає виробництво АКБ у вигляді секцій-модулів, кожна з яких має ємність приблизно 50-60 кВт·год. Такі модулі можуть бути об'єднані в блоки, що складаються з однієї, двох, трьох або більше секцій.

Кожна секція-модуль має стандартний розмір та інтерфейс для підключення, що дозволяє швидко та легко змінювати їх у процесі експлуатації. Для легкових автомобілів може використовуватися один модуль-секція (може також випускатись для мікролітражес з малим денним пробігом і «половинна» секція в 30 кВт·год), тоді як для вантажівок або електробусів може знадобитися два-три або більше модулів. Такий підхід забезпечує гнучкість у виборі кількості АКБ в залежності від потреб конкретного транспортного засобу.

Суть модульного принципу випуску та експлуатації електричних акумуляторних батарей (АКБ) для електроавтомобілів має бути подібною суті випуску та експлуатації батарейок для пультів телевізорів, тюнерів, кондиціонерів та цілої гами іншої споживчої техніки. Всі вони мають всередині уніфіковані однакового розміру батарейки типів AA, AAA, C, D, які різняться згідно їх розміру (рис. 2). Вони можуть бути різних фірм, ємностей, внутрішнього електрохімічного типу, ціни, але одного типу. Цей принцип має бути впроваджений на стадії проектування та випуску всіх електромобілів,

без винятку. Така розмірна уніфікація дозволить відійти від персоніфікованої дорогої швидкісної зарядки АКБ, звести до мінімуму час заряджання шляхом заміни розряджених батарей на заряджені. Об'єктивна діагностика стану і справності АКБ допоможе вирішити фінансові питання у випадку, коли знімається АКБ з пошкодженнями, а ставиться абсолютно придатна перевірена. Має бути винайдена і сплачена різниця їх вартості, причому це буде тільки вартість відновлення, а не купівлі нової АКБ. Створення мережі таких станцій зарядки та відновлення АКБ, у міжнародному сполученні тощо, дозволить мінімізувати вартість зарядки (заміни АКБ), тому що заряджатись всі АКБ на таких станціях будуть не швидкісним прискореним дорогим методом, а звичайним способом, вночі, коли вартість кВт·год має найменший тариф.



*Рисунок 2* – Використання модульного принципу секційного випуску, експлуатації та заміни споживчих батарейок та АКБ електромобілів.

*Figure 2* – Using the modular principle of sectional production, operation and replacement of consumer batteries and electric vehicle batteries.

Процес заміни модулів-секцій АКБ можна організувати швидко та ефективно. На спеціалізованих станціях розряджені секції-модулі швидко витягуються і замінюються на заряджені. Цей процес займає лише 10-15 хвилин, що в порівнянні з часом заправки дизельним паливом без черги. Така швидкість заміни дозволяє мінімізувати простой та забезпечити безперебійний рух електротранспорту як в міжнародному, міжміському сполученні, так і в містах та сільській місцевості.

Для забезпечення прозорості та ефективності використання АКБ необхідно впровадити систему миттєвої діагностики стану батарей. Ця система дозволяє визначити залишкову ємність кожного модуля при повній зарядці у відсотках. На основі цієї інформації можна організувати систему розрахунків за використання АКБ, де вартість оренди або використання буде залежати від залишкової ємності модулів. Будова сучасних АКБ для електромобілів (рис.3), дозволяє замінювати її складові поелементно, мінімізуючи вартість ремонтних робіт з відновлення нормативної ємності АКБ.

Окрім заміни та використання нових модулів, важливо організувати систему ремонту та відновлення працездатності АКБ. Це включає діагностику несправностей, заміну пошкоджених елементів, перепаковуку модулів та інші технічні процедури, що дозволяють продовжити термін служби батарей. Така система може обслуговувати не лише електробуси, але й інші види електротранспорту, включаючи легкові автомобілі та вантажівки.



**Рисунок 3** – Сучасна будова Li-Ion акумуляторної батареї.

**Figure 3** – Modern structure of the Li-Ion battery.

Для обґрунтування ємності однієї модульної секції акумуляторної батареї (АКБ) на рівні 60 кВт·год, проведемо аналіз ємностей електричних легкових автомобілів, представлених на ринку. Це допоможе визначити середню ємність батарей, врахувати конкуренцію, зниження ємності під час експлуатації та в холодну пору року.

