© Самостян В.Р., Гандзюк М.О., Дембіцький В.М. 2025

УДК 629.33:004.9
UDK 629.33:004.9

Самостян В.Р., Гандзюк М.О., Дембіцький В.М.
Луцький національний технічний університет

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Автомобільна галузь сьогодні перебуває у стані глибокої трансформації, зумовленої процесами цифровізації, яка стає ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності, ефективності та екологічної сталості. У статті розглянуто основні тенденції, виклики та перспективи розвитку автомобільної промисловості в умовах цифрової трансформації. Метою дослідження є визначення напрямів впливу цифрових технологій на виробництво, експлуатацію та управління транспортними системами, а також формування рекомендацій щодо підвищення ефективності галузі з урахуванням світових практик.

Результати дослідження свідчать, що цифровізація охоплює всі етапи життєвого циклу транспортного засобу – від проєктування до утилізації. Основними тенденціями є електрифікація транспорту, розвиток автономних та підключених систем, інтеграція Інтернету речей (IoT) і використання великих даних (Big Data) для підвищення безпеки та ефективності руху. Важливе місце займають технології цифрового двійника (Digital Twin), які дозволяють створювати віртуальні моделі транспортних засобів, проводити симуляційні випробування та прогнозувати технічний стан у реальному часі.

Окрему увагу приділено впровадженню хмарних платформ, дистанційної діагностики та оновлення програмного забезпечення Over-the-Air (OTA), що змінюють традиційні підходи до обслуговування автомобілів. Крім того, цифровізація сприяє появі нових бізнес-моделей – зокрема, концепції «Мобільність як послуга» (Mobility as a Service, MaaS), яка фокусується на доступі до мобільності через цифрові платформи, а не на володінні транспортним засобом.

У статті наголошується, що для України процес цифрової трансформації автомобільної галузі супроводжується певними викликами – застарілою виробничою базою, обмеженими інвестиціями та недостатнім рівнем цифрової інфраструктури. Водночас зростання інженерного потенціалу, цифрових компетентностей і участь у європейських інноваційних програмах створюють сприятливі передумови для інтеграції у глобальні процеси цифровізації транспортної сфери.

Ключові слова: автомобільна галузь, цифровізація, Індустрія 4.0, електромобілі, автономний транспорт, Інтернет речей (IoT), великі дані (Big Data), цифровий двійник, мобільність як послуга (MaaS), смарт-мобільність.

ВСТУП

Автомобільна галузь є однією з найдинамічніших і найтехнологічніших сфер світової економіки, яка справляє значний вплив на розвиток суміжних галузей – машинобудування, енергетики, електроніки, інформаційних технологій та екологічного сектору. У XXI столітті автомобільна промисловість вступила в етап глибокої структурної трансформації, основою якої є цифровізація усіх процесів життєвого циклу транспортного засобу – від наукових досліджень і проектування до виробництва, експлуатації, обслуговування та утилізації.

Поняття цифровізації у сучасному контексті охоплює використання інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), великих даних (Big Data), хмарних технологій, віртуальної та доповненої реальності (VR/AR), блокчейну та технології цифрового двійника (Digital Twin). Вони створюють умови для формування нового типу транспортних систем – інтелектуальних, взаємопов'язаних і сталих, які відповідають вимогам сучасного суспільства та екологічним викликам.

За прогнозами McKinsey & Company (2024), до 2035 року близько 80 % нових автомобілів будуть оснащені постійним підключенням до мережі, а понад 50 % – матимуть часткові або повні автономні функції керування. Це свідчить про поступовий перехід від традиційної парадигми автомобілебудування до мобільності як послуги (Mobility as a Service, MaaS), де основний акцент зміщується з володіння транспортним засобом на інтеграцію цифрових сервісів мобільності.

Ключовим наслідком цифровізації є зміна структури доданої вартості в автомобільній індустрії. Якщо раніше основна частка формувалася на етапі виробництва механічних компонентів, то нині дедалі більшу роль відіграють програмне забезпечення, аналітика даних, кібербезпека та цифрова інфраструктура. Саме ці напрями стають вирішальними для конкурентоспроможності виробників на глобальному ринку.

