

Шифр роботи
«Електровантажівка»

Наукова робота студента:

ЕКОЛОГІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ
ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В УКРАЇНІ

Напрямок «Екологічна безпека комплексу «автомобіль-навколишнє середовище»

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз останіх досліджень та публікацій.....	6
1.1 Переваги та недоліки електромобілів	6
1.2 Результати дослідження електромобілів.....	7
1.3 Методи оцінки екологічної ефективності застосування альтернативних джерел енергії.....	14
1.3.1 Порівняльна характеристика автомобіля з ДВС і електромобіля.....	14
1.3.2 Екологічна ефективність використання електромобілів.....	17
2 Розробка методики дослідження.....	20
3 Результати дослідження.....	21
3.1 Визначення економічної ефективності використання вантажного електротранспорту з врахуванням екологічного ефекту.....	21
3.2 Перевірка результатів дослідження.....	27
Висновки.....	25
Перелік джерел посилання.....	26
Додатки.....	30

ВСТУП

Необхідною умовою для забезпечення соціально-економічного розвитку держави, покращення конкурентоздатності національної економіки, підвищення рівня життя населення є ефективне функціонування транспортної галузі. Сьогодні висуває до підприємств галузі більш жорсткі вимоги стосовно якості послуг з перевезення вантажів і пасажирів. Наприклад, більш вимогливі показники стосуються комфортності користування громадським транспортом, регулярності сполучення, безпечності поїдки, інформативності й доступності тарифів та ін. аспектів якості послуг з перевезень пасажирів у зв'язку з обраним Україною курсом на євроінтеграцію. У свою чергу проблема якості послуг вимагає невідкладного вирішення питань технічного переоснащення та модернізації об'єктів транспортної інфраструктури.

Дослідження негативних наслідків експлуатації автотранспортного комплексу дозволяє визначити два шляхи впливу автомобільного транспорту на природне середовище з урахуванням його недостатньо високого рівня еколотехнологічної досконалості. По-перше, транспорт споживає значну кількість природних матеріалів і сировини, перш за все, невідновлюваних і дефіцитних енергоносіїв, таких, наприклад, як нафта або газ, а по-друге – забруднює навколишнє середовище.

На сьогоднішній день вчені активно займаються пошуком альтернативних джерел енергії для автомобілів, які можливо використовувати з метою покращення його економічних та екологічних показників.

Застосування електромобілів економічно вигідне внаслідок меншої вартості електроенергії у порівнянні з нафтовими паливами. Але на першому місці стоїть локальний екологічний ефект в місцях використання.

1 АНАЛІЗ ОСТАНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

1.1 Переваги та недоліки електромобілів

Електромобіль - автомобіль, який приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від автономного джерела електроенергії (акумуляторів, паливних елементів і т.п.), а не двигуном внутрішнього згоряння [1]. Електромобілі мають цілий ряд переваг і недоліків.

Переваги електромобілів:

- Зниження витрат на паливо. Вартість нафтових палив постійно зростає і вони витрачаються у великих кількостях, а витрати на електроенергію для підзарядки акумулятора повинні виявитися набагато меншими цих витрат.
- Зниження забруднення навколишнього середовища. Працюючий двигун електромобіля не виділяє шкідливих газів в навколишнє середовище. В ідеалі, щоб знизити вплив на навколишнє середовище, електроенергію треба отримувати з чистих, поновлюваних джерел.
- Зниження шуму. Електромобілі здатні забезпечувати тихий і плавний розгін, з більш швидким прискоренням.
- Безпека. Електромобілі проходять ті ж процедури тестування, що і звичайні автомобілі. Таким чином, в разі зіткнення спрацюють подушки безпеки, датчики зіткнення відключають акумулятори, так що електромобіль зупиниться.
- Вартість. Пройшли ті часи, коли електромобілі коштували величезні гроші. Раніше батареї були дуже дорогими, але при масовому виробництві їх вартість знижується.
- Надійність. Через меншу кількість деталей і вузлів, підвищується надійність електромобіля і, як наслідок, зменшуються витрати на ремонт і обслуговування.

Недоліки електромобілів:

- Необхідність станцій для підзарядки. З 2016 року збиралися відкрити мережу станцій для підзарядки, однак поки що інфраструктура знаходиться в зародковому стані.

- Електрика не безкоштовна. Варто звернути увагу на те, що у електромобілів різна витрата електроенергії.
- Короткий пробіг на одній зарядці і обмежена швидкість. Більшість електромобілів можуть проходити приблизно від 160 до 240 км без підзарядки. Хоча деякі моделі можуть пройти до 480 км без підзарядки.
- Час зарядки. Для повної зарядки електромобіля потрібно близько 8-10 годин.
- Необхідність заміни батареї. Заміна проводиться через кожні 3-10 років.

1.2 Результати дослідження електромобілів

Незважаючи на існуючі недоліки, світовий обсяг продажів електромобілів продовжує зростати (рис. 1.1) [2].

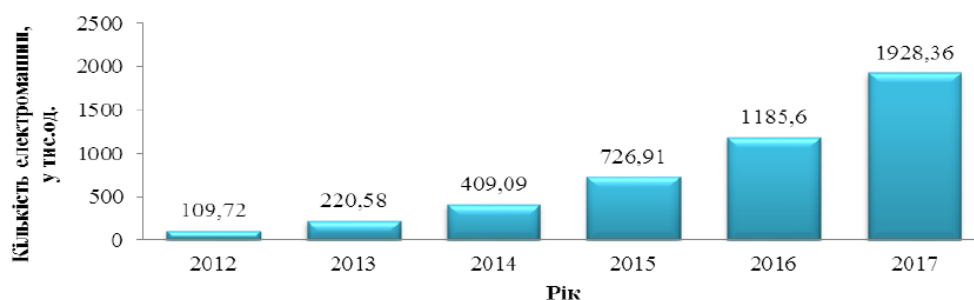


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни парку електромобілів в світі в період з 2012 по 2017 р.р.(у тис.од.)

На рисунку 1.2 наведено дані щодо частки електромобілів від продажу всіх типів авто у 2017 році [3].

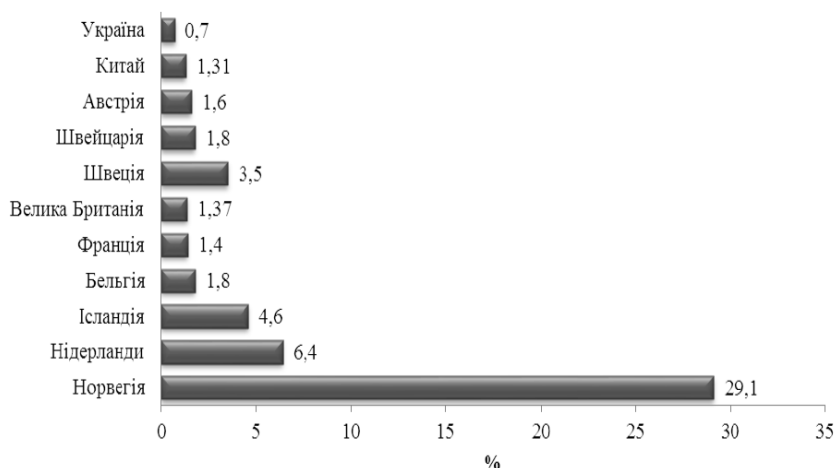


Рисунок 1.2 – Частка електромобілів від продажу всіх типів авто у 2017 році

Головною перевагою електромобілів вважається екологічність в зоні їх експлуатації. Р.Л. Петров в своїх роботах описує метод WTW-аналізу (well-to-wheel - «від свердловини до колеса»), застосований для оцінки екологічності того чи іншого транспортного засобу [4, 5]. Цей метод дозволяє комплексно охопити повну оцінку екобалансу при перетворенні і трансформації енергоносія з первинного ресурсу в корисну енергію руху транспортного засобу.

За даними Р.Л. Петрова [4], корисна енергія, що витрачається на пересування легкового електромобіля, становить 0,43-0,54 МДж / км шляху. ККД електродвигуна становить 88-95%, а ККД трансмісії електромобіля можна порівняти з ККД трансмісії для автомобіля з ДВЗ (80-90%). Таким чином, кількість витраченої енергії в електромобілі становитиме 0,54-0,70 МДж / км.

У таблиці 1.1 представлені результати розрахунку енергії (за методом WTW-аналізу), віднесеної до 1 км шляху руху електромобіля, що виділяється при спалюванні палива на електростанціях з урахуванням ефективності виробництва і передачі електроенергії, а також з урахуванням частки ТЕС у загальному виробництві електроенергії. Також в таблиці 1.1 представлені результати розрахунку емісії CO₂ при спалюванні палива на ТЕС в розрахунку на 1 км руху електромобіля.

Таблиця 1.1 – Розрахунок відносної кількості електроенергії і відносної емісії CO₂ в розрахунку на 1 км шляху електромобіля

Показник	Значення		
1	2		
Відносна витрата електроенергії, споживаної електромобілем з урахуванням ККД електродвигуна і трансмісії, МДж / км	0,56 – 0,70		
Відносна витрата електроенергії з урахуванням ККД транспортування електроенергії і перетворення напруги, МДж / км	0,8 – 1,0		
Відносна кількість виробленої електроенергії, що припадає на частку ТЕС, МДж / км	0,54 – 0,68		
Паливо, що використовується на ТЕС	Природний газ	Вугілля	Рідке паливо
Питомі кількість викидів CO ₂ , кг / кг палива	2,8	3,3	3,1
Відносна емісія CO ₂ , еквівалентна питомій витраті конкретного виду палива, г / км	59 – 76	66 – 86	
Загальна емісія CO ₂ , г / км	128 – 165		

Відносно автомобіля на ДВЗ відповідь на питання про ККД буде різним, оскільки в одному випадку мова буде про «корисну роботу», в іншому про ККД на валу двигуна («корисну потужність»), в третьому про ККД «на колесі» [6].

Коли говорять про ККД двигуна найчастіше мова йде про «корисну роботу». В автомобільного дизеля ККД «корисної роботи» максимум 42%, а у бензинового ДВЗ ККД «корисної роботи» нижчий 35% [6].

