УДК 621.38(075.32) DOI https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.18

Д. О. ЛИЧОВ
кандидат технічних наук,
доцент кафедри автомобільного транспорту
та сучасної інженерії
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
ORCID: 0000-0002-3231-5985

Е. Г. САФАРОВ
кандидат технічних наук,
доцент кафедри автомобільного транспорту
та сучасної інженерії
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
ORCID: 0000-0002-4584-5539

Т. В. ПЕТРЕНКО
старший викладач кафедри автомобільного транспорту
та сучасної інженерії
Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
ORCID: 0000-0003-4733-4035

Р. Е. САФАРОВ
експерт сектора електронного автомобільного транспорту
європейського ринку
ORCID: 0009-0005-2426-1349

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ВАНТАЖНОГО ТРАНСПОРТУ

Повоєнний промисловий, аграрний, транзитний потенціал України, а також прагнення до євроінтеграції ставить перед країною амбітні завдання розвитку електричного транспорту. Особлива роль належить розвитку вантажного електротранспорту. У цьому важливо розвиток інфраструктурних проектів, співробітництво з операторами ринку, досконалість технологій і устаткування. Необхідно підготувати бізнес-проекти з урахуванням експортного та транзитного потенціалу регіонів, наявність електричних потужностей. ЄС активно рухається до декарбонізації транспортної галузі. З 2025 року набувають чинності європейські директиви, які встановлюють нові цілі щодо зниження вуглецевих викидів (CO_2 *emission reduction*). *Ця довгострокова централізована програма на рівні ЄС передбачає поступовий енергетичний перехід (energy transition) на кліматично-нейтральний транспорт та зниження викидів на 90 % на 2040 рік. З 2040 року 100 % нових великовантажних траків працюватимуть виключно на чистій енергії. Програма «Зелений курс ЄС» (Green Deal), що передбачає зниження викидів вуглекислого газу на 55 % до 2030 року, включає амбітні плани щодо переходу на електричний транспорт, включаючи важкі вантажні автомобілі. З переходом на електричні вантажівки, актуальність зарядних станцій цього виду транспорту значно зросла. Ефективність зарядних станцій залежить від багатьох факторів, включаючи потужність, швидкість заряду, безпеку та від інфраструктури, необхідної для повноцінної експлуатації таких станцій. У статті розглядаються особливості електрообладнання, що використовуються на таких станціях, та їх роль у забезпеченні надійної та швидкої зарядки електричних вантажівок.*

Ключові слова: *електричний транспорт, вантажний транспорт, акумулятор, зарядна станція.*

D. O. LYCHOV
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Road Transport
and Modern Engineering
Open International University of Human Development “Ukraine”
ORCID: 0000-0002-3231-5985

E. G. SAFAROV
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Road Transport
and Modern Engineering
Open International University of Human Development “Ukraine”
ORCID: 0000-0002-4584-5539

T. V. PETRENKO
Senior Lecturer at the Department of Road Transport
and Modern Engineering
Open International University of Human Development "Ukraine"
ORCID: 0000-0003-4733-4035

R. E. SAFAROV
European Union E-Mobility Expert
ORCID: 0009-0005-2426-1349

FEATURES OF ELECTRICAL EQUIPMENT FOR FREIGHT TRANSPORT CHARGING STATIONS

The post-war industrial, agricultural, and transit potential of Ukraine, as well as the desire for European integration, sets ambitious goals for the country in the development of electric transport. A special role belongs to the development of electric freight transport. The development of infrastructure projects, cooperation with market operators, and the perfection of technologies and equipment are important in this. It is necessary to prepare business projects taking into account the export and transit potential of the regions and the availability of electrical capacity. The EU is actively moving towards decarbonization of the transport industry. From 2025, European directives will come into force, setting new goals for reducing carbon emissions (CO_2 *emission reduction*). *This long-term centralized program at the EU level provides for a gradual energy transition to climate-neutral transport and a 90 % reduction in emissions by 2040. From 2040, 100 % of new heavy-duty trucks will operate exclusively on clean energy. The EU Green Deal, which aims to reduce carbon dioxide emissions by 55 % by 2030, includes ambitious plans to transition to electric transport, including heavy goods vehicles. With the transition to electric trucks, the relevance of charging stations for this type of transport has increased significantly. The effectiveness of charging stations depends on many factors, including capacity, charging speed, safety and the infrastructure necessary for the full operation of such stations. The article examines the features of the electrical equipment used at such stations and their role in ensuring reliable and fast charging of electric trucks.*

