

УДК 624.05

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.290426.71.1227

## ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ БУДІВНИЦТВА АВТОМАТИЗОВАНИХ ПАРКУВАЛЬНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

КРАВЧУНОВСЬКА Т. С.<sup>1\*</sup>, докт. техн. наук, проф.,  
КУДРЕЙКО Є. Д.<sup>2</sup>, асп.

<sup>1\*</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: [t.s.kravchunovska@ust.edu.ua](mailto:t.s.kravchunovska@ust.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

<sup>2</sup> Кафедра організації і управління будівництвом, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. + 38 (099) 067-06-47, e-mail: [ed.kudreyko@gmail.com](mailto:ed.kudreyko@gmail.com), ORCID ID: 0009-0005-3758-4462

**Анотація. Постановка проблеми.** Зростання кількості транспортних засобів у сучасних містах, особливо в умовах обмеженого міського простору, створює гостру потребу у впровадженні новітніх, ефективних рішень для організації паркування. Особливо актуальною ця проблема стає для центральних районів великих міст із щільною забудовою, де традиційні методи будівництва паркінгів часто є неможливими або економічно недоцільними. Наразі завдання організації в умовах щільної міської забудови масового будівництва об'єктів, призначених для постійного та тимчасового зберігання автомобілів, повністю не вирішено. Поштовхом до впровадження таких проєктів буде забезпечення їх високої прибутковості завдяки якісним проєктним та організаційно-технологічним рішенням із дотриманням світових стандартів. Будівництво автоматизованих паркувальних систем дозволить значно збільшити кількість паркомісць на обмеженій площі, зберігаючи при цьому цілісність міської забудови та забезпечуючи економію часу, дотримання екологічних норм і вимог безпеки. **Мета статті.** Обґрунтування доцільності будівництва автоматизованих паркувальних систем в умовах щільної міської забудови (на прикладі історичного центру м. Дніпро). **Висновок.** На основі даних про успішні міжнародні практики здійснено порівняльний аналіз ефективності автоматизованих та традиційних паркувальних систем, а також запропоновано комплексні заходи щодо організації будівельного процесу з урахуванням мінімізації впливу на навколишнє середовище та збереження життєдіяльності міського району. Впровадження автоматизованих паркувальних систем дозволяє втричі і більше збільшити місткість паркінгу, скоротити витрати часу на пошук паркувального місця, знизити транспортне навантаження та зберегти архітектурну цілісність міста. Організація будівництва в таких умовах потребує застосування інноваційних будівельних технологій, чіткої логістики і комплексного підходу, що мінімізує негативний вплив на навколишнє природне середовище і життєдіяльність району.

**Ключові слова:** паркінг; автоматизована паркувальна система; щільна забудова; будівельне інформаційне моделювання; ефективність

## SUBSTANTIATION OF THE EXPEDIENCY OF THE CONSTRUCTION OF AUTOMATED PARKING SYSTEMS IN DENSE URBAN AREAS

KRAVCHUNOVSKA T.S.<sup>1\*</sup>, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,  
KUDREIKO Ye.D.<sup>2</sup>, PhD Stud.

<sup>1\*</sup> Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail: [t.s.kravchunovska@ust.edu.ua](mailto:t.s.kravchunovska@ust.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-0986-8995

<sup>2</sup> Department of Organisation and Management in Construction, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. + 38 (099) 067-06-47, e-mail: [ed.kudreyko@gmail.com](mailto:ed.kudreyko@gmail.com), ORCID ID: 0009-0005-3758-4462

**Abstract. Raising of problem.** The increasing number of vehicles in modern cities, especially in conditions of limited urban space, creates an urgent need for the implementation of innovative, effective solutions for parking organisation. This problem is particularly acute in the central areas of large cities with dense development, where traditional methods of parking construction are often impossible or economically unfeasible. At present, the task of organising the mass construction of facilities for permanent and temporary car storage in densely built-up urban areas has