Якщо ж вести мову про ККД «корисної потужності» враховуючи паливну ефективність і механічні втрати, то підсумковий ККД становить близько 25% у автомобіля з дизелем і 20% у автомобіля з бензиновим ДВЗ.

Вал двигуна з колесами з'єднує трансмісія, тобто коробка передач і привід. В середньому ККД трансмісії приймають рівним 90% з механічною коробкою передач, 85-87% з автоматичною коробкою передач. Підсумковий ККД «на колесі» становить близько 22,5% автомобіля з дизельним двигуном і 18% автомобіля з бензиновим двигуном.

Європейський суд загальної юрисдикції у Люксембурзі 13 грудня 2018 року підтвердив правомочність заборони руху дизельних автомобілів нового покоління в населених пунктах Європи, частково скасував розпорядження Європейської комісії від 2016 року, яке регулює норми вихлопів продуктів згоряння дизельних автомобілів з двигунами класу Євро-6. Також цього дня суд задовольнив спільний позов Парижа, Брюсселя і Мадрида, дозволивши їм оскаржувати розширені Єврокомісією граничні норми викидів оксидів азоту.

Йдеться про введення у ЄС нової системи тестування рівня вихлопних газів RDE (Real Driving Emissions), в якій викиди вимірюються не в лабораторії, як раніше, а в умовах вуличного руху. Єврокомісія підвищила максимальні норми викидів оксидів азоту з 80 мг/км до 168 мг/км на час перехідного періоду і до 120 мг/км - після нього, пославшись на неточності при вимірюванні вихлопів. Суд визнав це рішення недійсним [7].

У Німеччині після задоволення судових позовів Deutsche Umwelthilfe був заборонений в'їзд на певні вулиці для дизельних і бензинових автомобілів старих моделей у Штутгарті, Гамбурзі, Берліні, Кельні, Бонні, Франкфурті-на-Майні і деяких інших містах. Йдеться про дизельні машини з екологічним стандартом Євро-4 і Євро-5.

За даними Товариства автовиробників і трейдерів Великобританії, з 2010 року в країні було зареєстровано понад 35 тисяч електромобілів [8].

У Франції уряд вирішив використовувати всі способи, що дозволяють оновити існуючий автопарк громадян, суттєво збільшивши частку електромобілів і гібридів. Зараз тут розглядають нову ініціативу, яка передбачає фінансову допомогу власникам автомобілів віком від 13 років і більше при купівлі електромобіля або гібрида. Ініціатива виходить від Міністерства екології, розвитку, транспорту і житлового будівництва. На думку чиновників, старі автомобілі є джерелом значної кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу. Їх «внесок» в забруднення атмосфери набагато вищий, ніж частка більш нових автомобілів, в яких двигуни виготовлялися за

сучасними технологіями. При бажанні замінити свій автомобіль на більш новий, власник старого авто отримає компенсацію в розмірі до € 10000, якщо планує купити електромобіль, і близько € 6500, якщо планує купити гібрида [9].

Крім того, у Франції фірми RATP і BlueBus відкрили перший регулярний маршрут громадського транспорту, на якому їздять тільки 100% електричні автобуси.

У Норвегії, за інформацією місцевої асоціації електромобілів, починаючи з 90-х років, здійснили цілий ряд поетапних кроків, щоб зробити покупку електромобіля більш привабливою [10]. Наприклад, для електрокарів скасували імпорتنний і щорічний реєстраційний збір, ввели нульову ставку ПДВ, скасували податок для корпоративних авто. Водіям електрокарів дозволили не платити за платні дороги і надали право користуватися смугами для міського транспорту.

У Нідерландах покупці електромобілів звільняються від сплати податку при реєстрації (BPM) і збору за користування дорогами (MRB).

Уряд Німеччини обіцяє покупцям знижки в 4 тисячі євро при покупці електромобіля і 3 тисячі євро при покупці гібрида. Франція пропонує "еко-бонуси" покупцям транспорту з низькими викидами відпрацьованих газів – до 6 300 євро.

За даними Європейської асоціації виробників автомобілів різні податкові заохочення також існують в Греції, Австрії, Великобританії, Португалії та інших країнах.

Хоча придбання електрокарів в межах Європейського Союзу порівняно зі звичайними автомобілями поки недостатньо високі, але інтерес помітно зростає, а інфраструктура - розширюється. За даними Європейської асоціації виробників автомобілів, в 2015 році кількість зареєстрованих в ЄС електромобілів зросла вдвічі. Так, згідно зі звітом, протягом 2015 року в Євросоюзі було зареєстровано 146 161 електрокарів в порівнянні з 69 996 таких авто в 2014 році [10].

Компанії Lion Electric Co. (Lion) і Voivin Évolution (BEV) представили першу в світі 100% електричну вантажівку 8 класу з електричною трансмісією і автоматичним накопичувальним бункером [12]. Новий сміттевоз складається з електричного шасі Lion8 і повністю електричного автоматизованого бункера BEV з бічним завантаженням. В якості силової установки новий сміттевоз отримав потужний електродвигун на 350 кВт з обертовим моментом 3500 Нм. Для живлення систем і двигуна встановлені високоефективні літій-іонні акумулятори (NMC), які видають до 480 кВт/год і дозволяють на одній зарядці проходити 400 км.

Безумовними перевагами нової електричної вантажівки є його оптимальна оглядовість і радіус повороту, а також те, що насосів, труб, шлангів, а гідравлічної рідини не потрібно, оскільки всі рухи бункера і важеля приводяться в дію батареєю. Крім того, очікується, що транспортний засіб скоротить експлуатаційні витрати, заощадивши до 80% на загальних енерговитратах і на 60% знизивши витрати на обслуговування, завдяки електричній силовій установці та трансмісії, яка не вимагає технічного обслуговування і системі рекуперативного гальмування транспортного засобу, що забезпечує більш тривалий життєвий цикл гальмівних систем.

Існує думка, згідно якої автомобілі на електричній тязі підходять тільки для руху в межах міста, а для переміщень на далекі відстані вони не такі ефективні. Ця думка не раз спростовувалася власниками електрокарів Tesla, які легко здійснювали дальні поїздки [13]. Одним підтвердженням того є новий рекорд, встановлений в липні 2019 року власником Model 3 Бьорном Ніландом (Bjørn Nyland). Їздячи по дорогах Німеччини за 24 години він зумів подолати 2781 км. Для зарядки батарей Бьорн використовував зарядні станції IONITY (195кВт), які заряджають значно швидше в порівнянні з Supercharger v2 (120кВт). Попереднє рекордне досягнення, рівне 2644 км і встановлене в 2018 році, належало Герману Хорста Люнінгу (German Horst Lüning).

Новий рекордсмен підкреслив, що в процесі їзди дотримувалися всіх правил дорожнього руху. Переважно він переміщався по німецьких автобанах

на швидкості до 170 км / год. Завдяки тому, що автомобіль їхав досить швидко між зупинками, показник середньої швидкості руху дорівнював 115 км / год. У своєму марафоні Ніланд сконцентрувався на високій швидкості і зарядки акумуляторів приблизно до 50%, оскільки багато станції заряджають батарею повільніше, коли є значний запас потужності. За 24 години автомобілю потрібно більше 850 кВт · год електроенергії, що приблизно дорівнює 10 повних циклів зарядки батареї Tesla Model 3 [13].

Не задовго після рекорду автомобіля Tesla Model 3 в серпні 2019 року компанія Porsche опублікувала результати вражаючого тесту на витривалість для електромобіля Таусан: дослідний зразок електрокара подолав за 24 години 3425 км [14].

Раніше німецький автовиробник заявив про те, що на відміну від інших високопродуктивних електричних транспортних засобів, таких як електромобілі Tesla, Таусан здатний стабільно підтримувати більш високу вихідну потужність протягом тривалого періоду часу.

В ході попереднього тестування Porsche Таусан виконав 30 послідовних стартів з 0 до 124 миль на годину (193 км / год), щоб продемонструвати перевірену високу вихідну потужність електрокара.

Нинішній тест на витривалість електрокара був ще жорсткіше. На випробувальному треку Нардо в Італії електромобіль Таусан рухався зі швидкістю від 195 до 215 км / год протягом 24 годин з перервами на зарядку батареї і заміну водія. Також важливо відзначити, що випробування проводилося «при максимальних температурних межах 42°C і при температурі дорожнього покриття до 54°C.

1.3 Методи оцінки екологічної ефективності застосування альтернативних джерел енергії

1.3.1 Порівняльна характеристика автомобіля з ДВС і електромобіля

Проведемо порівняльну характеристику автомобіля з ДВЗ і електромобіля за різними параметрами. Для цього коротко викладемо основоположні відмінності між цими двома видами транспорту [26].

У таблиці 1.3 представлені основні критерії, за якими буде проводитися порівняння.

Таблиця 1.3 – Основні відмінності автомобіля з ДВЗ і електромобіля

Характеристика	Електромобіль	Автомобіль з ДВЗ
1	2	3
ККД силової установки	90-95%	20-25%
Викиди відпрацьованих газів	Нульові	Парникові гази; викиди CO ₂
Виробник палива (електроенергії)	Електростанція	Нафтопереробні заводи
Час на заправку (зарядку)	Години	Хвилини

Перш за все, ці автомобілі відрізняються встановленими на них двигунами і принципами їх роботи. Порівняємо дані вузли по ККД.

Загальний ККД сучасного ДВЗ становить близько 20%. Коли говорять про ККД двигуна найчастіше мова йде про «корисну роботу», яка в автомобільного дизеля максимум 42%, а в бензинового ДВЗ ще нижче 35%. Якщо ж вести мову про ККД «корисну потужність», він враховує паливну ефективність і механічні втрати, то підсумковий ККД становить близько 25% в автомобільного дизеля і 20% у бензинового ДВЗ [26].

Вал двигуна з колесами з'єднує трансмісія, тобто коробка передач і привід, в середньому ККД трансмісії приймають рівним 90% з механічною коробкою передач, 85-87% з автоматичною коробкою передач.

