

© О. П. Сакно, канд. техн. наук, доцент
кафедри автомобілів та
автомобільного господарства,
ORCID: 0000-0003-4672-6651,
e-mail: sakno-olga@ukr.net;

© К. М. Бас, канд. техн. наук, доцент,
завідувач кафедри автомобілів
та автомобільного господарства,
ORCID: 0000-0003-2918-3501,
e-mail: bas.k.m@nmu.one

(НТУ «Дніпровська політехніка»);
© Є. П. Медведєв, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри залізничного, автомобільного
транспорту та підйомно-транспортних машин,
ORCID: 0000-0001-8566-9624,
e-mail: medvediev.ie@snu.edu.ua
(Східноукраїнський національний
університет ім. Володимира Даля)

© Olha Sakno, Ph.D., Associate Professor
of the Department of Automobiles and
Automobile Economy,
ORCID: 0000-0003-4672-6651,
e-mail: sakno-olga@ukr.net;

© Kostiantyn M. Bas, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor, Head of the
Department of Automobiles and Automobile
Economy,
ORCID: 0000-0003-2918-3501,
e-mail: bas.k.m@nmu.one

(Dnipro University of Technology)
© Ievgen Medvediev, Ph.D., Associate Professor of
the Department of Railway and Road Transport,
Lift and Care Systems,
ORCID: 0000-0001-8566-9624
e-mail: medvediev.ie@snu.edu.ua
(Volodymyr Dahl East Ukrainian National
University)

ТЕНДЕНЦІЇ ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

TRENDS IN VEHICLE ELECTRIFICATION

Анотація. Досліджено ринок електромобілів в Україні та світі. Встановлено, що продажі електромобілів по світу досягли рекордних 3 мільйонів у 2022 році й надалі зростають. Основні лідери продажу – автомобільні компанії Nissan, Tesla, Toyota, Volkswagen Group, BYD. В Україні зареєстровано близько 40 тис. од. електромобілів. З кожним роком їхня кількість збільшується, що свідчить про розвиток інфраструктури. Основні компанії, що надають послуги в мережі зарядних станцій для електромобілів, це Auto Enterprise, «Тока», «ДТЕК». Проаналізовані основні фактори, що впливають на ефективну експлуатацію електромобілів, а саме розвиток інфраструктури, серед таких: сучасне обладнання для зарядних станцій, програмне забезпечення для водіїв, вартісні знижки на користування електроенергією відповідно до рівнів навантаження системи тощо.

Ключові слова: електромобіль, інфраструктура, мережа зарядних станцій для електромобілів, експлуатація, фактор.

Abstract. The market of electric vehicles in Ukraine and the world has been studied. Global electric vehicle sales are found to reach a record 3 million in 2022 and continue to increase. The main sales leaders are automobile companies: Nissan, Tesla, Toyota, Volkswagen Group, BYD. It is a joint effort between several industries: automobiles, utilities, government and private property owners such as shopping centers and apartment complexes. When these paths align, vehicle electrification trends will grow exponentially. About 40 thousand electric vehicles are registered in Ukraine. The market is growing every year, reflecting the changing infrastructure for electric vehicles. This indicates significant changes in green transport and is expected to have far-reaching implications for transport and environmental policy in Ukraine. The popularity of used electric vehicles also suggests that cost may be a significant factor in driver choice, which could influence future market trends and government incentives for electric vehicle adoption. The main companies providing services in the charging network for electric vehicles are Auto Enterprise, Toka, DTEK. The main factors influencing the effective operation of electric vehicles, namely the development of infrastructure, are analyzed: a) modern equipment for charging stations corresponding to the appropriate level; b) provision of additional charging station services for electric vehicles (for example, individual lanes for parking and refueling and c) software for drivers, cost discounts for the use of electricity in accordance with system load levels, etc. Leading car factories are expected to account for more than 70% of global electric vehicle production by 2030, meaning one in four new passenger cars sold will be an electric vehicle. This is the beginning of the era of zero-emission alternative fuel vehicles.

Keywords: electric vehicle, infrastructure, charging network for electric vehicles, operation, factor.