not been fully resolved. The impetus for the implementation of such projects will be to ensure their high profitability through high-quality design, organisational and technological solutions that comply with international standards. The construction of automated parking systems will significantly increase the number of parking spaces in a limited area, while preserving the integrity of urban development and ensuring time savings, compliance with environmental standards and safety requirements. **Purpose of the article.** Substantiating the feasibility of construction of automated parking systems in densely built-up urban areas (using the example of the historic centre of Dnipro). **Conclusion.** Based on data on successful international practices, a comparative analysis of the effectiveness of automated and traditional parking systems was carried out, and comprehensive measures were proposed for organising the construction process, taking into account the minimisation of environmental impact and the preservation of urban life. The implementation of automated parking systems allows for a threefold or more increase in parking capacity, reduces the time spent searching for a parking space, lowers traffic congestion, and preserves the architectural integrity of the city. The organisation of construction in such conditions requires the use of innovative construction technologies, clear logistics and a comprehensive approach that minimises the negative impact on the natural environment and the life of the area.

**Keywords:** *parking; automated parking system; dense area; building information modelling; efficiency*

**Постановка проблеми.** Зростання кількості транспортних засобів у сучасних містах, особливо в умовах обмеженого міського простору, створює гостру потребу у впровадженні новітніх, ефективних рішень для організації паркування. Особливо актуальною ця проблема стає для центральних районів великих міст із щільною забудовою, де традиційні методи будівництва паркінгів часто є неможливими або економічно недоцільними.

**Аналіз публікацій.** Наразі завдання організації в умовах щільної міської забудови масового будівництва об'єктів, призначених для постійного та тимчасового зберігання автомобілів, повністю не вирішено.

Поштовхом до впровадження таких проєктів буде забезпечення їх високої прибутковості завдяки якісним проєктним та організаційно-технологічним рішенням із дотриманням світових стандартів.

В умовах щільної міської забудови реалізувати таке завдання можна шляхом створення автоматизованих паркувальних систем (АПС). За цих умов будівництво АПС дозволить значно збільшити кількість паркомісць на обмеженій площі, зберігаючи при цьому цілісність міської забудови та забезпечуючи економію часу, дотримання екологічних норм і вимог безпеки [1–3].

**Формулювання мети статті.** Метою дослідження є обґрунтування доцільності будівництва автоматизованих паркувальних систем в умовах щільної міської забудови (на прикладі історичного центру м. Дніпро).

**Результати досліджень.** Проєктування АПС у щільно забудованих міських районах, особливо в історичних частинах міст, де відсутня можливість уникати існуючих інженерних мереж, потребує комплексного підходу до організації робіт із перенесення комунікацій. Важливо передбачити раціональні проєктні рішення та провести технічні заходи з винесення, перепідключення та відновлення функціональності мереж, що гарантуватиме безперервне забезпечення послуг для мешканців та підприємств, розташованих на ділянці забудови.

Будівництво АПС здійснюється в умовах безперервної експлуатації прилеглих будівель, що потребує підтримання доступності транспортних шляхів для обслуговуючого, службового та приватного транспорту. Проєктування має враховувати організацію під'їздів і зон для завантаження / розвантаження, а також передбачати заходи щодо мінімізації тимчасових обмежень руху, щоб уникнути паралізації життєдіяльності в районі забудови.

Щодо впливу будівництва та експлуатації АПС на навколишнє середовище, основну увагу слід приділяти контролю рівня шуму та вібрацій, які виникають під час виконання будівельних робіт та роботи автоматизованих механізмів. Інших значних негативних впливів, які б могли зашкодити екології, не виявлено. Автоматизовані паркувальні системи сприяють зменшенню викидів від транспорту в міському середовищі завдяки

скороченню часу на пошук місця для паркування. Додатковою перевагою може стати встановлення сонячних батарей на дахах АПС, що дозволить використовувати згенеровану електроенергію для живлення систем паркування, підвищуючи енергоефективність об'єкта.

Реалізація АПС на обмеженій площі зазвичай передбачає вертикальне

розміщення автомобілів на 3–5 рівнях із використанням ліфтів і конвеєрних систем. Як показують дослідження [4], автоматизовані паркінги дозволяють розмістити на 150–250 % більше автомобілів порівняно з класичними багаторівневими чи наземними паркінгами [4] (табл. 1).