Після 100% надходження палива, близько чверті не надходить в ефективну роботу, тому що не згорає, ця чверть виходить разом з вихлопними газами. Паливні системи щодня покращуються, але вони все ще далекі від ідеалу.

Потім настають теплові втрати. Під час робочого процесу двигун прогріває самого себе і безліч інших елементів. Не варто забувати, що частина тепла втрачається разом з вихлопом. На все це ще втрачається 35% ККД.

На фінальному етапі настають механічні втрати. Корисна енергія після спалювання палива втрачається на обертання шатунно поршневої групи та газорозподільчого механізму. Також сюди відносяться втрати на обертання генератора, чим більша загрузка на генератор, тим серйозніше він загальмовує обертання колінчастого вала. Мастильні технології, звичайно ж, розвиваються, але поки що, на жаль, тертя ще перемогти нікому не під силу. Тут втрати ще 10-20%. В підсумку, після всіх втрат, ККД дизельного двигуна дійсно буде дорівнювати 20%. Існують більш ефективні моделі дизельних моторів, у яких цей показник буде дорівнює 25%, але вони, як правило, стоять на автомобілях більш дорогого цінового сегмента.

Тяговий електродвигун значно простіше влаштований і має одне значення ККД «корисну потужність» 90-95%. Теплові та механічні втрати на обертання валу складають біля 5-10%.

Розглянемо як приклад автомобіль Tesla model S. Приклад такого електромобіля примітний тим, що це самий енерговитратний і потужний серед всіх електромобілів і розрахунок на основі цієї моделі буде найбільш показовий з точки зору економії, якщо цей автомобіль буде економніше його бензинового аналога, то більш дешевші електромобілі будуть економніші в рази. Електродвигун Tesla model S має ККД - 95%. Трансмсія також дуже проста і являє собою одноступінчатий редуктор з ККД 98-99%. Тому остаточний ККД «на колесі» - 94%.

В результаті отримуємо, що автомобіль з дизельним ДВЗ має середній ККД 22,5%, а ККД серійного електромобіля Tesla model S - 94%. Спираючись на ці дані, порахуємо порівняльну ефективність автомобіля з дизельним ДВС і електромобіля Tesla model S.

Питома теплоємність 1 літра палива - 43 МДж / кг або 9,72 кВт * год. Кількість енергії від 1 літра палива «на колесі» становить 9,72 кВт * год

помножену на ККД дизельного ДВЗ $22,5\% = 2,19 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Кількість енергії Tesla model S «на колесі» від батареї становить $85 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ (при повному заряді акумуляторної батареї) помножену на ККД Tesla model S «на колесі» $94\% = 79,90 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Відповідно батарея Tesla model S приблизно дорівнює 36,5 літрів традиційного палива.

Рахуємо витрати на заправку Tesla model S і автомобіля з дизельним ДВС по цінам наприклад Німеччини, де електроенергія коштує досить дорого 30 центів за $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$, а дизельне паливо близько 1,07 Євро за 1 літр. В перерахунку на українську валюту приблизно становитиме 8,4 грн за $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії і 29,95 грн за 1 літр палива. Відповідно одна заправка автомобіля з дизельним ДВС обійдеться: $36,53 \text{ літра} \cdot 1,07 \text{ Євро} = 39,09 \text{ Євро}$ або 1093,35 грн, а одна заправка Tesla model S обійдеться: $85 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 30 \text{ центів} = 25,5 \text{ Євро}$ або 713,25 грн в перерахунку відповідно.

Таким чином, навіть в умовах дорогої електроенергії в Німеччині серійний електромобіль Tesla model S істотно економічно ефективніше автомобіля з дизельним ДВС.

Проведемо такий же розрахунок по українським цінами. За основу візьмемо ціну дизельного палива за середньою ціною 28 грн за літр. Ціна за $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії – 0,579 грн [27].

З розрахунків бачимо:

$36,53 \text{ літра} \cdot 28 \text{ грн} = 1022,85 \text{ грн}$, вартість заправки автомобіля традиційним дизельним паливом.

$85 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 0,579 \text{ грн} = 49,25 \text{ грн}$, вартість зарядки електромобіля електроенергією.

1.3.2 Екологічна ефективність використання електромобілів

Для електромобіля екологічна ефективність використання є одним з найважливіших критеріїв просування на ринку транспорту, так як з кожним

роком зростає вплив використання транспорту на навколишнє середовище за рахунок викидів в атмосферу вуглекислого газу [28].

На теперішній час в світі налічується близько одного мільярда автомобілів, при цьому аналітиками прогнозується зростання автомобілів до 1,5 мільярда до 2030 року, в зв'язку з цим проблема забруднень призводить до розробки більш екологічних видів транспорту.

Вихлопні гази автомобілів викидають в атмосферу сірчисті і азотисті сполуки, вуглеводні, СО, формальдегіди, які призводять до різних захворювань. Крім цього, викиди парникових газів призводять до зростання глобального потепління.

Основними способами зниження викидів CO_2 в світі вважається поліпшення паливної економічності автомобілів, застосування біопалива, використання комбінованих енергоустановок (гібридів) і застосування електромобілів [29].

Розглянемо екологічну ефективність електромобіля в порівнянні з екологічною ефективністю автомобілів з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) і гібридними автомобілями в плані викидів парникових газів.

Прикладом електромобіля візьмемо Tesla Roadster з LiON акумуляторною батареєю, автомобіль Honda CNG працюючому на природному газі, автомобіль Honda FCX з водневими паливними комірками, автомобіль VW Jetta Diesel який має дизельний ДВЗ, автомобіль Honda Civic VX який має бензиновий ДВЗ і гібридний автомобіль Honda Insight з бензиновим і електродвигунами. Всі автомобілі підібрані спеціально, тому що вони мають схожі характеристики потужності.

Для того, щоб уніфікувати розрахунки приймемо екологічну ефективність як кількість CO_2 в грамах виділяемого при повному циклі перетворення палива, починаючи з моменту його спалювання і до моменту пересування розглянутого транспорту на один кілометр.

Для водневих паливних елементів вихідним джерелом водню буде природний газ, так як на даний момент це найбільш дешева, масова і ефективна технологія.

Наведена в таблиці 1.4 порівняльна характеристика екологічної ефективності показала, що явна перевага в електромобіля. Найближчим часом в якості міського автотранспорту це екологічно чиста альтернатива автомобілям.

Таблиця 1.4 – Порівняння екологічної ефективності різних типів автомобілів

Технологія	Автомобіль	Джерело енергії	Вміст CO ₂ в паливі	Повна енергетична ефективність	Екологічна ефективність CO ₂
1	2	3	4	5	6
Двигун на природному газі	Honda CNG	Природний газ	14.4 г/МДж	0.32 км/МДж	45.0 г/км
Водородні паливні елементи	Honda FCX	Природний газ	14.4 г/МДж	0.35 км/МДж	41.1 г/км
Дизель	VW Jetta Diesel	Нафта	19.9 г/МДж	0.48 км/МДж	41.5 г/км
Бензиновий двигун	Honda Civic VX	Нафта	19.9 г/МДж	0.51 км/МДж	39.0 г/км
Гібридний автомобіль	Honda Insight	Нафта	19.9 г/МДж	0.64 км/МДж	31.1 г/км
Електро	Tesla Roadster	Природн. газ	14.4 г/МДж	1.14 км/МДж	12.6 г/км

Як вважають багато дослідників, з масовою появою електромобілів вихлопів менше не стане, просто вони відійдуть далеко в атмосферу. Електрику на сьогоднішній момент отримують в основному при спалюванні вугілля, частка спалюваного вугілля в світовій електрогенерації складає 40,6%. За вугіллям йде природний газ, який складає 21,4%, гідроелектроенергетика

складає 16,2%, в АЕС цей показник дорівнює 13,4%. Решта припадає на нафту (5,1%), поновлювані джерела енергії (3,3%) [28].

В результаті виходить, що 67,1% електрики виробляється спалюванням добутих вуглеводнів.

ККД сучасного електродвигуна сягає 95%, а ККД сучасної електростанції сягає 40%, при цьому електроенергія передається по лініях електропередач і втрачає близько 10%. Заряджаючи акумулятор від розетки втрати складуть ще 5-10%, в результаті виходить ККД всієї електричної системи в кращому випадку буде становити 43%, а в гіршому може дорівнювати 38%. Дані відсотки вже близькі до ККД сучасних дизельних двигунів.

Ще одна проблема екологічної ефективності використання електромобіля є акумуляторна батарея, так як необхідні компоненти батареї для електромобіля – це рідкоземельні елементи, виробництво яких відбувається в більшості в Китаї, також в країнах третього світу. При виробництві рідкоземельних елементів також відбувається забруднення довкілля.

Як підсумок: кількість електромобілів зростає з кожним роком, але досліджень економічної ефективності вантажних електромобілів проводилось дуже мало.

2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При розрахунках ефективності інвестицій будемо визначати величину, яка найбільш цікавить споживача - термін окупності інвестицій:

$$T_{OK} = \frac{K_{el} - K_{диз}}{C_{диз} - C_{el}}, \text{ роки}$$

де $K_{диз}$ – капіталовкладення вантажівки з ДВЗ, грн;

K_{el} – капіталовкладення електровантажівки, грн;

$C_{диз}$ – експлуатаційні витрати вантажівки з ДВЗ, грн;

C_{el} – експлуатаційні витрати електровантажівки, грн.

Експлуатаційні витрати автомобіля:

$$C = C_{нал} + C_{обс} + Z_{ек, грн}$$

де $C_{нал}$ - витрати на паливо (електроенергії) за рік, грн;

$C_{обс}$ - вартість технічного обслуговування ДВЗ за рік часу, грн, яка включає вартість: моторного масла, масляного фільтра, паливного фільтра, повітряного фільтра та виконаної роботи.

$Z_{ек}$ - екологічний збиток від дії відпрацьованих газів двигуна, грн/рік.