Відповідно до відкритих джерел, ємності АКБ для популярних моделей електромобілів виглядають наступним чином:

- **Tesla Model 3:** 50-82 кВт·год[5]
- **Nissan Leaf:** 40-62 кВт·год[6]
- **Chevrolet Bolt EV:** 66 кВт·год[7]
- **Hyundai Kona Electric:** 64 кВт·год[8]
- **BMW i3:** 42.2 кВт·год[9]
- **Audi e-tron:** 71-95 кВт·год[10]
- **Volkswagen ID.3:** 45-77 кВт·год[11]

Для визначення середньої ємності, візьмемо середнє значення ємностей для кожної моделі і потім знайдемо загальну середню ємність:

- Tesla Model 3:  $(50 + 82) / 2 = 66$  кВт·год
- Nissan Leaf:  $(40 + 62) / 2 = 51$  кВт·год
- Chevrolet Bolt EV: 66 кВт·год

- Hyundai Kona Electric: 64 кВт·год
- BMW i3: 42,2 кВт·год
- Audi e-tron:  $(71 + 95) / 2 = 83$  кВт·год
- Volkswagen ID.3:  $(45 + 77) / 2 = 61$  кВт·год

Загальна середня ємність:

$$\text{Середня ємність} = \frac{66 + 51 + 66 + 64 + 42,2 + 83 + 61}{7} \approx 61,6 \text{ кВт/год}$$

Зважаючи на конкурентне середовище, виробники прагнуть підвищувати ємність батарей для збільшення пробігу на одному заряді. Однак, з часом ємність батарей знижується через старіння, цикли зарядки та розрядки, а також через вплив низьких температур у зимовий період.

Зазвичай, втрати ємності можуть становити до 20% протягом 5-8 років експлуатації. Враховуючи це, 60 кВт·год для однієї модульної секції є розумним значенням, яке враховує зниження продуктивності з часом.

Одна модульна секція АКБ ємністю 60 кВт·год є універсальною та може використовуватися у різних типах транспортних засобів:

- **Легкові автомобілі:** один модуль (60 кВт·год) забезпечить прийнятний пробіг для більшості невеликих міських моделей.
- **Повнопривідні легкові, SUW, джипи:** два модуля (120 кВт·год).
- **Електробуси:** три-чотири модулі (180-240 кВт·год) для забезпечення ефективної роботи на міських маршрутах.
- **Вантажні автомобілі:** два-три модулі (120-180 кВт·год) для забезпечення достатнього пробігу та вантажопідйомності.

Кількість літій-іонних батарей, необхідних для транспортних засобів, таких як легковий автомобіль, джип та SUW (suburban wagon), електробус і вантажівка, залежить від конкретних вимог до ємності батареї, напруги, і конструкції батарейного блоку. Зазвичай це вимірюється не кількістю окремих батарей, а загальною ємністю батарейного блоку. Ось як це працює (рис.4):

#### 1. Легковий автомобіль:

- Ємність батареї: Від 40 до 100 кВт·год.
- Кількість батарейних елементів: Легкові електромобілі, як правило, мають від 4,000 до 7,000 літій-іонних елементів типу 18650 (як у Tesla Model S). Це окремі маленькі батареї, зібрані у модулі.
- Батарейний блок: Містить кілька модулів, кожен з яких складається з сотень батарейних елементів.

#### 2. Джип та SUW:

- Ємність батареї: Від 70 до 150 кВт·год (залежно від моделі).
- Кількість батарейних елементів: Джипи та SUW потребують більшої ємності батареї, ніж легкові авто, тому вони можуть містити від 5,000 до 8,000 елементів, або навіть більше.
- Батарейний блок: Складається з більшої кількості модулів для збільшення ємності та потужності.

#### 3. Електробус:

- Ємність батареї: Від 250 до 600 кВт·год.

– Кількість батарейних елементів: Електробуси можуть мати понад 20,000-30,000 елементів, залежно від потрібної ємності та конструкції батарейного блоку.