Таблиця 1

**Приклад розрахунку щільності паркування**

Параметри	Традиційний паркінг	АПС, 3 поверхи	АПС, 4 поверхи	АПС, 5 поверхів
Загальна площа ділянки, м <sup>2</sup>	300	300	300	300
Площа на 1 автомобіль, м <sup>2</sup>	26	9,97	7,46	6,03
Кількість автомобілів, що можна розмістити, шт.	11	30	40	50

Для типового паркінгу площа на один автомобіль становить 26 м<sup>2</sup> (з урахуванням під'їздів і маневрових зон).

АПС дозволяє зменшити площу на один автомобіль за рахунок вертикального використання простору та автоматизації. При цьому досягається таке скорочення площі:

- 3 поверхи – скорочення площі на 61,67 %;
- 4 поверхи – скорочення площі на 71,25 %;
- 5 поверхів – скорочення площі на 76,87 % [5–12].

Історичний центр м. Дніпро характеризується щільною забудовою XIX–XX століття, з вузькими вулицями, великою кількістю пам'яток архітектури та важливою транспортною інфраструктурою. Зростаюче

навантаження транспортом спричиняє проблеми із паркуванням, що погіршує якість життя та створює хаотичне паркування.

Будівництво АПС за таких умов потребує комплексного підходу, що передбачає:

- мінімізацію обсягів земляних робіт шляхом використання пальових фундаментів або фундаментних плит;
- використання модульних металевих конструкцій для швидкого монтажу;
- впровадження комплексної логістики постачання матеріалів із урахуванням обмеженого доступу;
- застосування баштових кранів із малим радіусом повороту;
- організацію тимчасових зон для зберігання конструкцій.

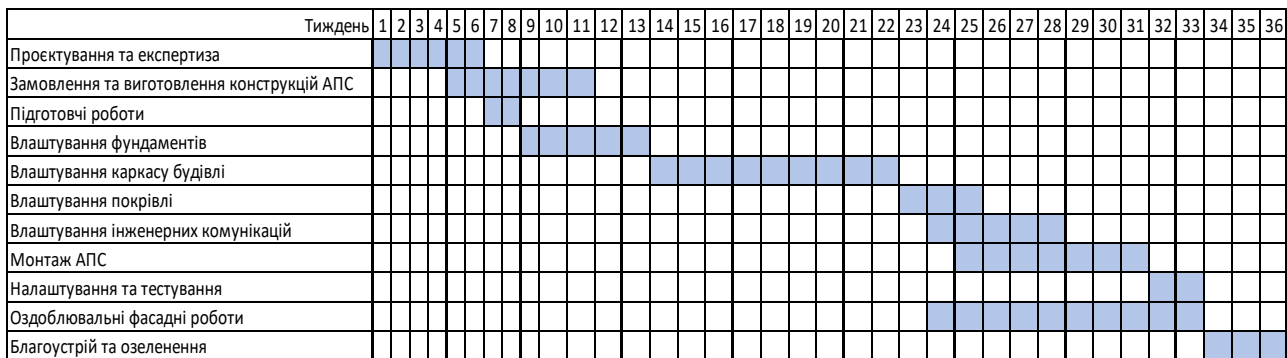


Рис. 1. Основні етапи будівництва АПС в історичному центрі м. Дніпро

Наприклад, проектування АПС площею 300 м<sup>2</sup>, висотою 20 м (4 поверхи), із

застосуванням металевих конструкцій та фундаментних плит дозволяє завершити

монтаж за 32–36 тижнів (рис. 1), що значно скорочує вплив будівництва на навколишнє середовище.

Для обґрунтування доцільності та ефективності будівництва АПС потрібно

виконати порівняльний аналіз традиційних та автоматизованих паркувальних систем. Для цього розглянемо ключові параметри, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняння ключових параметрів автоматизованих і традиційних паркувальних систем

Параметри	Традиційний паркінг	Автоматизований паркінг	Джерело
Площа на 1 автомобіль (м <sup>2</sup> )	15	5-7	European Parking Association, 2021
Кількість автомобілів на 300 м <sup>2</sup> (шт.)	20	80–100	ParkPlus Reports, 2020
Час пошуку місця (хв)	10–15	2–5	IHI Infrastructure Review, 2022
Рівень впливу на навколишнє середовище	Середній	Низький	Automated Parking Systems, 2021
Вартість будівництва (умовн.)	1,0	1,5–2,0	Dnipro Urban Development Dept, 2024

Виконаємо розрахунок економії часу при застосуванні АПС.