Екологічний збиток $Z_{ек}$ (грн/рік) автомобіля з дизелем визначається за методикою проф. Гутаревича Ю.Ф. [36]:

$$Z_{ек} = \xi * \sigma * f * \sum G_{шр.ц, грн / рік}$$

де $\xi_{шп}$ - величина, що приймається рівною вартості палива, грн/кг;

σ - безрозмірний коефіцієнт відносної небезпеки, приймається залежно від території, що підпадає під забруднення;

f - поправка, що враховує характер розсіювання забруднюючої речовини в атмосфері;

$\sum G_{шр.ц}$ - сумарна маса викидів шкідливих речовин в атмосферу в їздовому циклі, г /км.

Більш детально методика досліджень наведена в додатку А.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Визначення економічної ефективності використання вантажних електромобілів з врахуванням екологічного ефекту

Електровантажівка ERCV27 (рис. 3.1, 3.2) була створена на Луцькому автомобільному заводі на замовлення данської компанії. Вантажівка багато в чому відрізняється від аналогів, які є в Європі. Завданням було спроектувати багатофункціональне шасі для сміттєвоза. Створено суцільний монокузов з частиною кабіни і шасі, на якому кріпиться вся система трансмісії, колеса, привідна база, тяговий електроконтейнер і тільки потім кріпиться компактор на саме шасі. Під час конструювання було вибрано, що несучим елементом буде

просторовий трубчастий каркас, це суттєво збільшує експлуатаційну міцність машини. Причому ця просторова несуча система виготовлена з легованих конструкційних сталей, тому корозійна стійкість самого каркасу підвищилася. В рух електроавтомобіль приводить порталний міст з інтегрованими тяговими електромоторами, він використовувався вже готовим від німецького виробника. Щоб збільшити маневреність було зроблено дві осі з поворотними колесами, передню та задню. Технічна характеристика вантажного електромобіля наведена в додатку Б.

В роботі виконано порівняння показників електровантажівки з показниками сміттєвоза MAN TGS-WW, який вибраний в якості базового варіанта. Його вантажопідйомність приблизно така ж, як і електровантажівки. Тому і транспортна продуктивність буде однаковою. Акумуляторна батарея має значну вартість. Термін служби акумуляторної батареї становить 12 років. Отже, придбання електровантажівки буде доцільним, якщо термін окупності капіталовкладень буде меншим за 12 років. Порівняльна характеристика електровантажівки та вантажівки MAN наведена в таблиці 3.1.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд електровантажівки ERCV27

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика електровантажівки та вантажівки MAN

Показник	Транспортний засіб	
	MAN TGS-WW	Електровантажівка ERCV27
1	2	3
Ціна, грн	6 750 000	10 800 000
Ціна палива, грн/л або електроенергії, грн/кВт*год	28	1.86
Витрати на 100 км, л або кВт*год	30	220
Об'єм моторного масла, л	20	0
Вартість 1 км пробігу, грн	8.4	4
Повна маса, кг	26 000	27 000
Споряджена маса, кг	15 140	16 362

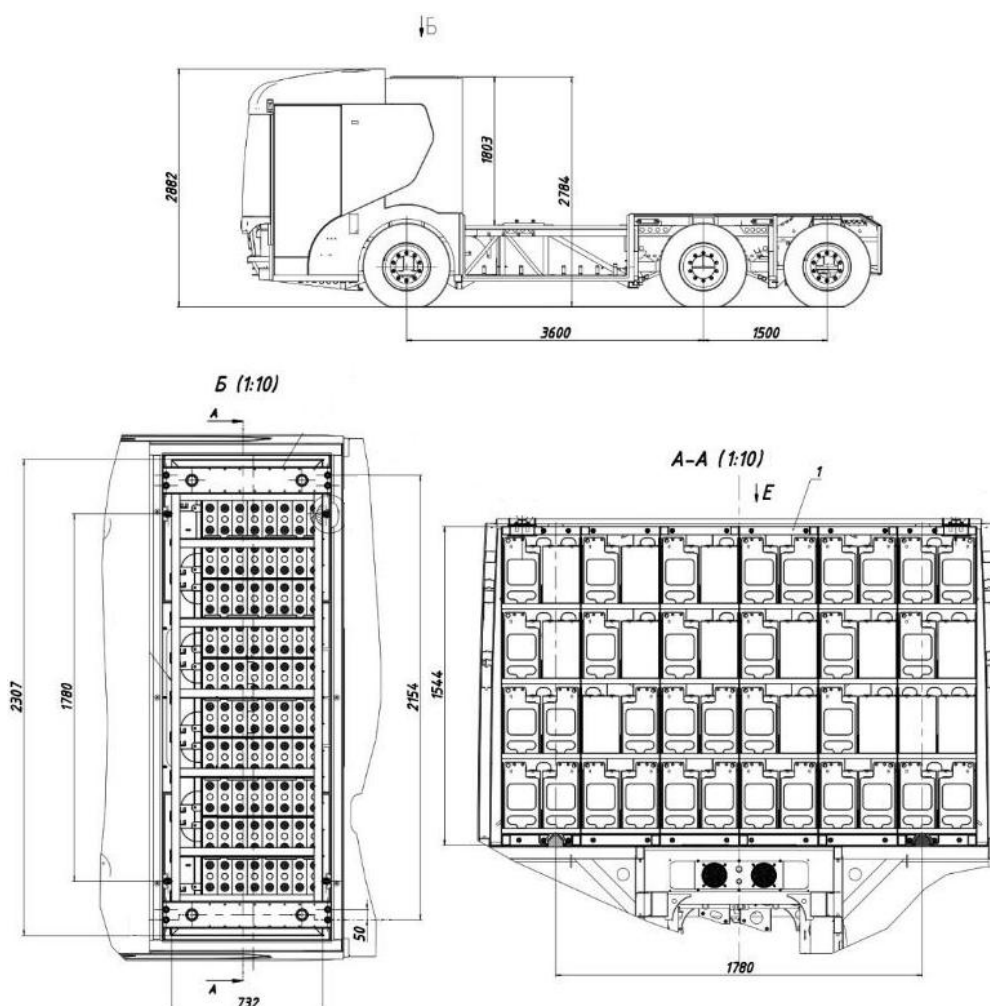


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема електровантажівки та схема батарейного відсіку

З табл. 3.2 видно, що ціна електровантажівки є значно більшою за ціну автомобіля з ДВЗ, отже різниця у 4 млн. грн. покриватиметься надто довго. Але витрати на енергію для забезпечення руху є меншими. Експлуатаційна норма витрати палива (електроенергії) сміттевоза включає лінійну норму витрати палива (електроенергії) на пробіг та витрату палива (електроенергії) на завантаження та розвантаження сміття.

За даними підприємства «Луцькспецкомунтранс» за день автомобіль-сміттевоз виконує в середньому 150 км пробігу і в рік працює 330 днів, отже річний пробіг становитиме 49 500 км. Технічне обслуговування даних автомобілів проводиться через кожні 10 000 км, тому в рік матиме 4 ТО. Складові вартості одного технічного обслуговування дизельного двигуна вантажівки MAN наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість одного технічного обслуговування дизеля MAN

Показник	Ціна, грн
1	2
Масло	2 500
Фільтр масляний	300
Паливний фільтр	400
Повітряний фільтр	1 400
Виконана робота	300
Разом	4 900

Отже за рік загальна сума становитиме 19 600 грн [37]. Електродвигун електромобіля не потребує обслуговування, отже це ще одна стаття економії коштів на експлуатаційні витрати. Важливим є те, що запас ходу електромобіля не менший за потрібний середньодобовий пробіг. Завод-

виробник декларує термін служби акумуляторної батареї 12 років, але досвід експлуатації електромобілів свідчить, що під час цього терміну потрібно замінювати певну кількість окремих акумуляторів. В подальших дослідження це потрібно буде врахувати.

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту від використання електровантажівки наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Транспортний засіб	
			MAN TGS-WW	Електро-вантажівка
1	2	3	4	5
Сукупні інвестиції у виробництво	K	грн	6 750 000	10 800 000
Середній річний пробіг	L_p	тис.км	49.5	49.5
Норма витрати палива (електроенергії)	q_n	$\frac{\text{л/100км}}{\left(\frac{\text{кВт/год}}{100 \text{ км}}\right)}$	30	220
Ціна палива (електроенергії)	C_n	$\frac{\text{грн/л}}{\left(\frac{\text{грн/кВт}}{\text{год}}\right)}$	28	1.86
Експлуатаційні витрати	C	грн	698 592	202 554

Сукупні капіталовкладення включають ціну транспортного засобу та обладнання, яке необхідне для його експлуатації. У випадку придбання вантажного електромобіля з акумуляторною батареєю великої ємності таким обладнанням є зарядна станція. В нашому випадку зарядний пристрій інтегрований в транспортний засіб. У випадку придбання автомобіля з ДВЗ АТП має необхідне обладнання для його обслуговування, тому сукупні капіталовкладення будуть рівні ціні автомобіля [38].

Розрахункові дані річного економічного ефекту від використання вантажного електромобіля наведені в таблиці 3.4. При значному економічному

ефекті електровантажівки термін окупності без врахування екологічного збитку також є великий.

Таблиця 3.4 – Розрахункові дані економічної ефективності

Показник	Позначення	Одиниці вим.	Транспортний засіб	
			MAN TGS-WW	Електровантажівка
1	2	3	4	5
Витрати на паливо (електроенергію) за рік	L_n	грн	415 800	202 554
Витрати на обслуговування двигуна	$C_{обс}$	грн	19 600	--
Екологічний збиток	$Z_{ц}$	грн	263 192	--
Економічний ефект	E	грн	--	1 054 365
Термін окупності з врахуванням екологічного збитку	$T_{ок}$	років	--	6.8
Термін окупності без врахування екол. збитку	$T_{ок}$	років	--	11.9

В роботі прийнято, що екологічний збиток від використання електротранспорту дорівнює нулю, але це можливо лише при використанні «екологічно чистої» електроенергії. Тобто, під час використання електромобіля має місце локальний екологічний ефект. В нашій державі частка теплових електростанцій, які є, в основному, вугільними і забруднюють атмосферу, у загальному виробництві електроенергії становить 29,5%. В подальших дослідженнях це потрібно буде врахувати. Врахування екологічного ефекту його в грошовому еквіваленті виконано визначенням екологічного збитку від використання автомобіля в ДВЗ за наведеною вище методикою. Суттєвою перевагою електровантажівки під час її використання в міських умовах є безшумність, а також більша зручність керування у порівнянні з авто з механічною ступінчатою коробкою передач.