Вступ

Продажі електромобілів (Electric Vehicles – EV) у світі у 2020 році досягли ре-

кордних 3 млн од., що на 40 % більше порівняно з 2019 р. Такий стрімкий зріст став різким контрастом із загальною млявістю автомобільного ринку в усьому світі. Загалом

продаж автомобілів знизився на 16% через кризу Covid-19 та обмеження їхньої експлуатації відповідно до рівня екологічних норм [1]. Протягом десятиліття, в умовах швидкого зростання, зараз експлуатується понад 10 млн од. EV, це становить ~1% світового автомобільного парку. З 2030 по 2050 рр. за планом [2] щодо впровадження чистих нульових викидів передбачено 300 млн од. EV на дорогах. На них припадає понад 60% продажів нових автомобілів порівняно з лише 4,6% у 2020 р. Дані [3-4] щодо продажу 2021 року свідчать про швидке зростання на основних ринках. Очікується, що електричні транспортні засоби на акумуляторних батареях (Battery Electric Vehicle – BEV) зменшать негативні зовнішні ефекти мобільності та під-

вищать економію шляхом вивільнення попиту на викопне паливо та зменшення енергоємності [5].

Основна частина

Частку продажів EV згідно з Net Zero за 2010–2030 роки за даними [3] представлено на **рис. 1**.

Глобальні продажі EV у 2021 році досягли 6,75 млн од., що на 108% більше, ніж у 2020 році. Цей обсяг охоплює легковий транспорт, легкі вантажівки та легкі комерційні транспортні засоби. Частка автомобілів EV, BEV і гібридів PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) у світових продажах легких автомобілів становила 8,3 % порівняно з 4,2% у 2020 році. BEV становили 71% від загального обсягу продажів EV, PHEV – 29%. Світовий ринок автомобілів збільшився лише на 4,7 % порівняно з 2020 роком [6].

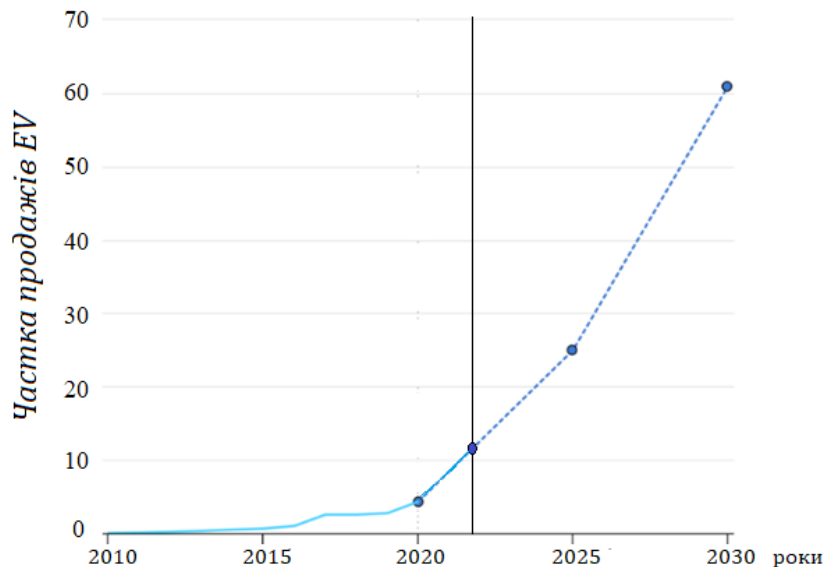


Рис. 1. Частка продажів EV згідно з даними Net Zero [3] за 2010–2030 рр.

За 2019–2020 рр. в Україні продажі EV знизилися через Covid-19, але вже в 2021 р. тренд повернувся. З 2020 р. інфраструктура для EV змінилася, а сама кількість EV зросла в чотири рази – з 5,6 тис. до 27,3 тис. од. [7-8].

Суттєве зростання попиту на електромобілі відбулося у 2018 році, коли з 1 січня був скасований ПДВ на імпорт EV. Ще раніше було скасоване мито – 10%. Починаючи з 2020 р., значно збільшилася кількість зарядних станцій.

У 2017 році до мережі Auto Enterprise [9-10] було підключено 1417 зарядних станцій. Зараз їх понад 3 тис. од. Мережа «Тока» [11] – понад 500 од.

З 2018 року в Україні починає роботу мережа електростанцій YASNO E-mobility (ДТЕК) [12].