– Батарейний блок: Великий блок, який може займати значну частину простору в підлозі або на даху автобуса.

**4. Вантажне авто:**

– Ємність батареї: Від 300 до 800 кВт·год (залежно від розміру та призначення).

– Кількість батарейних елементів: Вантажівки, такі як Tesla Semi, можуть мати від 30,000 до 40,000 елементів або навіть більше.

– Батарейний блок: Високоінтегрований блок, що включає кілька великих модулів, які забезпечують значний запас ходу та потужність для важкого транспорту.



**Рисунок 4** – Кількість літій-іонних модульних секційних АКБ, необхідних для транспортних засобів різного типу.

**Figure 4** – Number of lithium-ion modular sectional batteries required for different types of vehicles.

Показаний на рис.4 зовнішній вигляд АКБ є демонстраційним і може відрізнятися від реального, який автопромисловість буде випускати. Можливі варіанти випуску і спарених, і строєних АКБ, за умов, що буде суворо дотримуватись розмірна їх конфігурація. Кількість літій-іонних батарей для кожного типу транспортного засобу вимірюється тисячами елементів, які зібрані в модулі та блоки. Легкові автомобілі та джипи мають відносно менші батарейні блоки порівняно з електробусами та вантажівками, які потребують більших батарейних блоків через більші енергетичні потреби. Вибір кількості батарейних елементів залежить від бажаної ємності, ваги транспортного засобу та його призначення.

Ємність однієї модульної секції АКБ на рівні 60 кВт·год є оптимальною з огляду на аналіз середніх ємностей батарей сучасних електромобілів, врахування конкуренції та зниження ємності з часом та під впливом зимових умов. Така модульна система дозволяє легко адаптувати кількість секцій відповідно до потреб різних транспортних засобів, забезпечуючи гнучкість та ефективність використання електротранспорту.

Питання технічної та лінійної експлуатації, оптимізації роботи міського електротранспорту, модульний принцип використання міських електробусів не є новими, і знайшли своє відображення в чисельних роботах [12-16].

Модульний принцип випуску та експлуатації АКБ відкриває нові можливості для розвитку електротранспорту. Він забезпечує гнучкість, швидкість та економічну ефективність використання батарей, дозволяючи значно скоротити час простою та підвищити екологічність перевезень. Інвестиції в інфраструктуру для швидкої заміни, діагностики та ремонту АКБ можуть суттєво покращити загальну ефективність та привабливість електротранспорту для широкого кола користувачів.

Перехід а модульний посекційний випуск акумуляторних батарей (АКБ) є важливим завданням для виробників, що дозволить значно підвищити гнучкість, ефективність та зручність використання електротранспорту. Впровадження стандартизованих секцій-модулів відкриває нові можливості для широкого застосування АКБ у різних типах транспортних засобів, від легкових автомобілів до вантажівок та електробусів.

**1. Універсальність і стандартизація:**

– Використання стандартних розмірів секцій-модулів спрощує виробництво та обслуговування АКБ. Однакова конструкція дозволяє легко інтегрувати модулі в різні транспортні засоби.

– Універсальні модулі можуть використовуватися для легкових автомобілів (один модуль), вантажівок (два-три модулі) та електробусів (три-чотири модулі).

**2. Зручність і швидкість заміни:**

– Модульна конструкція дозволяє швидко замінювати розряджені батареї на заряджені, що займає всього 10-15 хвилин. Це значно скорочує час простою та підвищує ефективність використання транспорту.

– Заміна секцій-модулів може бути здійснена на спеціалізованих станціях, забезпечуючи безперебійний рух електротранспорту.

**3. Економічність і гнучкість:**

– Стандартизовані модулі знижують витрати на виробництво та обслуговування АКБ. Масове виробництво однакових модулів є економічно вигідним.

– Водії можуть обирати кількість модулів відповідно до своїх потреб, що дозволяє оптимально використовувати ресурси та знижувати загальні витрати.

Перед виробниками стоять наступні завдання:

**1. Розробка стандартів:**

– Виробники АКБ мають спільно розробити та впровадити стандарти для секцій-модулів, включаючи розміри, підключення та інтерфейси. Це забезпечить сумісність модулів між різними марками та моделями транспорту.