3.2 Перевірка результатів дослідження

Після виконання порівняння показників економічного ефекту електровантажівки та сміттєвоза MAN видно, що капіталовкладення при заміні вантажівок окупляться за 6.8 років. Перевіримо дані результати іншим методом - методом оцінки вартості володіння [29].

Вихідні дані для розрахунку вартості володіння електровантажівкою наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5– Вихідні дані для розрахунку вартості володіння

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Транспортний засіб	
			MAN TGS-WW	Електровантажівка
1	2	3	4	5
Ціна покупки	K	грн	6 750 000	10 800 000
Ціна ТО та ремонт	C _{обс}	грн	19 600	-
Річний пробіг	L _p	тис.км	49.5	49.5
Витрата палива (електроенергії) на 100 км	q _n	л (кВт/год)	30	220
Вартість палива (електроенергії)	Ц _п	грн/л (грн/кВт.год)	28	1.86

Розрахункові дані вартості володіння автомобілями наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахункові дані вартості володіння

Показник	Позначення	Одиниця вимірювання	Транспортний засіб	
			MAN TGS-WW	Електровантажівка
1	2	3	4	5
Цільовий показник вартості володіння	C	грн	15 368 304	11 974 800
Вартість володіння на 1км пробігу	C _{1км}	грн	26	20
Вартість володіння на один	C _{рік}	грн	1 280 692	996 525

рік експлуатації				
Витрати на паливо	Ц	грн	415 800	-
Витрати на електроенергію	Ц	грн	-	202 554
Різниця вартостей володіння	$C_E \leq C_D$	грн	284167	-

З отриманих результатів видно, що різниця вартостей володіння є співрозмірною з результатами, отриманими за попередньою методикою. За прийнятих 12 років експлуатації економічні показники вантажного автомобіля з ДВЗ гірші порівняно з електротягою. З цього випливає, що за весь термін експлуатації різниця в сумі витрат на експлуатацію становитиме більше 3 млн. гривень. З використанням математичної моделі встановлено, що собівартість транспортної роботи електровантажівки є втрічі меншою в зв'язку з меншою вартістю енергії для руху. Подальші перспективи вдосконалення електрокарів наведені в Додатку В.

ВИСНОВКИ

1. Зменшення кількості викидів шкідливих речовин у містах можливе при використанні електротранспорту, який дає локальний екологічний ефект. При цьому провідні європейські країни законодавчо допомагають власникам придбати екологічно «чистий» транспорт.

2. Розроблена методика порівняння показників базової вантажівки з ДВЗ та вантажівки на електротязі. В її основі лежить визначення економічної ефективності електрокара з врахуванням екологічного ефекту та перевірка результатів оцінкою вартості володіння різними видами транспортних засобів.

3. Проведено огляд конструкції електровантажівки та порівняння технічної характеристики з базовою вантажівкою з ДВЗ.

4. На основі реальних даних заводу-виробника проведено порівняльну оцінку економічної ефективності електровантажівки у порівнянні з базовою вантажівкою з врахуванням її екологічного збитку, яка показала, що капіталовкладення в придбання електровантажівки окупляться за 6,8 років.

5. Проведено перевірку виконаних розрахунків методом оцінки вартості володіння, який підтвердив отримані результати і показує що за 12 років експлуатації вартість володіння вантажівкою з ДВЗ більша на 3 410 004 гривень.

6. Проведено аналіз перспектив розвитку електрокарів і можна прогнозувати, що перехід на електротягу буде зростати з кожним днем.

7. На даний час ціна вантажних електромобілів є дуже високою. В нашій країні, на жаль, зараз екологічний збиток мало цікавить власників транспортних засобів, а термін окупності електромобіля без врахування екологічного ефекту є досить значний. Він практично рівний терміну служби акумуляторних батарей. Тому для наших умов є доцільним спрощення конструкції вантажного електромобіля для того щоб зменшити його ціну.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Карамян О.Ю., Чебанов К.А., Соловьева Ж.А. ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ // Фундаментальные исследования. – 2015. - № 12-4. – С. 693-696.
2. Worldwide number of battery electric vehicles in use from 2012 to 2017. URL: <https://www.statista.com/statistics/270603/worldwide-number-of-hybrid-and-electric-vehicles-since-2009>.
3. Автомобілі з електричним серцем. URL: <https://www.unian.ua/longrids/electric-cars>.
4. Петров Р.Л. Составят ли электромобили и подключаемые к электросети гибридные автомобили PHEV конкуренцию традиционным ДВС // «Журнал автомобильных инженеров». – 2015. - №6. – С. 12-18.
5. Петров Р.Л. Насколько реальны заявленные показатели расхода топлива и эмиссии CO₂ для гибридных автомобилей // «Журнал автомобильных инженеров». – 2015. - №2. – С. 45-50.
6. КПД ДВИГАТЕЛЯ – ТЮНИНГ ГЛОБАЛЬНЫХ ИДЕЙ. URL: <http://www.rotor-motor.ru/page08.htm>.

7. Інформаційне агентство Interfax-Україна від 13.12.2018 року. URL: <https://www.unn.com.ua/uk/news/1767888-mistam-v-yes-dozvolili-zaboronyati-novitni-dizelni-avtomobili>.
8. UK Is Testing Roads That Charge Electric Cars As They Drive. Дата оновлення 09.01.2017г. URL: <http://www.boredpanda.com/electric-carcharge-road-highways-england>.
9. Український інформаційний ресурс про ІТ. Дата оновлення 09.01.2017г. URL: <http://itc.ua/news/frantsiya-hochet-sozdat-svoy-elektromobil-stoimostyu-menee-7-tyis>.
10. Мультимедійна платформа іномовлення України «Укрінформ» URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-world/2028072-elektromobili-u-evropi-podatkovi-pilgi-bezkostovni-parkovki-zaradka-na-zamovlenna.html>.
11. Електроавтобуси в Україні: скільки можна зекономити. URL: <https://biz.liga.net/keysy/avto/novosti/eletroavtobusy-v-ukraine-skolko-mojno-sekonomit>.
12. Портал комерційного транспорту і спецтехніки. URL: https://truck-and-bus.ru/news/new_items/25193.
13. Новини в галузі електротранспорту. URL: <https://electrek.co/2019/07/05/tesla-youtuber-breaks-24-hour-electric-car-distance-record>.
14. Новини в галузі електротранспорту. URL: <https://electrek.co/2019/08/19/porsche-taycan-electric-car-24-hr-endurance-test>.
15. Електровантажівка. Оцінка економічної ефективності використання альтернативних палив у засобах технологічного транспорту Сільськогосподарські машини. - Луцьк, 2017. – Вип. 27. – С. 15-22.
16. Лютко В.Н, Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в ДВС – М.: МАДИ (ТУ). – 2000. – 331 с.
17. Сияк Ю.В. Эффективность альтернативных топлив и технологий в развитии пассажирского автотранспорта в средне- и долгосрочной перспективе. – 2018. – 139 с.
18. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. Официальное издание. М., 1994.

19. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development. Life Cycle Engineering Guidelines. EPA/600/R-01-101, 2001.
20. Jensen, A.A., et al. Life Cycle Assessment (LCA): A guide to approaches, experiences and information sources. Report to the European Environment Agency. Copenhagen, Denmark, 1997.
21. Sonnemann, G., et al. Integrated Life-Cycle and Risk Assessment for Industrial Processes. CRC Press, 2003.
22. ExternE. Externalities of Energy, European Commission, Directorate General XII, Science, Research and Development, Luxembourg, 1995.
23. Voss, A., LCA and External Costs in Comparative Assessment of Electricity Chains/ Decision Support for Sustainable Electricity Provision, in "Externalities and Energy Policy. The Life Cycle Analysis Approach", Workshop Proceedings, Paris, 15-16 Nov. 2001, OECD.
24. External Costs. Research Results on Socio-Environmental Damages due to Electricity and Transport, European Commission, EUR 20198, 2003.
25. OECD, Nuclear Energy Agency. Externalities and Energy Policy. The Life Cycle Analysis Approach, Workshop Proc., Paris, France, 2001.
26. Дизель и Электрокар - что выгоднее? URL: <https://verola.livejournal.com/456053.html>.
27. Тарифи на електроенергію для споживачів. URL: <https://www.nerc.gov.ua/15951>.
28. Трескова Ю. В. Электромобили и экология. Перспективы использования электромобилей // Молодой ученый. 2016. № 12. С.563-565.
29. Блохин А.Н. Результаты исследования электромобиля на шасси «ГАЗель» // Наука и образование, 2012, №12. С.7-12.
30. Корчагин В.А., Птицын Д.В. Расчет экономической эффективности внедрение новой техники на автотранспортных предприятиях. – К.: Техніка, 1980. 104 с.
31. Амиров Ю.Д. Организация и эффективность научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. – М., Экономика. – 1974. – 237 с.

32. Бабич В.П. Экономическая подготовка планирования научно-технического прогресса. – К., Техніка. – 1977. – 199 с.
33. Абуладзе Д.А. Эффективность научно-технического прогресса: дисертация. Тбилиси: М., Наука, 1978. - 173 с.
34. Афанасьев Л.Л., Цукерберг С.М. Автомобильные перевозки: підручник. М., Транспорт, 1973. - 320 с.
35. Клименко О.А. Визначення умов і сфер раціонального заміщення бензину стисненим природним газом при експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту: дис. канд. техн. наук. Київ: 1998. - 294 с.
36. Гутаревич Ю.Ф., Мороз В.В. Порівняння екологічних показників вантажних автомобілів з двигунами різних типів за їздовим циклом// Вісник НТУ. – 2004. - №9. – С. 86-91.
37. Кондратьев А.Е. Определение наиболее оптимальных сегментов использования экологически чистых автотранспортных средств в городах: дис. канд. техн. наук, Москва: 2012. 144 с.
38. Електровантажівка. Доцільність використання електротранспорту в Україні. *Студенський науковий вісник. Серія «Технічні науки». Науковий збірник. Випуск 34*: стаття, м. Луцьк, 2019 р. Луцьк, 2019. С. 228.
39. Електровантажівка. Перспективи використання електромобілів в Україні. *VII-ма міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту»*: стаття, м. Вінниця, 2019 р. Вінниця, 2019. С. 44.
40. Електровантажівка. Щодо доцільності використання вантажних електромобілів в Україні/ *Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології на автомобільному транспорті та машинобудуванні»*, Харків, ХНАДУ, 15-18 жовтня 2019 р.

