

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-363-17>

УДК 711.556:656.13:519.8

МИТКО МИКОЛА

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-5484-0510>

e-mail: mytko_83@ukr.net

БУРЛАКА СЕРГІЙ

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-4079-4867>

e-mail: ipserhiy@gmail.com

ЯРОЩУК РОМАН

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0003-1814-9914>

e-mail: romanyaroshchuk91@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ ПАРКУВАННЯ ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПАРКОМІСЦЬ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ І МІНІМІЗАЦІЇ КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ

Оптимізація використання міських територій для паркування спрямована не лише на підвищення ефективності просторових рішень, а й на раціональне використання наявних земельних ресурсів у цільній забудові. Запровадження багаторівневих систем дає можливість істотно збільшити кількість паркомісць на обмежених ділянках при відносно невеликих капітальних витратах, що робить їх особливо актуальними для сучасних умов урбанізації та зростання автомобілізації.

У даній статті досліджуються методи моделювання збільшення місткості паркувальних майданчиків, аналізуються технічні та економічні аспекти впровадження багаторівневих конструкцій і формуються рекомендації щодо оптимізації паркувальної інфраструктури.

Ключові слова: паркувальні місця, оптимізація міських територій, багаторівневі системи паркування, моделювання, капітальні витрати, ефективність використання площі, урбаністика.

MYTKO MYKOŁA, BURLAKA SERHIY, YAROSHCHUK ROMAN

Vinnitsia National Agrarian University

OPTIMIZATION OF THE USE OF URBAN TERRITORIES FOR PARKING THROUGH MODELING METHODS OF INCREASING THE NUMBER OF PARKING SPACES TAKING INTO ACCOUNT MULTI-LEVEL SYSTEMS AND MINIMIZATION OF CAPITAL COSTS

Optimization of the use of urban areas for parking is one of the key tasks of modern urban planning, as the rapid growth of motorization leads to a shortage of parking spaces and congestion of the street and road network. The growth of the number of vehicles in cities creates serious spatial and organizational problems that negatively affect the mobility of the population, the environmental situation and the general level of comfort. In this regard, there is a need to find innovative solutions that will allow for the most efficient use of existing urban areas without significant expansion of development.

The article considers traditional and modern methods of organizing parking, taking into account the geometric features of the areas and spatial restrictions. Particular attention is paid to the prospects for the implementation of multi-level parking systems that can significantly increase the number of parking spaces in a limited area. A comparison of horizontal parking schemes and vertical mechanized structures allows us to assess their advantages and disadvantages, taking into account both spatial and economic factors.

An approach to modeling car placement processes is proposed, which allows assessing the efficiency of territory use and determining optimal options for increasing the capacity of parking lots. Using the example of mechanized multi-level structures, the possibility of increasing the number of parking spaces from 10 to 30 without additional expansion of the territory is considered. The modeling allows predicting the impact of the proposed solutions on the city's transport system and determining the most appropriate options for their implementation.

Separately, the economic feasibility of using multi-level systems is analyzed, which consists in minimizing capital costs while simultaneously increasing the functionality and accessibility of parking infrastructure. The results obtained can be used by local governments to develop programs for the development of parking areas, by design organizations to optimize spatial solutions, as well as by investors to assess the profitability of investments in the construction of parking lots. The implementation of such approaches will contribute to increasing the efficiency of urban space management and creating comfortable conditions for residents.

Keywords: parking spaces, urban area optimization, multi-level parking systems, modeling, capital expenditures, space efficiency, urban planning.

Стаття надійшла до редакції / Received 26.01.2026

Прийнята до друку / Accepted 11.02.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Митко Микола, Бурлака Сергій, Ярощук Роман

Постановка проблеми

Сучасний розвиток транспортної галузі характеризується стрімким зростанням кількості автомобілів, що зумовлює різке загострення проблеми паркування у містах. Збільшення кількості транспортних засобів значно перевищує темпи розвитку відповідної інфраструктури, що призводить до хронічного дефіциту паркомісць. Масова автомобілізація, коли автомобіль є майже в кожній другій родині, створює надмірне

навантаження на вулично-дорожню мережу, що провокує затори, хаотичне паркування та зниження загального рівня комфорту міського середовища [1, 2].