Key words: *electric transport, freight transport, battery, charging station.*

Постановка проблеми

У ЄС зарядні станції для легкових автомобілів більш поширені, тоді як для вантажного електротранспорту почали з'являтися лише останніми роками, що суттєво впливає на інтерес до електричних вантажівок з боку державних та приватних ініціатив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження машин з електричною тягою показали, що саме перехід до більш екологічно чистого без шкідливих викидів машини – формула можливості до зменшення видобутку нафти та газу з подальшою їх переробкою. Використання акумуляторної батареє дає можливість об'єднати з двигуном внутрішнього згорання або повністю перейти на електричну рушійну силу.

На сьогодні багато науковців як в Україні, так і за кордоном дуже широко вивчають питання машин з електотягою. Зокрема, Будьонний О. В., Гладій Б. О., Гнатов А. В., Гончаров Ю. П., Дембіцький В. М., Кошель М. Д., Шевчук Я. В.

Формування мети дослідження

Метою роботи є вивчення особливостей зарядних станцій для вантажного електротранспорту та можливості їх розвитку в Україні.

Викладення основного матеріалу дослідження

Етапи розвитку легкового електротранспорту в ЄС:

• 2000–2010 рр. – Ринок електричного транспорту в ЄС лише починає розвиватись. У цей час електромобілі були переважно нішевими продуктами.

• 2010–2015 рр. – Поява масових моделей від таких компаній, як Nissan Leaf та Renault Zoe. У цих роках розпочинається прискорене зростання.

• 2015–2020 рр. – Істотне розширення моделей електромобілів, підтримка урядами країн ЄС (премії, субсидії). Збільшення продажів.

• 2020–2024 рр. – Активне зростання кількості реєстрацій електромобілів, підтримка у рамках Green Deal, розширення інфраструктури зарядних станцій.

Етапи розвитку вантажного електротранспорту:

• 2000–2015 рр. – Вантажні електричні автомобілі до ЄС на той момент практично відсутні.

• 2015–2020 рр. – Поява перших прототипів та невеликих серійних моделей для міських та регіональних перевезень.

• 2020–2024 рр. – Розвиток технологій, початок масового виробництва та продажу електричних вантажівок, таких як моделі від Tesla, Volvo, MAN, Scania, Mercedes-Benz.

У таблиці 1 показано динаміку зростання електротранспорту в ЄС з 2000 року.

Таблиця 1

Рік	Легкові електричні автомобілі (мільйони)	Вантажні електричні автомобілі (тисячі)
2000	0.01	0.0005
2005	0.02	0.001
2010	0.03	0.005
2015	0.2	0.02
2020	3.0	0.15
2021	4.0	0.25
2022	5.5	0.35
2023	7.0	0.45
2024	10.0	0.7

З графіка (рисунок 1) видно, суттєве зростання кількості вантажного електротранспорту у країнах ЄС починаючи з 2015 року.

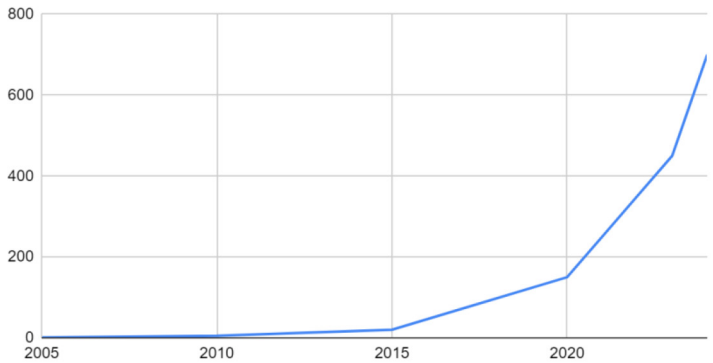

Рис. 1. Розвиток зарядних станцій для вантажного електротранспорту в ЄС та у Великоританії

У ЄС діє кілька великих ініціатив, спрямованих на створення та розвиток інфраструктури для заряджання електричних вантажівок:

1. European Alternative Fuels Infrastructure Directive (AFID): директива, спрямована на розвиток інфраструктури для альтернативних видів палива, включаючи електричні транспортні засоби.
2. Програми ELECTROMOBILITY, TEN-T та Horizon 2020 активно підтримують проекти зі створення зарядних станцій для електричних вантажівок.
3. Створення трансконтинентальних зарядних станцій для електронавантажувачів та електровозів, щоб підтримувати рух міжнародними транспортними коридорами.