ДОДАТОК А

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

1 Критерії ефективності введення нової техніки

Для прийняття правильних рішень щодо визначення найбільш ефективних напрямків витрат в науково-технічному прогресі необхідна оцінка ефективності нової техніки з допомогою такого критерію, який відповідає основній меті виробництва - найбільш повному задоволенню постійно зростаючих потреб всіх членів суспільства і всебічному розвитку особистості.

Сокупні витрати суспільної праці складаються з повних річних тікущих виробничих витрат C і капітальних вкладень $E_H K$, приведених до однакової (річної) розмірності за допомогою нормативного коефіцієнта економічної ефективності E_H . Поточні витрати виробництва $C + E_H K$ становлять наведені витрати, які за своєю економічною природою представляють народногосподарські витрати, зв'язані з створенням, випуском, впровадженням і експлуатацією техніки. Тому економія наведених витрат досить повно відображає народногосподарський ефект впровадження нової техніки [33].

Нормативний коефіцієнт економічної ефективності додаткових капітальних вкладень показує мінімальну величину річної економії на поточних витратах, яку повиненна забезпечити кожна витрачена грошова одиниця капітальних вкладень в народному господарстві.

Для забезпечення адекватного в масштабі всього суспільного виробництва підходу до оцінки економічної ефективності нової техніки в розрахунках використовується єдиний нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень E_H , рівний 0,15. Чисельне значення E_H визначено на основі відношенню сукупного додаткового продукту до сумарних в масштабі суспільства основним і оборотним фондам, рентабельності суспільного виробництва.

Складність показника приведених витрат $C + E_H K$ полягає в подвійності другого доданка. З одного боку, це капітальні вкладення суспільства в нову техніку. Тут $E_H K$ виступає як складова частина народногосподарських витрат. З іншого боку, це мінімальний розмір річного додаткового продукту, який може бути отриманий в господарстві за рахунок капітальних вкладень K . В даному випадку $E_H K$ виступає як частина сукупного додаткового продукту, полученого від використання нової техніки. Функція цієї частини – відновлювати фонд накопичення, взятий з національного доходу і витрачений на технічний розвиток. Саме тому $E_H K$ не являється ефектом від впровадження нової техніки, так як суспільство, витрачаючи капітальні вкладення K з фонду накопичення, в будь-якому випадку повинно за рік вийти додаткового продукту не менше, ніж на суму $E_H K$. Це обов'язкова умова розширеного виробництва. Ефект від створення, впровадження і використання нової техніки складе тільки економію приведених витрат, тобто

$$(C_1 + E_H K_1) - (C_2 + E_H K_2) = (C_1 - C_2) \pm E_H \Delta K,$$

де C_1, C_2 – поточні річні витрати;

K_1, K_2 – капітальні вкладення при використанні відповідно традиційної і нової техніки;

ΔK – різниця капітальних вкладень.

Таким чином, економія є сумою двох складових - економії поточних виробничих витрат C і перевищення (зменшення) капітальних вкладень, приведених до річної розмірності, $E_H K$ по новому варіанту в порівнянні з $E_H K$ варіанта заміняємої техніки. Разом взяті, вони представляють собою приріст національного доходу.

Використання принципу мінімізації приведених витрат при виборі варіантів нової техніки економічно обґрунтовано. Економія наведених витрат в порівнювальних варіантах показує, який приріст національного доходу дає суспільству впровадження обраного варіанту.

Введення узагальнюючого критерію оцінки ефективності нової техніки не применшує ролі таких показників, як продуктивність праці, фондівіддача,

матеріаломісткість. Але ці показники, як правило, мають різну спрямованість, оскільки впровадження нової техніки, що сприяє підвищенню продуктивності праці, може привести до зниження фондівіддачі, а впровадження техніки, що сприяє економії матеріалів і палива, може або збільшити трудомісткість, або знизити фондівіддачу, або те й інше одночасно. Тому жоден із зазначених показників, окремо взятий, не може служити основою для кінцевої оцінки ефективності впровадження нової техніки і вибору її варіантів [34].

Соціальні результати використання нової техніки важко висловити в вартісному вигляді. Проте, вибираючи варіант нової техніки, необхідно керуватися як його економічним, так і соціальним ефектом.

У практичних розрахунках часто виникає необхідність визначати наведені витрати на одиницю продукції (роботи):

$$Z = C_{ед} + E_H K_{уд},$$

де $C_{ед}$ – собівартість одиниці продукції (роботи);

$K_{уд}$ – питомі капітальні вкладення в виробничі фонди в розрахунку на одиницю продукції (роботи).

В тих випадках, коли впровадження нової техніки зменшує (збільшує) термін служби базового автомобіля, розрахунок питомих капітальних вкладень можна проводити за формулою

$$K_{уд} = \frac{K_a}{K_c W} + \frac{K_n}{W},$$

де K_a – капітальні вкладення в рухомий склад при використанні нової техніки;

K_c – коефіцієнт обліку зміни терміну служби автомобіля при застосуванні нової техніки, розраховується як величина, зворотна річним пробігам автомобіля;

W – річний обсяг транспортної роботи в натуральних одиницях;

K_n – капітальні вкладення в виробничі фонди і нормовані оборотні кошти при використанні нової техніки.

2 Методика порівняння базової та нової техніки

Економічна ефективність впровадження нової техніки залежить від варіанту замінюваної техніки, вибраної для порівняння.

Спосіб або засіб з яким проводиться порівняння прийнято називати базовим варіантом (базою для порівняння), створюваний або покращуваний спосіб (засіб) новим варіантом.

Якщо нова техніка планується до широкого використання в автомобільному транспорті, то в якості бази приймається більш поширена на практиці техніка, що виконує таку ж роботу; якщо нова техніка буде використовуватися тільки на одному конкретному автотранспортному підприємстві (АТП), в якості бази при розрахунках економічного ефекту і його заміщення в планах приймається замінювана техніка на цьому підприємстві [35].

При розрахунках ефективності інвестицій визначають величину обернену показнику ефективності інвестицій - термін окупності інвестицій:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}, \text{ років} \quad (2.1)$$

де K_1 – ціна вантажівки MAN, грн;

K_2 – ціна електровантажівки, грн;

C_1 – собівартість транспортної роботи вантажівки MAN, грн;

C_2 – собівартість транспортної роботи електровантажівки, грн.

Розрахунки щодо визначення ефективності використання електроенергії виконуються в двох розрізах: перший з огляду інтересів експлуатуючих автотранспортні засоби (АТЗ) підприємств і організацій, так звана комерційна ефективність, і другий з огляду народно господарської ефективності, так звані фінансова та економічна ефективності. Економічні інтереси враховуються співставленням фінансового ефекту із зміною збитку від забруднення навколишнього середовища у вартісному вираженні.

Ефективність заміщення нафтових палив доцільно оцінювати за допомогою системи критеріїв, які в певній мірі відповідають різним вимогам, що висуваються до АТЗ в тих чи інших умовах експлуатації, це:

1. Зміна $\Delta S_{\text{рік}}$ річних експлуатаційних витрат $S_{\text{рік}}$, грн/рік (для «погодинних» автомобілів).
2. Зміна $\Delta S_{\text{ТКМ}}$ питомих витрат одиниці транспортної роботи на експлуатацію $S_{\text{ТКМ}}$, грн/ткм (ситуація, коли зменшення продуктивності автомобілів може бути компенсовано відповідним (для збереження деякого запланованого об'єму транспортної роботи) збільшенням чисельності задіяного парку).
3. Фінансові результати від заміни автомобіля з ДВЗ на електромобіль. Як показник вибрано процентне співвідношення чистих (тобто без урахування податків) прибутків P (грн/рік), які отримано від експлуатації порівнюваних модифікацій за одиницю часу, ΔP , %.
4. Процентне співвідношення чистих прибутків $P_{\text{парк}}$ (грн/рік), які отримано від експлуатації порівнюваних парків автомобілів, які виконують однаковий об'єм транспортної роботи за одиницю часу $\Delta P_{\text{парк}}$, %.

До нижнього індекса позначень наведених критеріїв додається позначення: $_{\text{КОМ}}$ – комерційна ефективність і фінансова ефективність (без врахування оцінки збитку від забруднення навколишнього середовища); $_{\text{ЗКОНОМ}}$ – економічна ефективність.

З використанням положень економічної теорії отримані залежності для визначення ефективності заміщення нафтового палива електрикою відносно цих критеріїв. Деяку частину факторів, що враховуються в методиці розкриває, наприклад, структура річних експлуатаційних витрат ($S_{\text{рік}}$):

$$S_{\text{рік}} = C_{\text{П}} + C_{\text{М}} + \text{Э}_{\text{ДВ}} + \text{П}_{\text{У}} + C_{\text{АВ}} + C_{\text{АКР}} + C_{\text{ТОИР}} + \text{КВ} + \text{Н} + C_{\text{Ш}} + \text{ЗП}, \quad (2.2)$$

де $C_{\text{п}}$ – паливна складова експлуатаційних витрат;

$C_{\text{м}}$ – витрати на мастило;

$\text{Э}_{\text{дв}}$ – економія (-), обумовлена збільшенням міжремонтного пробігу двигуна при використанні електроенергії;

P_y – існуючі або перспективні розміри стягнення за забруднення навколишнього середовища;

$C_{ав}$ – амортизаційні відрахування на відновлення рухомого складу;

$C_{акр}$ – амортизаційні відрахування на капітальний ремонт;

$C_{ТОиР}$ – витрати на технічне обслуговування (ТО) і ремонт (Р);

KB – капітальні вкладення в виробничо-технічну базу (ВТБ);

H – накладні витрати;

$C_{ш}$ – витрати на шини;

$ЗП$ – об'єм відрахувань на заробітну плату.

