

**ЕЛЕКТРОМОБІЛІ ТА ЕКОЛОГІЯ. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ**

**Паршиков А.Ю.**, студ. гр. А-254

*Науковий керівник – Маковецька О.О., асистент (кафедра Хімії та екології, Одеська державна академія будівництва та архітектури)*

**Анотація.** У роботі обговорюється дослідження, яке оцінює викиди  $\text{CO}_2$  протягом життєвого циклу трьох типів транспортних засобів: автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, дизельних автомобілів та електромобілів з акумуляторами у п'яти різних регіонах (ЄС, Японія, США, Китай та Австралія). Дослідження враховує викиди з кожної фази життєвого циклу транспортних засобів, включаючи виробництво, використання та кінець життєвого циклу. Також було підкреслено вплив виробництва акумуляторів на викиди  $\text{CO}_2$ . Дослідження дає цінну інформацію про вплив різних типів транспортних засобів на навколишнє середовище, що може сприяти прийняттю політичних рішень і сприяти розвитку екологічно чистого транспорту.

**Актуальність.** Тема електромобілів та екології сьогодні є дуже актуальною, оскільки суспільство все більше турбується про зменшення викидів парникових газів, покращення якості повітря та збереження природних ресурсів. Електричні транспортні засоби розглядаються як багатообіцяюче рішення для вирішення цих екологічних проблем, і їх впровадження заохочується через такі політики, як державні стимули та регулювання викидів. Однак, як і будь-яка технологія, електромобілі мають як переваги, так і недоліки, тому важливо враховувати обидві сторони проблеми, щоб приймати зважені рішення щодо їх використання. Вивчаючи переваги та недоліки електромобілів, ми можемо краще зрозуміти їхній вплив на навколишнє середовище та працювати над розробкою більш екологічних транспортних рішень.

У цьому дослідженні викиди  $\text{CO}_2$  на етапі виробництва були проаналізовані та розділені на чотири категорії: шини, двигун і трансмісія для автомобілів з бензиновим і дизельним двигуном, двигун і інвертор для акумуляторних електромобілів і акумулятор для електромобілів. Щоб підтримувати узгодженість між регіонами, викиди  $\text{CO}_2$  на етапі виробництва вважалися однаковими. Деталі шин для бензинових, дизельних та електроавтомобілей вважалися ідентичними, а викиди  $\text{CO}_2$  для їх виробництва були розраховані на основі бази даних Японського товариства оцінки життєвого циклу (JLCA). База даних показала, що запас  $\text{CO}_2$  від видобутку матеріалу до виробництва невеликого пасажирського транспортного засобу з бензиновим двигуном, схожого за розміром на транспортні засоби в цьому дослідженні, становив 5494 кг  $\text{CO}_2$ , причому частини шин становили 76,8% від загальної ваги автомобіля. Викиди  $\text{CO}_2$  для виробництва деталей шин оцінюються в 4219 кг  $\text{CO}_2$ , припускаючи, що викиди пропорційні вазі частин шасі як частці від загальної ваги автомобіля.

Обсяг викидів  $\text{CO}_2$  від виробництва бензинових двигунів і трансмісій також розраховувався на основі JLCA і припускався рівним 1274 кг  $\text{CO}_2$ . Однак, оскільки кількість викидів  $\text{CO}_2$  від виробництва дизельного двигуна та трансмісії не описана в JLCA, вона була оцінена на основі різниці у вазі між транспортними засобами на бензині та дизелі, та ваги бензинового двигуна та трансмісії. Кількість викидів  $\text{CO}_2$  від виробництва дизельних двигунів і трансмісій оцінюється в 1539 кг  $\text{CO}_2$  [1].

Для виробництва двигуна та інвертора для акумуляторних автомобілей викиди  $\text{CO}_2$  були оцінені в 1070 кг  $\text{CO}_2$  і 641 кг  $\text{CO}_2$ , відповідно, на основі дослідження Хокінса, яке враховувало склад матеріалів і коефіцієнт викидів  $\text{CO}_2$ . Коефіцієнт викидів  $\text{CO}_2$  для виробництва акумуляторів, що представляє кількість викидів  $\text{CO}_2$  на одиницю ємності акумулятора, було оцінено на основі різних робіт у літературі. Коефіцієнт викидів  $\text{CO}_2$  для літій-іонних акумуляторів, які включали основні типи катодів, такі як літій-нікель-

марганець-кобальт-оксидний і літій-залізо-фосфатний катод, коливався від 121 кг CO<sub>2</sub> кВт/год до 250 кг CO<sub>2</sub> кВт/год, із середнім рівнем 177 кг CO<sub>2</sub> кВт/год [2].