Загальнодоступні зарядні станції Ioney є глобальною європейською мережею електростанцій, пункти якої представлені в Європейському Союзі та Україні. Здебільшого це швидкі зарядки на трасі та у місті за вигідною ціною [10].

EcoFactor охоплює загальнодоступні точки заряджання різних великих та невеликих інвесторів.

Зараз автотранспортна інфраструктура в Україні, особливо мережа швидкісних зарядок, значно покращилася. Для власників EV працюють швидкі (від 50 кВт) і супершвидкі

(від 100 кВт) зарядні станції саме на трасах. Використання перших дозволяє лише за 30 хв поповнити запас ходу на 125–140 км. За цей же час станція потужністю 120 кВт дасть 270 км ходу.

Ринок в Україні регулює себе сам. До ключових тенденцій можна віднести й підтримання урядом електричної мобільності. Різноманітні стимули та субсидії мають сприяти впровадженню електромобілів, серед таких: податкові пільги, зниження реєстраційних зборів і фінансові стимули для купівлі електромобіля. Ці ініціативи допомогли підвищити попит і зробити електромобілі доступнішими для споживачів. Ще одна тенденція на ринку – розширення зарядної інфраструктури. На початок 2024 р. значно збільшилася кількість зарядних станцій по всій країні. Розвиток інфраструктури допоміг підвищити зручність експлуатації електромобілем по території України.

Попри розвиток зарядної інфраструктури типові проблеми під час її використання залишаються. Це збої в роботі додатків мереж зарядних станцій, проблеми з розпізнаванням EV, помилки зарядних пристроїв під час зарядки.

Низька «культура зарядки», що надзвичайно актуально для українського власника EV. Сучасна зарядна станція має високу «культуру зарядки», якщо водій EV через додаток, наприклад, забронював зарядну станцію.

Попит на високу культуру зарядних станцій зростає особливо з боку власників дорогих EV (рис. 2).

Серед головних проблем – перебої з електропостачанням через воєнні дії. За даними Нацбанку, дефіцит електроенергії становить понад 7% у 2024 році, близько 8% прогнозується у 2025 та приблизно 5% – у 2026 році. Уряд разом з дотичними компаніями розробляє необхідні заходи щодо стабілізації ситуації в енергетичній сфері.

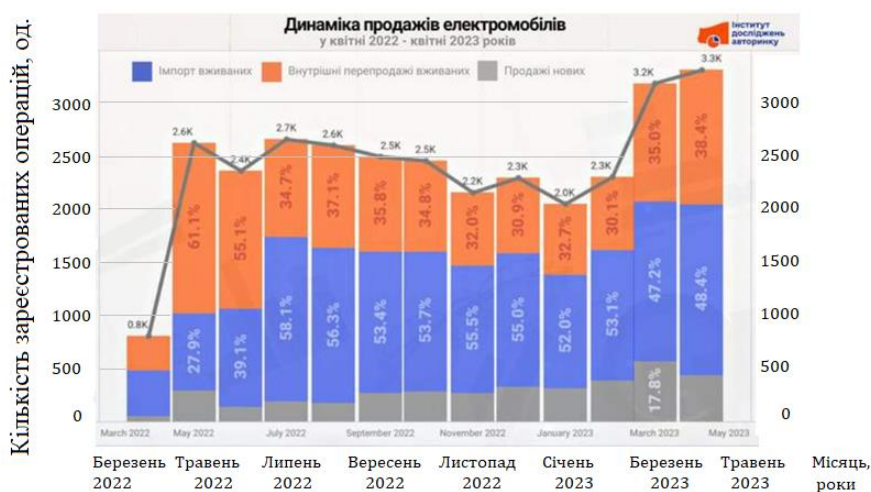


Рис. 2. Динаміка продажів електромобілів в Україні [13]

У серпні 2023 року в Україні стався небувалий сплеск продажів EV. Українці придбали понад 5600 нових і вживаних EV, що на 115% більше, ніж у серпні минулого року, і майже на 22% більше порівняно з липнем 2023 року. Цей сплеск установив новий рекорд за місяць продажів EV в країні, що вказує на значні зміни у сфері зеленого транспорту.