У Європейському Союзі ситуація із зарядною інфраструктурою для вантажного електротранспорту розвивається завдяки кільком ключовим факторам.

1. Німеччина: компанія Ionity, яка є одним із найбільших операторів зарядних станцій у Європі, впроваджує мережі зарядних станцій для великих транспортних засобів, включаючи вантажівки. У 2022 році компанія почала розвивати інфраструктуру для електроповноприводних великовантажних автомобілів.
2. Нідерланди: активно розробляються високошвидкісні зарядні станції для вантажівок у рамках масштабних ініціатив щодо зниження викидів.
3. Франція та Швеція – також ведуть розробку зарядних станцій для електричних вантажівок у рамках національних та трансєвропейських програм.
4. Німеччина, Франція, Нідерланди та інші країни створюють зарядну інфраструктуру для електричних вантажівок у рамках загальноєвропейської мережі (TEN-T).

Технічні особливості зарядних станцій для вантажного транспорту

У Європі активно впроваджуються технології для заряджання великих акумуляторів, здатні забезпечити зарядку з високою потужністю (до кількох мегават) та ефективне керування енергією. Основна увага приділяється:

1. Розробка високошвидкісних зарядних станцій, які можуть заряджати вантажні автомобілі за час від 30 хвилин до 1 години.
2. Інтеграції зарядних станцій з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі та вітрові установки.

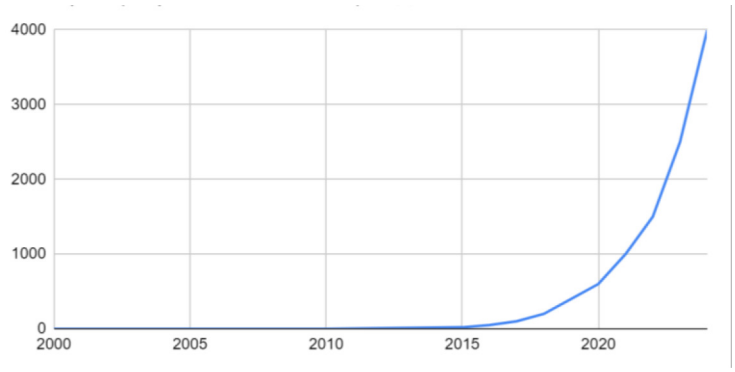

Рис. 2. Динаміка зростання електрозарядних станцій для вантажного транспорту в ЄС (2000–2024 рр.)

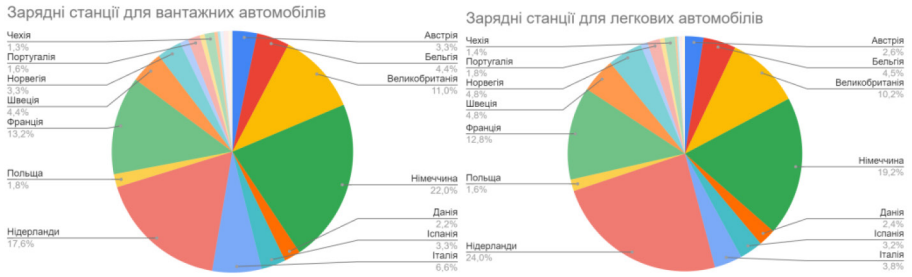

Рис. 3. Розподіл легкових та вантажних зарядних станцій у ЄС та Великобританії

Однією з основних відмінностей зарядних станцій для вантажного транспорту від станцій для легкових автомобілів є необхідність значної потужності зарядних пристроїв. Електричні вантажівки мають великі батареї, які вимагають більшого часу на зарядку, якщо потужності зарядних станцій недостатньо.

Потужність зарядних станцій для вантажного транспорту може досягати 1–3 МВт, що у кілька разів більше, ніж для легкових автомобілів. Це зумовлено необхідністю швидкої зарядки великих акумуляторів підтримки робочих характеристик транспортного засобу.