Припустимо, що в районі перебуває 5000 автомобілів, які щоденно шукають паркувальне місце у традиційному паркінгу по 10 хвилин. Тоді загальний час пошуку паркувального місця становитиме:  $5000 \times 10 \text{ хв.} = 50000 \text{ хв.} = 833,33 \text{ год.}$

При використанні АПС час на пошук паркувального місця скорочується до 3 хвилин. Тоді загальний час пошуку паркувального місця становитиме:  $5000 \times 3 \text{ хв.} = 15000 \text{ хв.} = 250 \text{ годин.}$

Таким чином, економія часу становитиме 583,33 години на день, а це позначиться на скороченні транспортних заторів, зниженні екологічного навантаження та позитивно вплине на навколишнє природне середовище.

В умовах щільної міської забудови будівельний майданчик характеризується обмеженим простором для зберігання матеріалів і конструкцій. Це вимагає ретельного планування постачання та монтажу з метою мінімізації перебування матеріалів на об'єкті та виключення накопичення запасів.

Організація зберігання матеріалів і конструкцій здійснюється в стиснених умовах: на майданчику неможливо розгорнути великі склади, тому матеріали

доставляються строго за потребою та у мінімальних обсягах.

Необхідне маркування всіх конструктивних елементів АПС, що виконується на заводі-виробнику або на тимчасовій базі. Кожен елемент має унікальний ідентифікатор, що включає номер вузла, черговість монтажу та місце розміщення в конструкції. Це дозволяє однозначно і швидко визначати потрібні деталі на об'єкті, уникати плутанини та затримок.

Відповідальна особа на майданчику або керівник проекту заздалегідь формує списки матеріалів і вузлів для кожного етапу робіт. Ці списки передаються постачальникам і монтажникам, що забезпечує своєчасне постачання та монтаж, без накопичення зайвих деталей на майданчику.

Для уникнення перевантаження майданчика розробляється погодинний графік постачання матеріалів, що враховує можливості транспорту і технологічний процес. Дотримання такого графіка дозволяє рівномірно розподілити навантаження на зони розвантаження і монтажу.

Після постачання матеріали та конструкції одразу ж передаються в роботу. Такий підхід мінімізує час їх перебування на майданчику, зменшує ризик пошкоджень, спрощує логістику і запобігає зайвому захащенню території.

Для транспортування та монтажу застосовується техніка з малим радіусом повороту і високою маневреністю, що дозволяє працювати в обмеженому просторі без блокування навколишніх ділянок.

Організація логістики та ресурсів на стисненому майданчику є ключовою складовою успішного будівництва АПС в умовах щільної міської забудови. Система маркування, чітке планування постачання за погодинним графіком та оперативний монтаж без тривалого зберігання матеріалів дозволяють мінімізувати вплив на оточення, забезпечити безперервність робіт і зберегти життєздатність району. Такий підхід є необхідним для реалізації ефективних та екологічно безпечних автоматизованих паркувальних систем у центральних частинах міст.

Сучасне будівництво АПС у щільній міській забудові потребує максимальної координації, точності і прозорості управління процесами. Для досягнення цих цілей широко впроваджуються технології будівельного інформаційного моделювання (ВІМ-технологій), що дозволяють підвищити ефективність і безпеку реалізації проєктів. ВІМ-технології створюють єдину цифрову модель паркувальної системи, в якій інтегровані всі архітектурні, конструктивні, інженерні рішення, а також технологічні процеси. Це дає змогу усім учасникам проєкту – архітекторам, інженерам, підрядникам – працювати в спільному інформаційному середовищі, суттєво знижуючи ризики помилок та непорозумінь.