Із загального обсягу проданих EV 31,3% (1754 од.) було придбано на внутрішньому ринку. У списку найпопулярніших моделей EV – Nissan Leaf, Tesla Model 3 і Volkswagen E-

Golf з 449, 154 і 139 проданими одиницями відповідно. Серед інших популярних моделей – Tesla Model S, Renault Zoe, Volkswagen ID.4, Tesla Model Y і Honda M-NV. Різноманітність моделей EV, таких як BMW i3, Audi E-Tron, Mercedes-Benz B-Class, Fiat 500e, Chevrolet Bolt, Hyundai Ioniq, Tesla Model X, Smart, Renault Kangoo Z.E., Mitsubishi I-Miev, Volkswagen ID. 6, і Toyota bZ4X також потрапила до списку [14-15].

Цікаво, що понад половину проданих в Україні EV у серпні 2023 року становили вживані автомобілі, привезені з-за кордону.

Це 56,3% (3149 од.) від загального обсягу продажів [16]. Ця тенденція відображає зростання популярності вживаних EV на українському ринку та потенційно означає більш доступний спосіб переходу споживачів на екологічно чистіший вид транспорту.

Отже, ринок EV в Україні значно зростає. Нині Nissan Leaf є найпопулярнішою моделлю на внутрішньому ринку, і понад 50% автомобілів імпортується з-за кордону. Ці дані підтверджують збільшення попиту на екологічно чистий транспорт. Очікується, що це матиме далекосяжні наслідки для транспортної та екологічної політики України. Популярність вживаних EV також свідчить про те, що вартість може бути суттєвим фактором, який вплине на майбутні ринкові тенденції [17] та державні стимули для впровадження EV.

У звіті IDTechEx [15] детально описується довгостроковий 20-річний прогноз для галузі автомобільного транспорту з незалежними прогнозами IDTechEx щодо продажів, попиту на акумулятори та ринкових

доходів для будівельних EV до 2042 року з розбивкою за регіонами (Китай, США, Європа, країни та території в межах ROW, які не входять до Японії, Азійсько-Тихоокеанського, Латиноамериканського та Європейського регіонів).

Згідно з даними Future Energy [16], середня вартість установки зарядної станції для EV другого рівня – близько 6000 у. о. за порт. Але кілька факторів впливають на вартість комерційних зарядних станцій для EV: інфраструктура, обладнання, пільгові витрати, субсидії та програмне забезпечення.

Розглянемо фактори, що забезпечують розвиток електрифікації транспортних засобів у країні.

Фактор №1. Інфраструктура. Зарядна станція забезпечує електрикою EV через під'єднання до комунального під-приємства. Але електрообладнання може вимагати оновлення, яке коштує в середньому від 12 000 до 15000 у. о., згідно з Future Energy [18].

Інфраструктура є основною змінною у витратах зарядних станцій для EV (**рис. 3**).



Рис. 3. Архітектура інфраструктури використання зарядних станцій

Встановлення спеціальної схеми на 480 В може коштувати десятки тисяч доларів. Модернізація електрообладнання тягне за собою відповідні витрати, серед іншого – на електричні панелі, лічильники для контролю витрати електроенергії або навіть додатковий трансформатор. Оновлення також

може передбачати буріння, риття траншей і цементування ліній електропередач.

Фактор №2. Обладнання для зарядних станцій. На відміну від витрат на інфраструктуру плата за обладнання відносно статична і залежить від рівня зарядного пристрою (**рис. 4**).



Рис. 4. Витрати на обладнання зарядної станції для електромобілів

Перший рівень, або побутові зарядні пристрої, коштують близько 600 у. о. за виділену схему на 120 В. Однак домашнього пристрою недостатньо для комерційних підприємств, яким для роботи з навантаженням потрібні зарядні пристрої другого або третього рівня. Найвищою специфікацією для комерційної зарядної станції для EV є третій рівень, або швидка зарядка постійним струмом.

Станції третього рівня можуть зарядити автомобіль за годину постійним струмом 480 В. Станції третього рівня коштують приблизно 50 000 у. о. за один порт. Більшість комерційних підприємств намагаються встановити зарядні станції другого рівня, які працюють від 240 В і забезпечують компроміс між потужністю та вартістю. Станція для зарядки EV другого рівня коштує близько 7200 у. о. за станцію з двома портами – вона може заряджати два EV одночасно за 8–10 годин.