Далі будемо розглядати складові собівартості, які змінюються. Загальна формула собівартість транспортної роботи автомобіля визначається на основі витрат на паливо (електроенергію), витрат на технічне обслуговування двигуна за рік, також екологічний збиток автомобілем з ДВЗ:

$$C = C_{пал} + C_{обс} + З_{ек}, грн \quad (2.3)$$

де $C_{пал}$ - витрати на паливо (електроенергію) за рік часу, грн;

$C_{обс}$ - вартість технічного обслуговування за рік, грн, яка включає

вартість: масла, масляного фільтра, паливного фільтра, повітряного фільтра, виконаної роботи.

$З_{ек}$ - екологічний збиток від дії відпрацьованих газів автомобіля, грн/рік.

Витрати на паливо транспортного засобу знаходиться за формулою:

$$C_{пал} = 10K_3 q_n C_n L_p, грн \quad (2.4)$$

де K_3 – коефіцієнт підвищення витрати палива зимою (приймаємо $K_3 = 1,04$);

q_n – експлуатаційна витрата палива(електроенергії), л /100км($кВт * год/100км$);

C_n – ціна палива (електроенергії);

L_p – середній річний пробіг автомобіля, тис.км, (визначається добутком денного пробігу і кількості робочих днів).

Збитки від шкідливої дії ВГ двигунів $З_{ек}$ автомобілів з дизельним двигуном раніше визначались на основі методики по визначенню шкоди, яка

завдається річними викидами шкідливих речовин в атмосферу ($Ш$, грн. /рік) для всякого джерела за виразом:

$$Ш = \gamma * \sigma * f * M, \text{ грн} / \text{рік} \quad (2.5)$$

де γ – величина, що визначає нанесену шкоду однієї умовної тони

забруднюючої речовини, грн. /умовн. т;

σ – безрозмірний коефіцієнт відносної небезпеки, який приймається залежно

від території, що підпадає під забруднення;

f - поправка, що враховує характер розсіювання забруднюючої речовини в атмосфері;

M – приведена маса викидів шкідливих речовин в атмосферу, т /рік.

Але на відміну від цієї методики величина γ приймається рівною вартості палива ($\xi_{дп}$) – 26 грн/кг [36]. А також замість величини M в розрахунках використовується сумарна, приведена до оксиду вуглецю, питома маса викидів шкідливих речовин автомобілями в їздових циклах в атмосферу $\Sigma G_{шр.ц}$, г/км. Тому $Z_{ц}$ (грн/рік) автомобіля з дизельним двигуном в їздових циклах запропоновано визначати таким чином:

$$Z_{ц} = \xi * \sigma * f * \Sigma G_{шр.ц}, \text{ грн} / \text{рік} \quad (2.6)$$

Відповідно для міста та приміських територій $\sigma = 8$, $f = 1,49$.

$$\begin{aligned} \Sigma G_{шр.ц} &= \Sigma K_{АГР} * G_{\beta} = \\ &= 1 * G_{CO} + 3.16 * G_{CH} + 41.1 * G_{NO} + 200 * G_{чac}, \text{ г} / \text{км} \end{aligned} \quad (2.7)$$

де $\Sigma K_{АГР}$ - коефіцієнт агресивності конкретного компонента ВГ;

G_{β} – питома маса викидів β -го компонента, г/км.

При використанні електромобіля має місце екологічний ефект, адже електродвигун не викидає шкідливих речовин. Викиди шкідливих речовин дизельним двигуном наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Викиди шкідливих речовин дизельним двигуном, г/км

Стандарт	CO	CH	NO _x	Тверді частинки
1	2	3	4	5
Євро 4	0,50	0,05	0,25	0,025

За даними табл. 2.1 визначені сумарні викиди шкідливих речовин та екологічний збиток від використання автомобіля з ДВЗ.

Річний економічний ефект визначає ефективність використання електровантажівки і розраховується за формулою:

$$E = C_{диз} + \frac{C_{диз} - C_{ел} - E_H(K_{ел} - K_{диз})}{\rho_2 + E_H} - C_{ел}, грн \quad (2.8)$$

де $C_{диз}$, $C_{ел}$ – ціна дизельної і електровантажівки, грн;

$C_{диз}$, $C_{ел}$ – собівартість експлуатації дизельної і електровантажівки, грн;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності (прийнятий $E_H = 0,15$);

$K_{диз}$, $K_{ел}$ – сукупні капітальні вкладення, грн;

ρ_2 – коефіцієнт реновації прийнятий $\rho = 0,05$.

Показником порівняльної економічної ефективності інвестицій є мінімум приведених витрат, які представляють собою суму експлуатаційних річних затрат та інвестицій, приведених до одного року:

$$Z = C + E_H K, \quad (2.9)$$

За даними статті [37] під «екологічно чистим автотранспортним засобом» автор пропонує розуміти автотранспортний засіб, відповідне визначенню «транспортного засобу з нульовою токсичністю», тобто який не має емісії забруднюючих речовин в атмосферу і використовує при цьому енергію, яка виробляється на АЕС і ГЕС, так і одержувану з використанням екологічно чистих відновлюваних джерел.

Практика показує, що виконання перерахованих вище умов можливо тільки при використанні електричного приводу автотранспортних засобів.

З огляду на високу на даний момент ціну електромобілів (коефіцієнт ціни, який визначається як відношення ціни електромобіля до ціни аналога, оснащеного бензиновим або дизельним двигуном, становить в середньому 2 – 3,5). Основним фактором, що формує різницю у вартості, є висока вартість акумуляторних батарей. Питання економічної доцільності експлуатації електромобілів вимагає додаткового вивчення.

Новим методом є метод оцінки вартості володіння [29]. В порівнянні вартості володіння для автомобіля на традиційному паливі (C_d) і електромобіля (C_e) критичними є значення наступних змінних:

K - ціна покупки;

$C_{нал}$ - витрати на паливо / електроенергію;

N - податки та платежі;

$C_{обс}$ - витрати на технічне обслуговування і ремонт (вкладення, необхідні для підтримки автомобіля в працездатному стані);

P' - остаточна вартість автомобіля в кінці періоду, за який проводиться оцінка. Дане значення прийнято нульовим (передбачається експлуатація автомобіля до вироблення ресурсу).

Враховуючи рівність інших змінних, порівняльний аналіз доцільно проводити з використанням перерахованих вище [36].

Таким чином, цільовий показник вартості володіння, що розраховується для автомобіля з ДВЗ, аналогічного за технічними характеристиками електромобілю, за певне число років визначається за формулою:

$$C_d = K + \sum_{t=1}^T (C_{нал} + N_t + C_{обс}), \quad (2.10)$$

де T - тривалість розрахункового періоду, років;

t - номер розрахункового періоду (року).

Витрати на паливо визначаються наступним чином:

$$F = \left(\frac{L * q_n}{100} \right) * Ц_n, \quad (2.11)$$

де L - планований річний пробіг, км;

q_n - витрата палива, л / 100 км (кВт*год / 100 км);

$Ц_n$ - вартість палива (електроенергії), грн.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт визначаються згідно з нормами заводу-виробника, вартості робіт з технічного обслуговування і ремонту, вартості запасних частин і матеріалів, досвіду практичної експлуатації транспортного засобу даної моделі.

У разі якщо розрахунковий період (T) перевищує прогнозований термін експлуатації автомобіля, формула вартості володіння може бути перетворена наступним образом:

$$C_{Д} = \sum_{n=1}^n \left(P + \sum_{t=1}^T (C_{нал} + N_t + C_{обс}) \right), \quad (2.12)$$

де n - кількість автомобілів, що використовуються протягом розрахункового періоду. В цьому випадку $T = T_1 + T_2 + T_i$, де T_1, T_2, T_i – розрахункові терміни експлуатації кожного автомобіля.

Для розрахунку вартості володіння, приведеної до 1 км пробігу, можна скористатися формулою:

$$C_{Д1км} = \frac{\sum_{t=1}^T (C_{нал} + N_t + C_{обс}) + K}{L_{сумм}}, \quad (2.13)$$

де $L_{сумм}$ - сумарний запланований пробіг за розрахунковий період.

Для розрахунку вартості володіння, приведеної до року експлуатації, можна скористатися формулою:

$$C_{Дрік} = \frac{\sum_{t=1}^T (C_{нал} + N_t + C_{обс}) + K}{T}, \quad (2.14)$$

де K - ціна придбання;

$C_{нал}$ - витрати на електроенергію;

N - податки та обов'язкові платежі;

$C_{обс}$ - витрати на технічне обслуговування і ремонт (вкладення, необхідні для підтримки електромобіля в працездатному стані);

P' – залишкова вартість електромобіля в кінці періоду, за який проводиться

оцінка (прийнята нульовим).

Для електромобіля розрахунок вартості володіння (C_e) може бути виконаний за аналогічним принципом.

Порівняння витрат на технічне обслуговування традиційного автомобіля і електромобіля зараз важко, так як практична статистика по вартості сервісного обслуговування електромобіля в даний час відсутня. Обгрунтованим є припущення про більш низьку вартість обслуговування для електромобіля в силу відсутності таких агрегатів, як двигун внутрішнього згорання, коробка перемикачів передач і деяких інших. В даний час в різних джерелах зустрічаються оцінки, що визначають зниження вартості обслуговування для електромобіля в порівнянні з аналогом, оснащеним ДВЗ, від 0-30 до 80-90%. В даному розрахунку для електромобіля прийнятий показник скорочення витрат на обслуговування в порівнянні з аналогом на традиційному паливі на рівні 100%.

Таким чином, вартість володіння, що розраховується для електромобіля, за певне число років може бути визначена за формулою:

$$C_E = K + \sum_{t=1}^T (C_{нал} + N_t + C_{обс}), \quad (2.15)$$

де T – тривалість розрахункового періоду, років;

t – номер розрахункового періоду (року);

$C_{обс}$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт;

N – податки та обов'язкові платежі (транспортний податок);

K – вартість електромобіля.