Особливу увагу привертає розвиток електромобільного сектору [1], який демонструє експоненціальне зростання. Згідно з аналітичним звітом International Energy Agency (IEA, 2024), кількість електромобілів у світі перевищила 40 мільйонів одиниць, а частка їхніх продажів у загальному обсязі нових автомобілів досягла 18 %. Цей процес супроводжується цифровими

інноваціями – управлінням зарядом у реальному часі, оптимізацією маршрутів, інтеграцією транспортних засобів в енергомережу (V2G – Vehicle to Grid).

Цифрова трансформація торкається не лише технічних аспектів, а й організаційно-економічних моделей функціонування автомобільних підприємств. У виробництві активно застосовуються принципи Індустрії 4.0, що передбачають гнучку автоматизацію, роботизацію, використання сенсорних мереж, кіберфізичних систем і віртуальних моделей. Водночас на рівні управління розвиваються цифрові ланцюги постачання (Digital Supply Chains), які забезпечують інтеграцію усіх учасників виробничого процесу в єдиний інформаційний простір.

Важливо відзначити, що цифровізація автомобільного транспорту в Україні лише набирає обертів. У національному контексті її розвиток стримується низкою факторів – застарілою виробничою базою, недостатньою цифровою інфраструктурою, нестачею інвестицій та дефіцитом висококваліфікованих кадрів. Водночас Україна має значний потенціал інтеграції у глобальні процеси цифрової модернізації, зокрема завдяки розвитку інженерних IT-компаній, участі у міжнародних проектах з електромобільності та впровадженню «розумних» транспортних систем у містах.

Отже, актуальність дослідження зумовлена необхідністю системного аналізу тенденцій цифрової трансформації автомобільної галузі, виявлення її ключових напрямів, викликів та можливостей для підвищення ефективності галузі в умовах переходу до цифрової економіки. Результати такого аналізу мають практичне значення для виробників, транспортних компаній, наукових установ та освітніх організацій, які формують кадровий потенціал нового покоління.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Відповідно до досліджень, автомобільна промисловість переживає четверту технологічну революцію (Industry 4.0), у якій цифрові технології є рушійною силою. Наприклад, дослідники відзначають, що цифрова трансформація охоплює теми підключених автомобілів, автономного керування, Big Data та нових бізнес-моделей у автомобільній промисловості [2].

Світові тенденції свідчать про швидке зростання ролі електромобілів, розвиток систем автономного керування та цифрових платформ управління мобільністю [3].

Попри позитивні результати цифрової трансформації, існують проблеми, пов’язані з високою вартістю впровадження технологій, недостатнім рівнем кібербезпеки, низькою готовністю інфраструктури до автономного транспорту та відсутністю єдиних стандартів обміну даними між виробниками [4].

Особливо гостро ці питання постають у країнах, що розвиваються, включно з Україною, де цифровізація транспортної системи перебуває на етапі становлення.

ЦІЛІ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є виявлення основних тенденцій розвитку автомобільної галузі в умовах цифровізації та визначення напрямів підвищення ефективності її функціонування на основі сучасних технологічних рішень.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі:

1. Проаналізувати сучасний стан цифровізації автомобільної галузі.
2. Виокремити основні напрями впливу цифрових технологій на конструкцію, виробництво та експлуатацію транспортних засобів.
3. Визначити ключові виклики та бар’єри цифрової трансформації.
4. Запропонувати перспективні шляхи розвитку галузі з урахуванням світових трендів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі дослідження встановлено, що цифровізація охоплює всі етапи життєвого циклу транспортного засобу – від проєктування до виробництва, експлуатації та утилізації.

Впровадження технологій Індустрії 4.0 сприяє формуванню цифрової екосистеми автомобільної галузі, у межах якої відбувається інтеграція виробничих процесів, транспортних засобів, інформаційних платформ та споживачів у єдиний цифровий простір.

Таку структуру цифрової екосистеми наведено на рисунку 1.

Рисунок 1 – Цифрова екосистема автомобільної галузі

На основі аналізу наукових і аналітичних джерел [8] виділено п’ять ключових напрямів цифрової трансформації галузі, які формують сучасні тенденції її розвитку.

1. Електрифікація транспорту

Одним із найпомітніших трендів є масовий перехід до електромобілів (EV) та гібридних силових установок. Провідні виробники – Tesla, Volkswagen, BMW, Toyota, BYD – активно інвестують у створення ліній повністю електричних моделей.