Викиди CO<sub>2</sub> на етапі виробництва транспортного засобу підсумовані в табл. 1. Виробництво деталей шасі та двигуна було розраховано як запас CO<sub>2</sub>, тоді як двигун, інвертор та літій-іонні батареї розраховано як запас парникових газів. Основним джерелом викидів парникових газів для виробництва двигунів, інверторів і літій-іонних акумуляторів було виробництво електроенергії.

Таблиця 1 – Кількість викидів CO<sub>2</sub> на етапі виробництва автомобіля

Назва		Довідка	Довідкові дані викидів CO <sub>2</sub>	Застосувати до
Частини (кузов, шини, салон)		LCA	4219 (76,8 % заг. виробництва)	GE, DE, BEV
Бензиновий двигун і трансмісія		LCA	1274 (23,2 % загального виробництва)	GE
Дизельний двигун і трансмісія		LCA	1539 (44 %)	DE
Деталі електроприводу	Li-ion акумулятор	Фактор CO <sub>2</sub>	6337 (177 кг CO <sub>2</sub> кВт/год)	BEV
	Мотор	Хонкінс	1070	BEV
	Інвентор	Хонкінс	641	BEV

Щоб врахувати вимоги до технічного обслуговування, це дослідження оцінювало викиди CO<sub>2</sub>, пов'язані з виробництвом запасних частин. Інтервали технічного обслуговування вказані в табл. 2, причому інтервал літій-іонної батареї отримано з гарантійних відстаней у США для акумуляторних автомобілів і вважається порівняним у ЄС та Японії. Для визначення інтервалів технічного обслуговування та відповідних викидів CO<sub>2</sub> для інших деталей використовували JLCA.

Таблиця 2 – Припущення для етапу обслуговування.

Назва частини	Інтервал технічного обслуговування [км/т. о.]	Викиди CO <sub>2</sub> [кгCO <sub>2</sub> /Технічне обслуговування]	Довідка	Прикладні транспортні засоби
Шина	40000	108	JLCA	GE, DE, BEV
Свинцево-кислотний акумулятор	50000	19,5	JLCA	GE, DE, BEV
Машинне мастило	10000	3,22	JLCA	GE, DE
Охолоджувач радіатора	27000	7,03	JLCA	GE, DE
Li-ion акумулятор	160000	6337	JLCA	BEV

Дослідження оцінювало кількість викидів CO<sub>2</sub> на етапі завершення терміну експлуатації транспортних засобів для бензинових двигунів. Цільовими частинами для цієї оцінки були частини кузова, внутрішні частини та зовнішні частини для бензинових автомобілів, і ті самі межі застосовувалися до дизельних та електромобілів у цьому дослідженні. Таким чином, кількість викидів CO<sub>2</sub> під час фази завершення терміну

експлуатації вважалася однаковою для трьох, згаданих вище, автомобілей, і відповідні дані можна знайти в табл. 3.

Таблиця 3 – Викиди CO<sub>2</sub> від обробки наприкінці життєвого циклу

Назва процесу	Викиди CO <sub>2</sub> [кг CO <sub>2</sub> ]
Розбирання	
Подрібнення та сортування	24
Транспорт	4
Захоронення	38
Всього	65

На рис. 1 наведено результати розрахунків загальних викидів CO<sub>2</sub> за життєвий цикл для п'яти регіонів: ЄС, Японії, США, Китаю та Австралії. Обсяги викидів CO<sub>2</sub> для бензинових, дизельних та електромобілей були розраховані для ЄС та Японії, тоді як для США, Китаю та Австралії були розраховані викиди CO<sub>2</sub> лише для останніх двох згаданих видів автомобілей. Спостереження полягають в тому, що викиди CO<sub>2</sub> транспортних засобів з, наприклад, автомобілі з двигунами внутрішнього згорання або електромобілі, залежали від відстані проїзду. Наприклад, на рис. 1с для США двигун на бензині відображав нижчі викиди CO<sub>2</sub>, ніж електромобіль, коли відстань руху була меншою за 60 779 км через високі викиди CO<sub>2</sub>, пов'язані з виробництвом акумуляторів для акумуляторних автомобілей, тоді як вони показували нижчі викиди CO<sub>2</sub>, коли відстань перевищувала 60 779 км.