Фактор №3. Інші витрати. Компанії можуть додати послуги, співпрацюючи з досвідченим партнером над розробкою користувацьких середовищ та вартості послуги комерційних додаткових зарядних станцій для EV. Наприклад, клієнт матиме змогу вибрати індивідуальні смуги для паркувальних місць і вивісок, які відповідають умовам зарядки, що може коштувати близько 1500 у.о. (рис. 5).

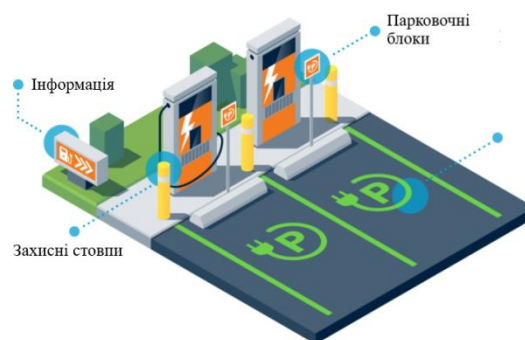


Рис. 5. Витрати на додаткові послуги зарядної станції для електромобілів

Можуть бути встановлені захисні тумби – короткі міцні стовпи за ціною 400 у. о. кожен. Станція для зарядки EV може встановлювати паркувальні блоки приблизно за 600 у. о. за одиницю.

Фактор №4. Витрати на програмне забезпечення. Щоб отримати певні фінансові стимули, власник зарядної станції для EV повинен встановити програмне забезпечення, яке зв'язується з компанією (рис. 6), що збирає та аналізує дані з мережевих зарядних станцій, щоб покращити загальну систему та дізнатися про попит на зарядку EV. Здебільшого вартість розміщення цієї інформації в хмарі становить близько 28 у. о. на місяць для кожного порту.

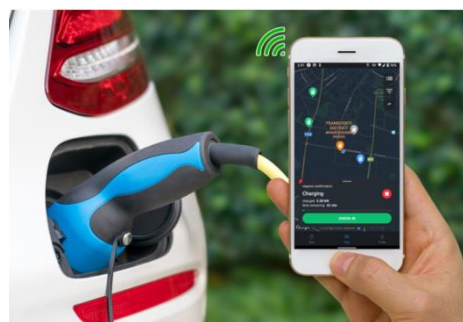


Рис. 6. Програмне забезпечення для EV

Фактор №5. *Вартість управління енергопостачанням.* Підприємства, які розумно використовують дані, можуть заощадити гроші в довгостроковій перспективі. Відстежуючи пікове навантаження, найбільшу кількість електроенергії, використану за встановлений період, компанії можуть контролювати ставку своїх рахунків за електроенергію (рис. 7).



Рис. 7. Управління енергопостачанням

Фактор №6. *Інтеграція управління даними.* Розумні рішення компаній, що пропонують зарядні станції, наголошують на проактивному управлінні використанням електроенергії за допомогою передової програмної платформи (рис. 8).



Рис. 8. Інтеграція управління даними

Фактор №7. *Стимули від держави.* Стимули відіграють вирішальну роль у зростанні впровадження EV. Наприклад, потужна програма стимулювання Китаю як для автовиробників, так і для споживачів допомогла країні стати світовим лідером у сфері EV. Китай продовжив свої споживчі субсидії до 2025 року. Крім того, політика подвійного кредитування для автовиробників мала величезний успіх, і уряд планує поступово скасовувати споживчі субсидії, коли ринок електромобілів досягне успіху.

Отже, основні фактори, що впливають на ефективну експлуатацію EV, а саме розвиток інфраструктури, це: 1) сучасне обладнання; 2) надання додаткових послуг; 3)

програмне забезпечення для водіїв, вартісні знижки на користування електроенергією тощо.

Висновки

Кількість електромобілів в Україні збільшується завдяки перевагам екологічного транспорту для споживачів, державним стимулам і субсидіям, розширенню зарядної інфраструктури українськими компаніями, прагненню країни до енергетичної незалежності та покращення економічних і екологічних умов.

За 2024 рік (згідно з рис. 1, 2) продаж електромобілів в Україні згенерує дохід у розмірі 25,7 млн у. о. За очікуваного річного темпу зростання 15,61% – досягне обсягу 46,0 млн у. о. уже до 2028 року.