Цифрові технології відіграють ключову роль у розробці систем управління батареями (Battery Management Systems, BMS), оптимізації енергоспоживання, а також у побудові «розумних» зарядних мереж, інтегрованих в енергетичну інфраструктуру.

Сьогодні розвиток EV супроводжується створенням високоточних цифрових моделей акумуляторів, що дозволяють прогнозувати деградацію елементів та забезпечують ефективне керування зарядом і розрядом у режимі реального часу [9].

2. Розвиток автономних транспортних систем

Застосування штучного інтелекту (AI), комп’ютерного зору та глибинного навчання сприяє реалізації автономних функцій керування транспортом.

Системи ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), що включають автоматичне гальмування, утримання смуги руху, розпізнавання дорожніх знаків, формують основу майбутніх безпілотних автомобілів.

Компанії Waymo, NVIDIA, Mobileye, Volvo впроваджують комплексні програмно-апаратні рішення, здатні обробляти великі обсяги даних із сенсорів (лідарів, радарів, камер) для забезпечення безпечного руху.

Паралельно розвивається віртуальне тестування автономних систем – створюються симуляційні середовища, що дозволяють перевіряти алгоритми керування без ризику для життя людей і транспортних засобів.

3. Впровадження цифрових платформ обслуговування

Цифровізація змінює не лише конструкцію автомобіля, а й модель його експлуатації.

Поширення телематики, дистанційної діагностики та хмарних сервісів забезпечує постійну взаємодію між користувачем, виробником і сервісним центром.

Завдяки технологіям Over-the-Air (OTA) автовиробники можуть оновлювати програмне забезпечення автомобіля без відвідування сервісу, усувати недоліки, змінювати параметри керування або додавати нові функції.

Наприклад, Tesla та BMW використовують OTA-оновлення для покращення енергоефективності, безпеки та мультимедійних можливостей.

Також активно розвиваються цифрові екосистеми для керування парком транспортних засобів, що дозволяють оптимізувати логістику, моніторинг витрат палива, стан вузлів і маршрутів руху в режимі реального часу [3].

4. Використання технологій цифрового двійника

Технологія Digital Twin (цифровий двійник) дає змогу створювати віртуальні копії транспортних засобів, компонентів або цілих виробничих процесів.

Це дозволяє проводити моделювання, тестування та оптимізацію конструкцій без потреби у фізичних прототипах, що суттєво скорочує час і витрати на розробку.

Компанії, такі як Siemens, Bosch, General Motors, уже активно використовують цифрові двійники на етапах проектування, випробувань та прогнозування технічного стану автомобілів.

Крім того, технологія цифрового двійника є важливою складовою передбачуваного технічного обслуговування (Predictive Maintenance), яке базується на аналітиці даних сенсорів та алгоритмах машинного навчання [8].

5. Інтеграція IoT і Big Data

Сучасні автомобілі є мобільними цифровими пристроями, що генерують і передають великі обсяги даних – від інформації про навколишнє середовище до параметрів роботи систем.

Інтеграція з інтернетом речей (IoT) забезпечує постійний моніторинг стану транспортних засобів, збирання аналітики для вдосконалення продуктивності та безпеки.

Завдяки Big Data автовиробники можуть аналізувати поведінку користувачів, прогнозувати попит, підвищувати якість обслуговування, а також створювати індивідуалізовані сервіси для водіїв [5].

Крім того, обробка великих даних сприяє розвитку інтелектуальних транспортних систем (ITS), які оптимізують міські потоки, координують роботу світлофорів та зменшують викиди CO_2.

6. Нові бізнес-моделі та мобільність як послуга (MaaS)

Цифровізація зумовила появу нової концепції – Mobility as a Service (MaaS), що передбачає інтеграцію різних видів транспорту в єдину цифрову екосистему.

Модель MaaS орієнтована не на володіння автомобілем, а на доступ до мобільності через цифрові платформи – каршеринг, райдшеринг, мікромобільність.

Це змінює структуру попиту, стимулює розвиток електричного міського транспорту, зменшує навантаження на інфраструктуру та сприяє зниженню шкідливих викидів.