Існує кілька типів зарядних пристроїв, які можуть використовуватися для заряджання електричних вантажівок:

– швидкодіючі зарядні пристрої – забезпечують заряджання потужністю до 350 кВт і вище, що скорочує час заряджання до кількох годин;

– стандартні пристрої (AC та DC) – для повільного заряджання з потужністю до 50 кВт, придатного для нічних зарядок або в разі обмеженої інфраструктури.

Типи роз'ємів – для підключення можуть використовуватися різні стандарти, такі як CCS (Combined Charging System) або CHAdeMO, які мають бути сумісні з різними моделями транспортних засобів.

Основні характеристики зарядних пристроїв для вантажного транспорту наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Тип пристрою	Потужність	Час зарядки	Стандарт підключення
Швидкодіючий	до 350 кВт	1–2 години	CCS, CHAdeMO
Стандартне (AC/DC)	до 50 кВт	8–12 годин	CCS, Type 2
Ультрашвидке зарядне	до 1–3 МВт	менше 1 години	CCS

Зарядні станції для вантажівок мають високі вимоги до потужності та енергії. Для забезпечення стабільної роботи рекомендується використовувати резервні джерела живлення та враховувати можливість інтеграції з відновлюваними джерелами енергії (наприклад, сонячні панелі).

Сучасні зарядні станції для вантажівок інтегруються з високотехнологічними системами керування, які контролюють процес зарядки. Це дозволяє:

– оптимізувати використання енергії в залежності від часу доби та рівня заряджання акумулятора;

– запобігати перевантаженню та знижувати витрати за рахунок ефективного розподілу навантаження.

Інфраструктура зарядних станцій має бути інтегрована в ширшу екосистему, яка охоплює:

– розвиток мереж зарядних станцій за основними транспортними маршрутами;

– роль операторів зарядних станцій у забезпеченні стабільної роботи;

– зв'язок із загальною енергосистемою та взаємодія з транспортними компаніями для оптимізації часу зарядки.

З кожним роком з'являються нові технології, які можуть значно покращити ефективність зарядних станцій:
– швидка зарядка – нові пристрої та системи можуть значно скоротити час заряджання;
– інтелектуальні системи управління – використання ІІ для прогнозування потреб в енергії;
– нові акумулятори – розробка ефективніших і довговічніших акумуляторів для більшого робочого діапазону.

Порівняння електроустаткування зарядних станцій для легкового та вантажного електротранспорту наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

Характеристика	Легковий транспорт	Вантажний транспорт#
Потужність зарядної станції	7–22 кВт (для повільної зарядки) / 50–150 кВт (швидка зарядка)	350–1000 кВт (швидка зарядка) / до 3 МВт (ультравелика зарядка)
Типи зарядних пристроїв	AC (змінний струм), DC (постійний струм)	DC (постійний струм)
Швидкість заряджання	1–8 годин (AC), 30 хвилин – 1 година (DC)	1–2 години (суперзарядка)
Типи роз'ємів	Type 2, CCS, CHAdeMO	CCS (особливо для високої потужності)
Напруга мережі	220-400 В	400-800 В
Енергетичні потреби	Зазвичай до 100–200 кВт одну станцію	Потужність до 1–3 МВт для швидкого заряду великої кількості транспортних засобів
Резервне джерело	Не потрібно	Потрібна для забезпечення безперебійної роботи при високому навантаженні
Температурні вимоги	Від 0 °C до +40 °C	Від –20 °C до +50 °C
Системи керування	Прості системи моніторингу та управління	Розгорнуті системи з ШІ та прогнозуванням навантаження

Ця таблиця наочно демонструє, як відмінності у вимогах та характеристиках зарядних станцій для легкових та вантажних електротранспортних засобів впливають на проектування та експлуатацію цих станцій.

Прогнозування появи зарядних станцій для вантажного електротранспорту в Україні

Перспективи розвитку інфраструктури для зарядних станцій в Україні безпосередньо залежать від кількох ключових факторів, включаючи економічну та політичну ситуацію, розвиток законодавства, а також стратегію переходу до сталого транспорту на рівні держави.

Встановлення станцій зарядки для вантажного електротранспорту в Україні має кілька ключових факторів, які варто врахувати при виборі місць для їхнього розташування. у зарядній інфраструктурі для задоволення цих запитів.