На сьогодні впровадження електромобілів в Україні відбувається повільно через війну: обмежену інфраструктуру та перебої з електропостачанням. Але світова підтримка та загальні умови в нашій державі свідчать про стабільне зростання протягом останніх років кількості електромобілів, що експлуатуються. Це зумовлено поєднанням уподобань споживачів, ринкових тенденцій, місцевих особливостей та основних макроекономічних факторів України.

References

1. EEA. (2019). Greenhouse gas emissions from transport in Europe. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12>
2. European Commission. (2016). A European Strategy for Low-Emission Mobility. Brussels. Retrieved from <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-501-EN-F1-1.PDF>
3. Electric Vehicles. (2023). (n.d.). In *International Energy Agency*. Retrieved from: <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>
4. Pontes, J. (2022). Top 20 Electric Cars. In *The World* (n.d.). In *Clean Technica*. Retrieved from: <https://cleantechnica.com/2022/04/01/the-top-20-electric-cars-in-the-world-february-2022/>
5. OECD/IEA. (2018). Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification. 2018 online. Retrieved from

<https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/globalevoutlook2018.pdf>

6. Sakno, O. R., & Sakno, O. P. (2022). Monitoring of The Global Electric Vehicle Market. Materials of the X International Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Youth: Science and Innovation", Dnipro. Retrieved from <https://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/162661/1/Збірник матеріалів 2022-102-104.pdf> [in Ukrainian]

7. Nekrasov, V. (2021). Three years have passed: how the charging infrastructure for electric cars has changed, Yekonomichna pravda. Retrieved from: <https://www.epravda.com.ua/rus/publication/s/2021/02/8/670779/> [in Ukrainian]

8. Nemoha, V. V., & Firsov, O. D. (2022). *Analysis of Electric Vehicles and Development Infrastructure in Ukraine*. Proceedings of the 77th Student Scientific and Technical Conference "Student Science Week" Retrieved from <https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/160701/zvit-2022-118-120.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [in Ukrainian]

9. AutoEnterprise. (2023). Charging stations from AE Charging point. (n.d.). Retrieved from: <https://autoenterprise.ua/pages/about/ua.html> [in Ukrainian]

10. Evnoon. (2023). Map of charging stations for electric cars GBT CCS 2 Ukraine. (n.d.). Retrieved from: <https://evnoon.com.ua/chargers-map> [in Ukrainian]

11. Toka. (2023). The First National Network of Electric Filling Complexes "Toka" (n.d.). In Retrieved from: <https://toka.energy/> [in Ukrainian]

12. Yasno. (2023). Network of Charging Stations. (n.d.). Retrieved from: <https://yasno.com.ua/charge-stations> [in Ukrainian]

13. Institute of Car Market Research. We Are Forming a Civilized Car Market of Ukraine Retrieved December 1, 2023, from: <https://eauto.org.ua/> [in Ukrainian]

14. Counterpoint Research. (2022). Global EV Sales up 61% in Q2 2022; BYD Leads

Market. (n.d.). In Retrieved from: <https://www.counterpointresearch.com/insights/global-ev-sales-61-q2-2022-byd-leads-market/>

15. Lyon, P. (2022). Electric Cars To Come Of Age In 2022 With Major Debuts From Every Market. (n.d.). In *Forbes*. Retrieved from: <https://www.forbes.com/sites/peter-lyon/2022/04/30/electric-cars-to-come-of-age-in-2022-with-major-debuts-from-every-market/?sh=52d33eb21a86>

16. Auto24. (2022). The Number of Electric Cars Continues to Grow in Ukraine (n.d.). In Retrieved from: <https://auto.24tv.ua/v-ukraini-prodovzhuie-zrostaty-kilkist-elektromobiliv-n35883> [in Ukrainian]

17. IDTechEx. (2022). Electric Vehicles in Construction 2022-2042. (n.d.). Retrieved from: <https://www.idtechex.com/en/research-report/electric-vehicles-in-construction-2022-2042/854>

18. *Future energy*. (2023). Solving the EV, Technology, & Energy Challenges Across Key Industries. (n.d.). Retrieved from: <https://futureenergy.com/industries/>