**2. Впровадження інфраструктури:**

– Необхідно створити мережу спеціалізованих станцій для швидкої заміни секцій-модулів, обладнаних усім необхідним для ефективного обслуговування АКБ.

– Станції повинні бути розташовані стратегічно вздовж основних маршрутів, щоб забезпечити зручність користувачів та мінімізувати час простою.

**3. Розробка системи діагностики та ремонту:**

– Виробники повинні впровадити системи миттєвої діагностики стану батарей, що дозволяють визначити залишкову ємність та інші параметри модулів.

– Організація системи ремонту та відновлення працездатності АКБ є критично важливою для забезпечення довгострокової ефективності та економічності модульних батарей.

Перехід на модульний посекційний випуск АКБ з однаковими стандартними розмірами секцій-модулів дозволить підвищити гнучкість та ефективність використання електротранспорту, забезпечити зручність та швидкість заміни батарей, а також знизити загальні витрати на виробництво та обслуговування АКБ.

Для розрахунку економічної ефективності модульної системи акумуляторних батарей (АКБ) на міжнародному рейсі Київ-Кельн, необхідно врахувати кілька ключових аспектів: вартість електроенергії, витрати на зарядку та заміну батарей, обслуговування та зниження викидів CO<sub>2</sub>. Порівняємо ці витрати з традиційним дизельним транспортом.

Вихідні дані та припущення

1. Відстань маршруту Київ-Кельн: приблизно 1700 км.
2. Середня витрата електроенергії для електробуса: 1,2 кВт·год на км.
3. Ціна електроенергії: €0.15 за кВт·год.
4. Ємність однієї секції АКБ: 60 кВт·год.
5. Кількість секцій АКБ для електробуса: 4 секції (загальна ємність 240 кВт·год).
6. Середня відстань на одному заряді: 240 км.
7. Час заміни секцій: 15 хвилин.
8. Кількість необхідних замін на рейсі: 7 замін.
9. Середня вартість дизельного палива: €1.50 за літр.
10. Середня витрата дизельного палива: 30 літрів на 100 км.

Розрахунок витрат на електробус

Вартість електроенергії на весь маршрут:

$$\text{Загальна витрата електроенергії} = 1700 \text{ км} * 1,2 \text{ кВт} \cdot \frac{\text{год}}{\text{км}} = 2040 \text{ кВт/год}$$

$$\text{Вартість електроенергії} = \frac{2040 \text{ кВт}}{\text{год}} * \frac{\text{€}0,15}{\text{Вт}} = \text{€}306$$

Вартість заміни секцій:

Припустимо, що вартість заміни секцій становить €10 за кожну зміну, включаючи витрати на обслуговування та експлуатацію станцій заміни.

$$\text{Вартість заміни секцій} = 7 * \text{€}10 = \text{€}70$$

Загальні витрати на електробус:

$$\text{Загальні витрати} = \text{€}306 + \text{€}70 = \text{€}376$$

Вартість дизельного палива на весь маршрут:

$$\text{Загальна витрата дизельного палива} = \frac{1700 \text{ км}}{100} * \frac{30 \text{ л}}{100 \text{ км}} = 510 \text{ л}$$

$$\text{Вартість дизельного палива} = 510 \text{ л} * \frac{\text{€}1,5}{\text{л}} = \text{€}765$$

Тепер порівняємо витрати.

Економія на електробусі:

$$\text{Економія} = \text{€}765 - \text{€}376 = \text{€}389$$

Додаткові фактори:

1. **Зниження викидів CO<sub>2</sub>:** Використання електробусів замість дизельних автобусів значно зменшує викиди парникових газів. Враховуючи, що один літр дизельного палива викидає приблизно 2.68 кг CO<sub>2</sub>, економія складає:

$$510\text{л} * 2,68\text{кг} \frac{\text{CO}_2}{\text{л}} = 1366,8 \text{ кг CO}_2$$

2. **Вартість обслуговування:** Електробуси зазвичай мають нижчі витрати на обслуговування порівняно з дизельними автобусами через меншу кількість рухомих частин і меншу зношеність.