Використання ВІМ-технологій сприяє покращенню планування будівництва і логістики, оскільки дає змогу змодельовати послідовність будівельних операцій, оптимізувати терміни, маршрути постачання матеріалів та організацію монтажу. Особливо це актуально для умов міської забудови з обмеженою площею, де неможливо зберігати великі запаси матеріалів на майданчику. Крім того, ВІМ-технологія дозволяє автоматично виявляти і усувати колізії між інженерними мережами, конструктивними елементами та обладнанням, що мінімізує потребу в

коригуваннях в процесі будівництва, економить час і кошти. Завдяки цифровій моделі можна також контролювати якість виконання робіт в режимі реального часу, порівнюючи фактичний стан об'єкта з проєктною документацією, що дозволяє оперативно виявляти і усувати негативні відхилення.

Застосування ВІМ-технології підвищує безпеку будівництва, оскільки дозволяє оцінити потенційні ризики для робітників і навколишньої інфраструктури, розробити оптимальні схеми руху техніки і персоналу, що знижує ймовірність аварій. Крім того, ВІМ-моделі можуть містити розрахунки енергоспоживання паркувальної системи, сприяти впровадженню сонячних батарей та екологічно чистих матеріалів, що позитивно впливає на екологічний стан міського середовища.

Практичний приклад використання ВІМ-технології – це будівництво багаторівневої АПС у центральній частині м. Дніпро, де за допомогою цифрової моделі було змодельовано всі етапи монтажу, враховано інженерні мережі, організовано постачання та встановлення збірних конструкцій із мінімальним впливом на рух транспорту. Колізії, виявлені на стадії проєктування, дозволили уникнути додаткових робіт і затримок в процесі будівництва.

Отже, впровадження ВІМ-технологій у будівництво АПС значно підвищує точність проєктування, скорочує терміни реалізації, знижує ризики і зменшує негативний вплив на навколишнє природне середовище. ВІМ-технології забезпечують інтегрований підхід до управління проєктом, сприяють сталому розвитку та підвищують безпеку в умовах щільної міської забудови.

Для успішної реалізації проєкту створення АПС у щільній забудові м. Дніпро необхідно зберегти життєдіяльність району, не допустити паралізації руху, шуму і дискомфорту для мешканців.

Для цього потрібно вжити таких основних заходів:

- поетапне перекриття руху: роботи ведуться зонально, із тимчасовим перекриттям лише частини вулиці;

- графік робіт із урахуванням години пік: вивантаження та монтаж матеріалів – у позаробочий час або у нічні години;
- застосування мобільних та баштових кранів із мінімальним радіусом дії: для роботи у вузьких вуличках;
- організація інформаційної підтримки мешканців: сповіщення про графік робіт, маршрути об'їзду;
- моніторинг стану суміжних будівель: для запобігання пошкодженням;
- впровадження систем пилопридушення і шумопоглинання: для мінімізації негативних екологічних впливів.

### Висновки

Автоматизовані паркувальні системи є ефективним інструментом вирішення проблеми дефіциту паркувальних місць у щільній міській забудові, особливо в історичному центрі міста, зокрема такого, як м. Дніпро.

На основі даних про успішні міжнародні практики здійснено порівняльний аналіз ефективності автоматизованих та традиційних паркувальних систем, а також запропоновано комплексні заходи щодо організації будівельного процесу з урахуванням мінімізації впливу на навколишнє середовище та збереження життєдіяльності міського району.

Впровадження автоматизованих паркувальних систем дозволяє втричі і більше збільшити місткість паркінгу, скоротити витрати часу на пошук паркувального місця, знизити транспортне навантаження та зберегти архітектурну цілісність міста.