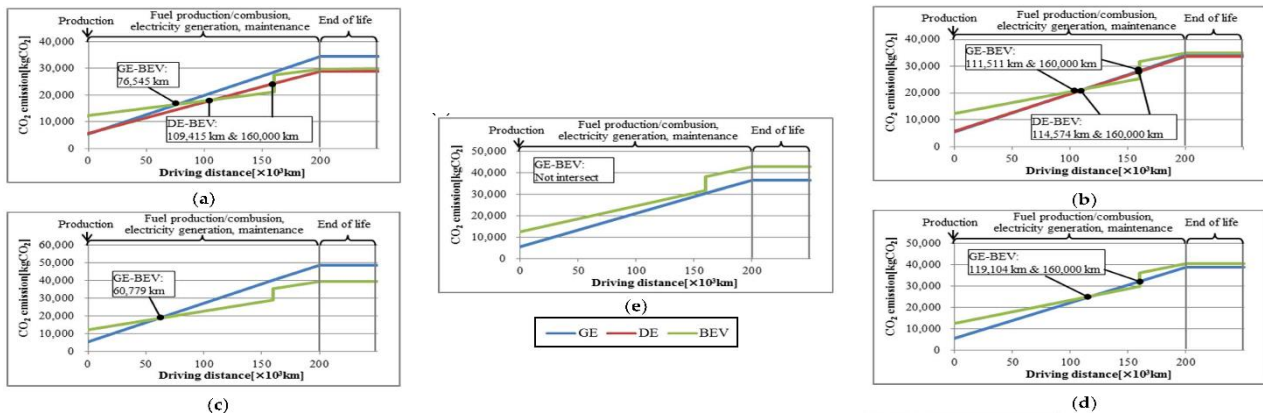


Рис. 1. Викиди CO<sub>2</sub> протягом життєвого циклу для GE, DE та BEV (а) Європейський Союз (ЄС); (б) Японія; (с) США; (д) Китай; (е) Австралія

Крім того, батарею такого автомобіля передбачалося замінювати один раз на 160 000 км. Наприклад, на рис. 1а для ЄС кількість викидів CO<sub>2</sub> дизельного автомобіля була нижчою, ніж акумуляторного, коли відстань була менше 109 415 км і більше 160 000 км (пробіг із заміною батареї). Виняток видно на іл. 1е для Австралії, де бензиновий двигун постійно показує нижчі викиди CO<sub>2</sub>, ніж акумуляторний на будь-якій відстані до 200 000 км.

Результати свідчать про те, що чим довше транспортний засіб експлуатується протягом свого терміну експлуатації, тим більше електромобілі виграють від зниження CO<sub>2</sub> порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згорання, за винятком Австралії. Також варто зазначити, що кількість викидів CO<sub>2</sub> від заміни батареї електромобіля може вплинути на те, що кількість викидів CO<sub>2</sub> автомобілей з двигунами внутрішнього згорання стане нижчою, ніж у акумуляторних автомобілей. Що стосується викидів наприкінці життєвого циклу, вони були незначними порівняно з викидами інших фаз, і тому їх важко розрізнити [3].

На рис. 2 зображено вплив варіацій коефіцієнта викидів CO<sub>2</sub> при виробництві акумуляторів на викиди CO<sub>2</sub> протягом життєвого циклу електромобілей на відстані 100 000 км в Японії. Діапазон коефіцієнта викидів CO<sub>2</sub>, який розглядався в цьому аналізі, охоплював найнижче значення 121 кг CO<sub>2</sub> кВт/год до найвищого значення 250 кг CO<sub>2</sub> кВт/год.