3. **Інфраструктурні витрати:** Впровадження станцій для швидкої заміни модульних секцій потребує початкових інвестицій, однак у довгостроковій перспективі ці витрати можуть бути компенсовані завдяки зниженню експлуатаційних витрат.

Для цього прикладу ми навмисно нівелюємо вартістями дизельного міжнародного автобусу і електробусу. Ми вважаємо, що майбутня вартість електробусу незабаром швидко зрівняється з вартістю автобусу з ДВЗ. Тенденція зменшення ціни електроавтомобілів в світі наразі це підтверджує. Діюче виробництво електробусів обов'язково буде мати тренд спочатку порівняння цін, а згодом і відносного зменшення ціни електробусу у порівнянні з ціною автобусу з ДВЗ. Не враховуємо ми також і вартість експлуатаційних матеріалів (мастила, антифризи, гальмівні та трансмісійні рідини, т.і.), ТО, які для авто з ДВЗ завідомо більші. Не враховується в повному обсязі також вартісна оцінка основної переваги електромобілів – екологічний ефект. Електробуси не мають шкідливих викидів, на відміну від авто з ДВЗ.

Перехід на модульну систему АКБ для міжнародного рейсу Київ-Кельн є економічно вигідним. Загальні витрати на електробус (€376) значно нижчі порівняно з витратами на дизельний автобус (€765), що дозволяє зекономити €389 за один рейс. Окрім економії коштів, використання електробусів знижує викиди CO<sub>2</sub> на 1366.8 кг за один рейс, що сприяє покращенню екологічної ситуації. Впровадження модульної системи потребує інвестицій у розробку інфраструктури, але довгострокові вигоди значно перевищують ці витрати.

**Висновок:**

Перехід на використання електробусів із модульною секційною системою акумуляторних батарей (АКБ) для міжнародних маршрутів, таких як Київ-Кельн, демонструє значні економічні та екологічні переваги. Розрахунки показують, що електробус є економічно вигіднішим порівняно з дизельним автобусом. Загальні витрати на електробус складають €376, тоді як витрати на дизельний автобус досягають €765. Це дозволяє зекономити €389 за один рейс.

Важливо зазначити, що електробуси суттєво зменшують викиди парникових газів. Один рейс електробуса знижує викиди CO<sub>2</sub> на 1366.8 кг, що сприяє покращенню екологічної ситуації. Використання електробусів зменшує залежність від викопних видів палива, знижуючи вуглецевий слід транспортного сектору.

Модульна секційна система застосування АКБ є універсальною і гнучкою. Використання стандартизованих секцій-модулів забезпечує швидку заміну батарей на всіх типах електромобілів, що займає лише 10-15 хвилин, аналогічно до часу заправки дизельним паливом. Це значно підвищує ефективність та зручність експлуатації електробусів та інших типів електроавто. Впровадження мережі станцій для швидкої заміни батарей уздовж основних маршрутів забезпечить безперебійний рух транспорту, мінімізуючи час простою.

Використання електробусів на міжнародних маршрутах є вигідним як з економічної, так і з екологічної точки зору. З розвитком технологій та збільшенням виробництва, вартість АКБ буде знижуватися, а їх ефективність та ємність зростатимуть. Це дозволить збільшити пробіг на одному заряді та зменшити витрати на електроенергію.

Інвестиції у створення інфраструктури для швидкої заміни модульних батарей потребують початкових капіталовкладень, але довгострокові вигоди від їх впровадження значно перевищують ці витрати. Система миттєвої діагностики та ремонту АКБ забезпечить їхню надійність та тривалий термін експлуатації, знижуючи загальні витрати на обслуговування.

Враховуючи всі наведені факти, перехід на електробуси з модульною секційною системою АКБ для міжнародних маршрутів є перспективним напрямком розвитку транспортного сектору. Це сприятиме зниженню експлуатаційних витрат, покращенню екологічної ситуації та підвищенню ефективності використання транспорту. У майбутньому електробуси можуть стати основним видом транспорту на міжнародних маршрутах, забезпечуючи стійкий розвиток та комфорт для пасажирів.