Організація будівництва в таких умовах потребує застосування інноваційних будівельних технологій, чіткої логістики і комплексного підходу, що мінімізує негативний вплив на навколишнє природне середовище і життєдіяльність району.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Цвіркун Д. А., Костюченко О. А. Зарубіжний досвід проектування багаторівневих паркінгів. *Теорія та практика дизайну*. 2024. Вип. 34. С. 136–145. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.16>
2. Куцевич В. В., Кисіль С. С., Білик А. С. та ін. Принципи архітектурно-планувальної організації багатоповерхових автостоянок : колективна наукова монографія. Київ : КНУТД, УЦСБ, КНУБА, 2019. 184 с.
3. MDPI. You Kong, Jihong Ou, Longfei Chen, Fengchun Yang, Bo Yu. The Environmental Impacts of Automated Vehicles on Parking : A Systematic Review. *Sustainability*. № 15 (20). 2023. Pp. 15033. URL: <https://doi.org/10.3390/su152015033>
4. European Parking Association. URL: <https://europeanparking.eu/epa-awards-2021-2022/>
5. ArXiv. Computer Vision in Automated Parking Systems : Design, Implementation and Challenges (Heimberger et al.). 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2109.10391>
6. ArXiv. Toward Efficient Physical and Algorithmic Design of Automated Garages (Guo, Yu). 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2301.10971>
7. Lödige Industries. (n.d.). Automated Parking Solutions. URL: <https://www.lodige.com/en/solutions/automated-parking/>
8. MDPI. Plihal J. & Hofman R. Transport Automation in Urban Mobility : A Case Study of an Autonomous Parking System. *Vehicles*. № 4 (2). 2022. Pp. 326–343. URL: <https://doi.org/10.3390/vehicles4020019>
9. MDPI. Assessing the Role of Autonomous Vehicles in Urban Areas : A Systematic Review. *Future Transportation*. № 4 (2). 2023. Pp. 321–348. URL: <https://doi.org/10.3390/futuretransp4020020>
10. MWest Holdings. Parking “Robots” Provide Relief for Developers in Dense Urban Areas. 2022. URL: <https://mwestholdings.com/robotic-parking-urban-development/>
11. ResearchGate. Md Saifullah. Innovations in Automated Parking Solutions. 2024. URL: <https://www.researchgate.net/publication/373802603>
12. ScienceDirect. Automated Vehicles and the Urban Parking Paradigm: Environmental Implications. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920924001025>

### REFERENCES

1. Tsvirkun D.A. and Kostiuhenko O.A. *Zarubizhnyi dosvid proiektuvannia bahatorivnevnykh parkinhiv* [Foreign experience in designing multi-level car parks]. *Teoriia ta praktyka dizainu* [Theory and Practice of Design]. 2024, iss. 34, pp. 136–145. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.34.16> (in Ukrainian).
2. Kutsevych V.V., Kysil S.S., Bilyk A.S. and al. *Pryntsypy arkhitekturno-planuvальноi orhanizatsii bahatopoverkhovykh avtostoiianok: kolektyvna naukova monohrafiia* [Principles of architectural and planning

organisation of multi-storey car parks: collective scientific monograph]. Kyiv : KNUTD, UTsSB, KNUBA, 2019, 184 p. (in Ukrainian).

3. MDPI. You Kong, Jihong Ou, Longfei Chen, Fengchun Yang and Bo Yu. The Environmental Impacts of Automated Vehicles on Parking : A Systematic Review. Sustainability. 2023, no. 15 (20), pp. 15033. URL: <https://doi.org/10.3390/su152015033>

4. European Parking Association. URL: <https://europeanparking.eu/epa-awards-2021-2022/>

5. ArXiv. Computer Vision in Automated Parking Systems : Design, Implementation and Challenges (Heimberger et al.). 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2109.10391>

6. ArXiv. Toward Efficient Physical and Algorithmic Design of Automated Garages (Guo, Yu). 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2301.10971>

7. Lödige Industries. (n.d.). Automated Parking Solutions. URL: <https://www.lodige.com/en/solutions/automated-parking/>

8. MDPI. Plihal J. and Hofman R. Transport Automation in Urban Mobility : A Case Study of an Autonomous Parking System. Vehicles. 2022, no. 4 (2), pp. 326–343. URL: <https://doi.org/10.3390/vehicles4020019>

9. MDPI. Assessing the Role of Autonomous Vehicles in Urban Areas : A Systematic Review. Future Transportation. 2023, no. 4 (2), pp. 321–348. URL: <https://doi.org/10.3390/futuretransp4020020>

10. MWest Holdings. Parking “Robots” Provide Relief for Developers in Dense Urban Areas. 2022. URL: <https://mwestholdings.com/robotic-parking-urban-development/>

11. ResearchGate. Md Saifullah. Innovations in Automated Parking Solutions. 2024. URL: <https://www.researchgate.net/publication/373802603>

12. ScienceDirect. Automated Vehicles and the Urban Parking Paradigm : Environmental Implications. 2024. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920924001025>

Надійшла до редакції: 25.02.2026 р.