Витрати на електроенергію визначаються в такий спосіб:

$$E = L_p * e * A * \frac{1}{\eta}, \quad (2.16)$$

де L_p – планований річний пробіг;

q_n – витрата електроенергії, кВт*год / км;

C_n – вартість кіловат-години електроенергії;

η – ККД зарядної установки (прийнятий на рівні 85% або 0,85).

Вартість володіння в розрахунку на 1 км пробігу і на рік для електромобіля ($C_{E1\text{км}}$ і $C_{E\text{рік}}$) може бути визначена аналогічно формулам автомобіля з ДВЗ.

Слід зауважити, що через високу вартість компонентів електромобіля (особливо акумуляторних батарей) досягнення паритету за вартістю володіння можливо тільки при організації масового виробництва електромобілів. З урахуванням екстраполяції даної тенденції на період 2020-2025 рр. ціна електромобіля може знизитися під впливом вартості АКБ до 2025 року на 40%.

Однією з умов, що визначає можливість масової експлуатації електромобілів, є досягнення співвідношення:

$$C_E \leq C_D. \quad (2.17)$$

ДОДАТОК Б

Таблиця Б1 – Технічна характеристика електровантажівки ERCV27

Показник	Значення
1	2
Загальні вимоги	
Тип транспортного засобу	Повністю електрична вантажівка великої вантажопід'ємності
Категорія транспортного засобу	N3
Призначення	Багатоцільовий, міський
Кліматичні умови експлуатації	Температура навколишнього середовища від -20°C до +40°C
Колісна формула	6x2-4
Загальна компоновочна схема	Осі 1 та 3 – керовані. Вісь 2 – ведучий міст з інтегрованими тяговими електромоторами
Повна маса, кг	27 000
Максимальна швидкість, км/год	80
Максимальний кут подолання підйому, %	13
Запас ходу без підзарядки тягових батарей, км min	120
Цільовий ринок	Європейський Союз та інші країни Західної Європи
Основні розміри та параметри маневреності	
Габаритна довжина, мм - без навісного обладнання	7 850

Продовження таблиці Б1

1	2
- з навісним обладнанням	10 600
Габаритна ширина, мм	2 550
Габаритна висота (з навісним обладнанням), мм	3 500
База колісна (осі 1-2), мм	3 600
Діапазон колісних баз модельного ряду, мм	3 300...3 600...3 900...4 200...4 500
База колісна (осі 2-3), мм тах	1 500
Передній звис, мм тах	2 000
Задній звис (з навісним обладнанням), мм тах	3 400
Мінімальний радіус повороту (при колісній базі 3 600мм), мм тах	7 400
Внутрішня висота кабіни, мм min	2 000
Розподіл мас	
Повна маса по осях, кг	7 800/11 500/7 700
Споряджена маса (без спеціального обладнання і його кріпильних елементів), кг тах	9 200
Каркас кузова	
Матеріал	Низьколегована сталь DIN 1 4003 і/або EN 1.4301/1.4307, AISI304/304L та інші низьколеговані сталі

Продовження таблиці Б1

1	2
Гарантія	12 років
Тип рами основи	Просторовий трубчастий каркас
Кабіна	Просторовий трубчастий каркас інтегрована з каркасом основи з низьким входом
Відсік тягових батарей	Інтегрований, розташований за кабіною. Завантаження блоку тягових батарей – зверху.
Компастер	Можливість встановлення сміттєвих компакторів фірм Zoeller або NTM
Шасі	
Передня вісь	Керована вісь з незалежною підвіскою, дисковими гальмами, 2 пневморесорами і амортизаторами
Ведучий міст	Портальний міст з інтегрованими тяговими електромоторами, залежною підвіскою, дисковими гальмами, 4 пневморесорами і амортизаторами
Підтримуюча вісь	Керована вісь з незалежною або залежною підвіскою і оригінальною кермовою трапецією, 2 пневморесорами і амортизаторами
Кермове керування	Електричний підсилювач Knorr-Bremse iHSA або Servocom, або гідравлічний підсилювач Bosch Servocom 8098 (з асинхронним гідроагрегатом 3x400 АС його живлення) на передній осі і автономне кермове керування Bosch RAS-EP на третій осі, що керується за допомогою ЕБК і давачів кута повороту

Продовження таблиці Б1

1	2
	кермового колеса
Система охолодження агрегатів шасі	Рідинне охолодження електромоторів ведучого моста, повітряного компресора і допоміжного обладнання навісних агрегатів
Пневматична та гальмівна система	
Ресивери	Виготовлені з стійких до корозії матеріалів
Компресорний агрегат	З приводом від асинхронного двигуна 3x400 В
Службова гальмівна система	ЕBS, пневматична, двоконтурна, клапанами безпеки між незалежними контурами
Допоміжна гальмівна система	Електродинамічне гальмування з рекуперацією тяговими електродвигунами
Стоянкова гальмівна система	Пружинні енергоакумулятори гальмівних камер ведучого моста
Гальмівні механізми на всіх осях	Дискові, вентильовані з автоматичним регулюванням зазору
Електричне обладнання	
Високовольтне обладнання	614 V DC (560/710 V DC) 3x400 V AC
Максимально допустимий DC струм у високовольтному колі, А	700
Низьковольтне облад., V	24
Тип тягових двигунів	Два асинхронних електромотора, що інтегровані в ведучий міст
Сумарна потужність тягових двигунів, кВт	Номінальна – 2x60; Максимальна – 2x125
Тяговий інвертор	Інтегрований в ТЗ. Силовий IGBT-перетворювач з функцією рекуперації (240кВт

Продовження таблиці Б1

1	2
	тах протягом 10хв)
Робочі режими тягового інвертера	<ul style="list-style-type: none"> - маневрування на низьких швидкостях (до 10 км/год) - тяговий режим з регулюванням швидкості - вибіг - повторний пуск після вибігу за будь-якої швидкості - електродинамічне гальмування з регульованим сповільненням - рух заднім ходом
Інвентори для агрегатів шасі	Інтегровані в ТЗ. Для привідних електромоторів, повітряного компресора, насосів компактора і підсилювача кермового колеса
Сумарна ємність акумуляторних батарей, А*год	180
Зарядно-розрядний пристрій низьковольтних акумуляторів	Інтегрований в ТЗ. Зарядка-розрядка низьковольтних акумуляторних батарей та живлення всіх низьковольтних споживачів (~10kW)
Тягові батареї	
Тип	LiFePO4 (3.2V/180Ah)
Блок тягових батарей	Акумулятори (3.2В/180А*год), що з'єднані за схемою 192 послідовно, 2 паралельно
Сумарна ємність, кВт*год	220

Продовження таблиці Б1

Ресурс	6 років не потребують обслуговування
Система керування батареями	Інтегрований в блок батарей. Із зовнішнім інтерфейсом CAN bus на протоколі SAE J1939
Система обігріву відсіку батарей	Система складається з 2 електричних 220В AC підігрівачів і 2 вентиляторів 24В DC сумарною потужністю 800 Вт. Робочі режими задаються BMS
Зарядний пристрій тягових батарей	Інтегрований в ТЗ. Зарядка від промислової мережі 3x400В AC, 60А
Безпека	
Система аварійного вимикання	Миттєва зупинка тягових двигунів, від'єднання тягових батарей, включення аварійної сигналізації та аварійного освітлення
Пристрій захисного вимкнення	Інтегрований в ТЗ. Для захисту людини від ураження електричним струмом. Згідно правил Regulation ECE No 100 addendum 99, revision 2 від 12.08.2013
Пожежна безпека	Вогнегасник порошковий об'ємом 5л min монтується в кабіні
Система утримання ТЗ на ухилі	Система допомагає рушанню ТЗ на ухилі через EBS і електронну систему керування тяговими електродвигунами

ДОДАТОК В

Перспективи електрокарів

З 2020 року німецький гігант Volkswagen планує випускати 500 тис.шт. акумуляторів для електромобілів на рік. Великі акумуляторні заводи споруджені в Китаї та США. Китайський автовиробник BYD у 2019 році планує завершити будівництво акумуляторного заводу на площі, яка відповідає 140 футбольним полям.

Очевидно, що вартість електромобільних батарей з часом падатиме. Конкуренція між виробниками загострюється, наука не стоїть на місці. Щороку ми дізнаємося щось нове про можливості акумуляторів, виробники постійно тестують удосконалення, які повинні привести до збільшення ефективності батарей.

Це зараз батарея в електрокарі — суттєва витратна частина, через яку типовий електромобіль дорожчий за авто на нафтовому паливі такого ж класу. Скоро все зміниться.

Ще у 2018 році видання Bloomberg розрахувало, що електрокари зрівняються в ціні з автомобілями з двигунами внутрішнього згорання у 2025 році, а вже за кілька років до цього різниця буде досить несуттєвою.

Електричний седан Fisker Emotion, продажі якого повинні початися в 2020 році, може отримати тверdotілу батарею, яка набагато потужніша і краща, ніж літій-іонна батарея. Таку заяву під час свого інтерв'ю зробив Хенрік Фіскер, глава компанії Fisker: «Наші вчені серйозно просунулися в розробці тверdotілих батарей. Зараз я більше впевнений в успіху цього проекту, ніж раніше. Нам необхідно вирішити ще багато проблем, перш ніж почати масове виробництво таких батарей для електромобілів. Але ми сповнені оптимізму. Уже в наступному році, я думаю, відбудуться тести автомобіля з такою батареєю».

В 2019 році на дорожніх тестах проводились випробування електричного седану Fisker EMotion не з літій-іонною, а з тверdotілою батареєю. Компанія

Fisker планує видавати ліцензії на виробництво твердотілих батарей. Кому - поки не відомо.

Створення твердотілих батарей призведе до революції у виробництві електромобілів. Вони стануть дешевші та легші. Але, найголовніше, електромобілі з такими батареями на одній зарядці зможуть проїжджати набагато більше, ніж на літій-іонних батареях. Для таких електромобілів 800 км на одній зарядці - не межа.