#### Перелік посилань

1. Вплив міжнародного ринку електромобілів на розвиток інфраструктури доріг. URL: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/193094-Текст%20статті-430233-1-10-20200127.pdf>
2. Переваги та недоліки електромобілів. URL: <https://carbazar.lviv.ua/perevagi-ta-nedoliki-elektromobiliv/>
3. Використання електробусів на автотранспортних підприємствах. URL: [https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk\\_kntu/article/view/445/424](https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/445/424)
4. Розвиток інфраструктури для електромобілів. URL: <https://eu4business.org.ua/success-stories/developing-the-infrastructure-for-electric-cars>
5. InsideEVs: Tesla Model 3 Specs & Range. URL: <https://insideevs.com/news/724629/tesla-model-3-range/>
6. Car and Driver: Nissan Leaf Review. URL: <https://www.caranddriver.com/nissan/leaf>
7. MotorTrend: Chevrolet Bolt EV Review. URL: <https://www.motortrend.com/cars/chevrolet/bolt-ev/>
8. Edmunds: Hyundai Kona Electric. URL: <https://www.edmunds.com/hyundai/kona-electric/>
9. Autocar: BMW i3 Review. URL: <https://www.autocar.co.uk/car-review/bmw/i3-s-2017-2022>
10. Top Gear: Audi e-tron Review. URL: <https://www.topgear.com/car-reviews/q8-e-tron>
11. Auto Express: Volkswagen ID.3. URL: <https://www.autoexpress.co.uk/volkswagen/id3>
12. Порфіренко В.І., Кудін Є.Р. Проблеми масового переходу на електрифікацію автотранспорту та шляхи їх вирішення. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2023. – Вип. 1 (55). С.229-239. [https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2023-1-55-229-239](https://doi.org/10.33744/2308-6645-2023-1-55-229-239).
13. Porfirenko V. Ways of Optimizing the Environmental and Operational Mobility of Passenger Transportation in Megacities / Volodymyr Porfirenko, Dmytro Dekhtiarenko, Liliia Lytvyshko, Mykola Hrebelyuk, Valentyna Artemchuk, Oleksii Parokhnenko// Book Title: Digitalisation: Opportunities and Challenges for Business. Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 2. Publisher Springer Cham. Scopus issue. March 2023. P. 720-732. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-26956-1>
14. Порфіренко В.І., Кудін Є.Р. Заходи мінімізації забруднення довкілля при експлуатації автотранспорту. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-

технічний збірник. К.: НТУ, 2022. Вип. 3 (53). С.301-311. [https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-3-53-301-311](https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-3-53-301-311).

15. Порфіренко В.І. Інноваційний модульний розвиток мережі електробусних пасажирських перевезень в мегаполісах : « Інноваційний розвиток транспортного комплексу: монографія / За загал. редакцією проф. Ложачевської О.М. Київ: Міленіум, 2021. С. 130-140.

16. Порфіренко В.І., Дехтяренко Д.П., Гребельник М.М., Хобта М.О. Транспорт мегаполісів: сучасний стан, проблеми, реінжиніринг та екологічне вдосконалення. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». Науково-технічний збірник. К. : НТУ, 2022. Вип. 2 (52). С.224-233. [https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-2-52-224-233](https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-2-52-224-233).

### INTERNATIONAL TRANSPORTATION BY ELECTRIC VEHICLES: ADVANTAGES OF USING THE MODULAR PRINCIPLE OF SECTIONAL RELEASE AND BATTERY REPLACEMENT

**Porfirenko Volodymyr I.**, Ph.D., associate professor, National transport university, associate professor department of management, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com), tel. +380 67 503 44 33, Ukraine, 01010, Kyiv, Mykhayla Omelyanovycha-Pavlenka str., 1, of. 242.

**Kudin Yevheniia R.**, master, National transport university, e-mail: [zheniya2003@gmail.com](mailto:zheniya2003@gmail.com), tel. +380951229408, Ukraine, 01010, Kyiv, Mykhayla Omelyanovycha-Pavlenka str., 1, of. 242.