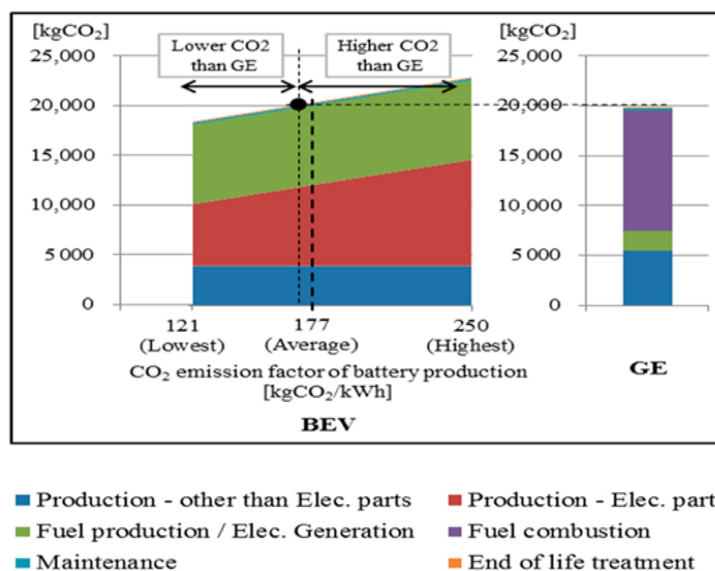


Рис. 2. Викиди CO<sub>2</sub> від акумуляторних електромобілів (BEV) у порівнянні з GE з іншим коефіцієнтом викидів CO<sub>2</sub> від виробництва акумуляторів [4]

Результати показують, що загальні викиди CO<sub>2</sub> за життєвий цикл електромобіля демонструють значні коливання залежно від коефіцієнта викидів CO<sub>2</sub> при виробництві акумуляторів. Зокрема, найнижчий коефіцієнт викидів при виробництві акумуляторів призвів до нижчих викидів CO<sub>2</sub> для електромобілей, ніж для автомобілей на бензині, тоді як найвищий коефіцієнт призвів до протилежного результату.

**Висновки та результати.** За винятком Австралії, викиди CO<sub>2</sub> протягом життєвого циклу акумуляторних автомобілей стають нижчими, ніж викиди транспортів з двигунами внутрішнього згорання. Регіональні джерела виробництва електроенергії мають значний вплив на викиди CO<sub>2</sub> від акумуляторних автомобілей, при цьому відновлювані джерела енергії призводять до менших викидів. Виробництво акумуляторів також є вирішальним фактором, оскільки найнижчий коефіцієнт викидів призводить до нижчих викидів CO<sub>2</sub> для акумуляторних автомобілей. Завдяки дослідженню, можемо зробити висновок, що всі згадані види транспортів необхідні, і виробники автомобілів повинні враховувати регіональні відмінності, суміш електроенергії та інші фактори, вводячи їх. Однак дослідження має обмеження, такі як припущення однакових викидів CO<sub>2</sub> для транспортного засобу та етапу виробництва деталей у всіх регіонах і відсутність аналізу повторного використання та переробки літій-іонних батарей або викидів CO<sub>2</sub> від електромобілів на паливних елементах.

### Література:

1. Sun, D., Kyere, F., Sampene, A.K. et al. An investigation on the role of electric vehicles in alleviating environmental pollution: evidence from five leading economies. *Environ Sci Pollut Res* 30, 18244–18259 (2023). URL: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23386-x>
  2. Hawkins, T.; Singh, B.; Majeau-Bettez, G.; Strømman, A.H. Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles. *J. Ind. Ecol.* 2012, 17, 53–64. URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x/pdf>
  3. Effect of battery electric vehicles on greenhouse gas emissions in 29 European Union countries /Fuinhas JA, Koengkan M, Leitão NC, Nwani C, Uzuner G, Dehdar F, Relva S, Sustainability (Switzerland). 2021.13(24). URL: <https://doi.org/10.3390/SU132413611>
- Estimation of CO<sub>2</sub> emissions of internal combustion engine vehicle and battery electric vehicle using LCA/ Kawamoto R, Mochizuki H, Moriguchi Y, Nakano T, Motohashi M, Sakai Y, Inaba A Sustainability.2019. 11(9):2690. URL:<https://doi.org/10.3390/SU11092690>