Для українського контексту така модель є перспективною з точки зору сталого розвитку та цифрової інтеграції міських транспортних систем.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Отримані результати свідчать, що цифровізація сприяє появі нових бізнес-моделей у транспортній сфері – «мобільність як послуга» (Mobility as a Service, MaaS), каршеринг, смарт-транспортні системи. У той же час виникає потреба у формуванні нових компетенцій фахівців автомобільного профілю, які мають поєднувати інженерні та IT-знання.

Для України цифрова трансформація автомобільної галузі має не лише економічне, але й стратегічне значення, оскільки створює передумови для інтеграції у світові ланцюги доданої вартості, підвищення конкурентоспроможності та зниження екологічного навантаження.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження встановлено, що цифровізація виступає визначальним чинником розвитку сучасної автомобільної галузі, формуючи нові технологічні, економічні та організаційні підходи до створення, виробництва й експлуатації транспортних засобів. Вона не лише трансформує традиційні виробничі процеси, але й сприяє появі інноваційних бізнес-моделей, орієнтованих на клієнта, сталий розвиток та ефективне використання ресурсів.

Процеси цифрової трансформації охоплюють усі етапи життєвого циклу автомобіля: від інтелектуального проєктування з використанням систем CAD/CAM/CAE до створення цифрових двійників, управління виробництвом за допомогою IoT і Big Data, а також моніторингу технічного стану транспортного засобу через хмарні сервіси. Такі технології забезпечують підвищення точності, якості та швидкості виробничих процесів, зменшення витрат і ризиків, а також можливість прийняття управлінських рішень у реальному часі.

Цифровізація відкриває нові перспективи для розвитку концепції «Мобільність як послуга» (Mobility as a Service, MaaS), яка передбачає перехід від моделі володіння транспортним засобом до моделі інтегрованого доступу до мобільності через цифрові платформи. Це сприяє формуванню

нових ринкових сегментів, підвищенню ефективності транспортних систем і зменшенню негативного впливу на довкілля.

У світовому масштабі провідними тенденціями розвитку автомобільної галузі є електрифікація, автономізація, підключення транспортних засобів до мережі, інтелектуалізація процесів обслуговування та інтеграція штучного інтелекту у функціонування транспортних систем. Ці процеси взаємопов'язані з розвитком Індустрії 4.0 і створенням розумних виробництв (smart factories), що функціонують на основі кіберфізичних систем.

Для України цифрова трансформація автомобільної галузі залишається складним, але необхідним процесом, який потребує оновлення виробничої бази, розвитку цифрових компетентностей персоналу, залучення інвестицій та інтеграції у міжнародні науково-технологічні програми. Позитивним чинником є наявність інженерного потенціалу, IT-фахівців та активна участь у європейських проєктах із впровадження інноваційних транспортних технологій.

Отже, цифровізація є не лише технологічною, а й стратегічною передумовою розвитку автомобільної галузі. Її ефективна реалізація забезпечить підвищення конкурентоспроможності підприємств, створення нових робочих місць, розвиток інтелектуальної мобільності та інтеграцію України у глобальний цифровий транспортний простір. Перспективами подальших досліджень є аналіз економічної ефективності впровадження цифрових технологій, а також оцінка екологічних і соціальних наслідків цифрової трансформації транспортної інфраструктури.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Pustiulha, S., Samchuk, V., Dembitsky, V., Samostian, V., Prydiuk, V. Construction of the geometrical models of a multiple-factor optimization of the technical and operating parameters of the trolleybuses with an autonomous move margin // Communications - Scientific Letters of the University of Žilina, 2022, 24(1), pp. B29–B40 https://doi.org/10.26552/com.C.2022.1.B29-B40

2. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13662716.2022.2151873?utm_source=chatgpt.com "Digital Transformation of the Automotive Industry: An Integrating ...".

3. "Key technology trends in the automotive industry in 2025: Sustainability, autonomous driving, electrification, increased connectivity…" (2025). Epicflow. https://www.epicflow.com/blog/5-latest-trends-in-the-automotive-industry/.

4. Llopis-Albert, C., Rubio, F., & Valero, F. (2021). Impact of digital transformation on the automotive industry. Technological Forecasting and Social Change, 170, Article 120897.