**Abstract.** The article is devoted to the study of the development of the production and operation of electric buses in international transportation. The latest electric buses with modern equipment play a special role. The use of electric buses in international transportation is gaining popularity due to their numerous advantages. This new form of transport opens up new opportunities for reducing the impact on the environment and improving air quality. At the same time, there are certain challenges that require attention when switching to electric buses on international routes.

The object of the research is the development of electric buses for international transportation.

The purpose of the work is to study the impact of electric buses on the environment and the effectiveness of their use in international transportation.

Research methods - statistical and comparative methods.

An analysis of the transition to electric buses in Ukraine was carried out. A comparative analysis of the main advantages and disadvantages of electric buses was carried out. An analysis of the ways of development of electric buses in the world was carried out. Based on the analyzed data, ways of popularization and development of electric buses in Ukraine were proposed.

**Key words:** electric buses, electric car, innovative modular method of battery release and replacement, unification, international transportation, accumulatory batteries, efficiency of electric transportation, disposal, energy.

#### References

1. The impact of the international market of electric vehicles on the development of road infrastructure. URL: <file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/193094-Text%20article-430233-1-10-20200127.pdf>

2. Advantages and disadvantages of electric cars. URL: <https://carbazar.lviv.ua/perevagi-ta-nedoliki-elektromobiliv/>

3. Use of electric buses at motor transport enterprises. URL: [https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk\\_kntu/article/view/445/424](https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/445/424)

4. Development of infrastructure for electric vehicles. URL: <https://eu4business.org.ua/success-stories/developing-the-infrastructure-for-electric-cars>
5. InsideEVs: Tesla Model 3 Specs & Range. URL: <https://insideevs.com/news/724629/tesla-model-3-range/>
6. Car and Driver: Nissan Leaf Review. URL: <https://www.caranddriver.com/nissan/leaf>
7. MotorTrend: Chevrolet Bolt EV Review. URL: <https://www.motortrend.com/cars/chevrolet/bolt-ev/>
8. Edmunds: Hyundai Kona Electric. URL: <https://www.edmunds.com/hyundai/kona-electric/>
9. Autocar: BMW i3 Review. URL: <https://www.autocar.co.uk/car-review/bmw/i3-s-2017-2022>
10. Top Gear: Audi e-tron Review. URL: <https://www.topgear.com/car-reviews/q8-e-tron>
11. Auto Express: Volkswagen ID.3. URL: <https://www.autoexpress.co.uk/volkswagen/id3>
12. Porfirenko V.I., Kudin E.R. Problems of the mass transition to the electrification of motor vehicles and ways to solve them. Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences". Scientific and technical collection. - K.: NTU, 2023. - Issue 1 (55). P.229-239. [https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2023-1-55-229-239](https://doi.org/10.33744/2308-6645-2023-1-55-229-239).
13. Porfirenko V. Ways of Optimizing the Environmental and Operational Mobility of Passenger Transportation in Megacities / Volodymyr Porfirenko, Dmytro Dekhtiarenko, Liliia Lytvynshko, Mykola Hrebelynyk, Valentyna Artemchuk, Oleksii Parokhnenko// Book Title : Digitalisation: Opportunities and Challenges for Business. Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 2. Publisher Springer Cham. Scopus issue. March 2023. P. 720-732. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-26956-1>
14. Porfirenko V.I., Kudin E.R. Measures to minimize environmental pollution during the operation of motor vehicles. Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences". Scientific and technical collection. K.: NTU, 2022. Vol. 3 (53). P. 301-311. [https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-3-53-301-311](https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-3-53-301-311).
15. Porfirenko V.I. Innovative modular development of the network of electric bus passenger transportation in megacities: "Innovative development of the transport complex: monograph / In general. edited by Prof. Lozhachevska O.M. Kyiv: Millennium, 2021. P. 130-140.
16. Porfirenko V.I., Dekhtyarenko D.P., Grebelnyk M.M., Khobta M.O. Transportation of megacities: current state, problems, reengineering and ecological improvement. Bulletin of the National Transport University. Series "Economic Sciences". Scientific and technical collection. K.: NTU, 2022. Vol. 2 (52). P.224-233. [https:// DOI: 10.33744/2308-6645-2022-2-52-224-233](https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-2-52-224-233).