Важливо, що:

1. Вантажні електричні автомобілі значно дорожчі за традиційні дизельні або бензинові аналоги, що гальмує їх масове поширення.
2. Менша економічна ефективність для власників транспортних компаній через дорожнечу акумуляторів та необхідність у значних капітальних вкладень в інфраструктуру зарядних станцій.

Кооперація з ЄС та міжнародні проєкти

Україна вже бере участь у низці міжнародних проєктів щодо впровадження стійких транспортних технологій. Це може сприяти розвитку зарядних станцій для вантажного транспорту:

1. Україна тісно співпрацює з ЄС, що створює можливості для отримання фінансових та технічних ресурсів для розвитку «зеленої» інфраструктури, у тому числі для зарядних станцій.
2. Програми підтримки транскордонних ініціатив, наприклад, для створення мережі зарядних станцій для електротранспорту маршрутами, що з'єднують Україну з Європою, можуть сприяти появі таких станцій і на території України.

Таким чином, хоча українська інфраструктура зарядних станцій для вантажного електротранспорту ще не розвинена, у перспективі очікується її поява та розвиток у найближчі 5–10 років. Це залежить від стимулювання попиту на електричні вантажівки, активної державної підтримки та подальшого інтегрування України до європейської «зеленої» економіки.

Поява зарядних станцій для вантажного електротранспорту в Україні найближчими роками ймовірна, особливо з урахуванням міжнародних трендів та зусиль з інтеграції України до Європейського Союзу. Проте, для цього потрібний розвиток відповідної інфраструктури, стимуляція попиту на електричні вантажівки та підтримка з боку держави.

Висновки

Зарядні станції для вантажного транспорту є важливим елементом у переході до електрифікованого транспорту. Розвиток електроустаткування для таких станцій потребує комплексного підходу, включаючи вибір потужних трансформаторів, високоякісних перетворювачів та надійних систем захисту. У майбутньому очікується значний прогрес у галузі швидкої зарядки та технологій управління енергією.

Список використаної літератури

1. Личов Д. О., Петренко Т. В., Сафаров Е. Г. (2023) Використання електробусів на автотранс портних підприємствах. Вісник ХНТУ № 3(86), С. 33–38.

2. Макогон С. Електромобілі – майбутнє, метан – теперишнє. Як швидко покращити ситуацію із забрудненням повітря в Україні. URL: https://nv.ua/ukr/biz/experts/gaz-na-avto-gbo-ekonomichnodlya-vlasnikiv-chisto-dlya-navkolishnogo-seredovishcha-vigidno-dlya-ukrajini-50036086.html (дата звернення: 06.01.2025).

3. Китайська компанія BYD зі своїми електробусами вийшла на ринок Німеччини. URL: https://elektrovesti.net/67826_kitayskaya-kompaniya-byd-so-svoimi-elektrobusami-vyshla-narynokge- rmanii (дата звернення: 06.01.2025).

4. Сафаров Р. Електрифікація логістики. Потрібно готуватися. https://logist.fm/pub lications/elektrifikaciya-logistiki-potribno-gotuvatisya (дата звернення:06.01.2025).

References

1. Lychov D. O., Petrenko T. V., Safarov E. G. (2023) Vykorystannja elektrobusiv na avtotransportnykh pidpryjemstvakh [Power supply of electric buses in motor transport enterprises]. Visnyk_kntu, no. 3(86), pp. 33–38.

2. Makogon S. (2019). Electric cars are the future, methane is the present. How to improve the air pollution situationin Ukraine quickly. Retrieved from: https://nv.ua/eng/biz/experts/gaz-na-avto-gboekonomichno-dlya-vlasnikiv-chistodlya-navkolishnogo-seredovishcha-vigidno-dlya-ukraine- 50036086.html (Accessed: 26.09.2023).

3. Electrovesti.net (2019). BYD Chinese Company Launches German Market with its Buses. Retrieved from: https://elektrovesti.net/67826_kitayskaya-kompaniya-byd-so-svoimi-elektrobusami-vyshlana-rynok-germanii (Accessed:26.09.2023).

4. Safarov R. (2024). Elektryfikacija loghistyky. Potribno ghotuvatysja [Electrification of logistics. We need to prepare]. Logist.fm/pub lications /elektrifikaciya-logistiki-potribno-gotuvatisya(Accessed:06.01.2025).