5. Olmstead, L. (2024, December 20). Digital transformation in the automotive industry (+ examples). Whatfix. [https://whatfix.com/blog/digital-transformation-automotive/] (https://whatfix.com/blog/digital-transformation-automotive/

6. Koyuncuoğlu, M. (2024). The importance of digital transformation in the automotive industry. Journal of Industrial Policy and Technology Management, 7 (1), 105-118.

7. Men, F., Dong, F., Liu, Y., & Yang, H. (2023). Research on the impact of digital transformation on the product R&D performance of automobile enterprises from the perspective of the innovation ecosystem. Sustainability, 15 (7), 6265.

8. Stoehr, N., Braesemann, F., Frommelt, M., & Zhou, S. (2019). Mining the automotive industry: A network analysis of corporate positioning and technological trends. arXiv. https://arxiv.org/abs/1912.10097

9. "Digitalization: A game changer for the auto industry." (2024). NVIDIA Blog. [https://blogs.nvidia.com/blog/auto-digitalization/](https://blogs.nvidia.com/blog/auto-digitalization/

10. "Digital transformation in the automotive industry: Trends & use cases." (n.d.). FlowForma. [https://www.flowforma.com/blog/digital-transformation-in-automotive-industry-trends-and-use-cases](https://www.flowforma.com/blog/digital-transformation-in-automotive-industry-trends-and-use-cases

V. Samostian, M. Handziuk, V. Dembitskyi. **Tendencies in the development of the automotive industry under digitalization conditions**

The automotive industry is currently undergoing a profound transformation driven by digitalization, which has become a key factor determining its competitiveness and sustainability. This research aims to identify the main trends, challenges, and opportunities related to the digital transformation of the global and Ukrainian automotive sectors. The study is based on a comprehensive analysis of scientific literature, industrial reports, and global best practices concerning the implementation of digital technologies in vehicle design, manufacturing, and operation.

The results demonstrate that digitalization influences all stages of the vehicle life cycle – from conceptual design and production to maintenance and utilization. The most significant technological trends include vehicle electrification, the development of autonomous and connected systems, the integration of Internet of Things (IoT) and Big Data technologies, and the use of digital twins for predictive diagnostics and virtual testing. The research also emphasizes the growing importance of over-the-air (OTA) updates, remote monitoring, and cloud-based platforms that transform traditional models of vehicle ownership and maintenance.

Another key trend is the emergence of new business models such as Mobility as a Service (MaaS), which shifts the focus from vehicle ownership to access to mobility services through digital platforms. These changes stimulate the evolution of smart transport ecosystems and encourage interdisciplinary collaboration between the automotive, IT, and energy sectors.

The article highlights that while developed countries are rapidly advancing toward fully digitalized transport systems, countries like Ukraine face certain barriers, including outdated production infrastructure and insufficient investment. However, the growing digital competence, engineering potential, and integration into European innovation networks create favorable conditions for accelerating digital transformation in Ukraine's automotive industry.

Keywords: automotive industry, digitalization, Industry 4.0, electric vehicles, autonomous transport, Internet of Things (IoT), Big Data, digital twin, Mobility as a Service (MaaS), smart mobility.

САМОСТЯН Віктор Русланович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: cvmbf@ukr.net. http://orcid.org/0000-0001-6823-8558

ГАНДЗЮК Микола Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету, e-mail: Gandzyuk64.MG@gmail.com. http://orcid.org/0000-0002-3552-4256.

ДЕМБІЦЬКИЙ Валерій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцького національного технічного університету, e-mail: dvm2@meta.ua, https://orcid.org/0000-0002-1006-9218

Viktor SAMOSTIAN, PhD in Engeneering, associate professor of Automobiles and Transport Technologies department, Lutsk National Technical University e-mail: svrmbf@gmail.com http://orcid.org/0000-0001-6823-8558

Mykola HANDZIUK, Ph.D in Engeneering, associate professor of automobiles and transport technologies department, Lutsk National Technical University, e-mail: Gandzyuk64.MG@gmail.com. http://orcid.org/0000-0002-3552-4256.

Valerii DEMBITSKYI, PhD. in Engineering associate professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: dvm2@meta.ua, https://orcid.org/0000-0002-1006-9218

DOI 10.36910/automash.v2i25.1933