Традиційні методи організації паркування, зокрема облаштування відкритих наземних стоянок, уже не відповідають потребам сучасних міст. Обмеженість територій не дозволяє масштабно збільшувати площі під автостоянки без шкоди для житлової забудови, зелених зон та громадських просторів. Це породжує суперечність між зростаючою потребою у паркомісцях і необхідністю збереження раціональної структури міського простору.

Особливої уваги потребує пошук нових підходів до проектування та експлуатації паркінгів, які дозволять оптимально поєднати технічну ефективність, просторову компактність і економічну доцільність. Серед можливих рішень виділяються багаторівневі та механізовані системи, здатні значно збільшити кількість місць без додаткового розширення площі [3, 4, 5, 6]. Проте впровадження таких технологій потребує комплексного аналізу, зокрема просторового моделювання процесів розміщення автомобілів, техніко-економічної оцінки витрат на будівництво та подальшу експлуатацію.

Таким чином, актуальною науковою проблемою є розробка ефективних моделей оптимізації використання міських територій для паркування з урахуванням багаторівневих систем і необхідності мінімізації капітальних витрат. Вирішення цієї проблеми дасть змогу зменшити транспортне навантаження, підвищити ефективності паркувальної інфраструктури та забезпечити і створенню комфортних умов для мешканців міст [5, 6].

Аналіз останніх джерел

Аналіз наукових досліджень свідчить, що проблема нестачі паркомісць у містах є предметом активних обговорень серед вітчизняних та зарубіжних науковців. У ряді робіт [7, 8, 9] акцентується увага на традиційних методах організації паркування з використанням геометричної оптимізації розташування автомобілів. Зокрема, автори підкреслюють, що зміна кута паркування або ширини проїзних смуг може дати приріст місткості на 10 – 15%, проте такий резерв не задовольняє сучасних потреб. Дослідники також наголошують на важливості застосування просторового моделювання для оцінки ефективності організаційних рішень.

Окремі вітчизняні дослідження [10] підтверджують, що у середніх містах, таких як Вінниця, проблема паркувального простору має комплексний характер і потребує впровадження сучасних рішень. Науковці зазначають, що поєднання архітектурно-планувальних рішень із математичним моделюванням є найбільш ефективним підходом, адже воно дозволяє визначити оптимальну кількість та конфігурацію паркомісць навіть на обмежених міських ділянках.

При цьому все більше уваги приділяється багаторівневим системам [6, 11], які здатні забезпечити суттєве зростання кількості паркомісць без розширення територій, а також поєднанню їх з інтелектуальними технологіями управління. Таким чином, сучасна наукова думка сходиться на необхідності інтеграції просторових, технічних та економічних рішень у єдину концепцію оптимізації використання міських територій для паркування.

Інший напрям досліджень [12, 13] стосується впровадження багаторівневих та механізованих систем паркування. Ці джерела демонструють, що вертикальне використання простору дозволяє збільшити кількість паркомісць у 2–3 рази без розширення земельної ділянки. Автори звертають увагу на переваги автоматизованих конструкцій, які зменшують площу, необхідну для маневрування, та підвищують рівень безпеки транспорту. Разом із тим, у працях акцентується на високій вартості впровадження таких систем, що потребує пошуку шляхів оптимізації інвестиційних витрат.

У роботах зарубіжних дослідників значна увага приділяється впровадженню багаторівневих механізованих систем паркування, які дають змогу збільшити кількість місць у 2–3 рази без додаткового розширення територій. Вони описують принципи роботи автоматизованих комплексів, де процес розміщення та видачі автомобіля здійснюється за допомогою електромеханічних підйомників і платформ. При цьому наголошується на важливості адаптації таких систем до конкретних умов міської забудови та транспортних потоків. Поряд із технічними аспектами автори відзначають необхідність врахування соціальних факторів – зручності користування, безпеки, а також часу очікування при паркуванні.

Окремі дослідження [14] аналізують використання інформаційних технологій у сфері паркування. Йдеться про смарт-системи моніторингу та управління, що дозволяють більш ефективно розподіляти наявні місця та скорочувати час пошуку паркування. Важливим є й моделювання транспортних потоків, яке допомагає прогнозувати попит на паркування в різних частинах міста та обґрунтовувати доцільність впровадження багаторівневих комплексів. Автори підкреслюють, що поєднання цифрових рішень і багаторівневих конструкцій забезпечує максимальний ефект при мінімальних витратах площі.

Вітчизняні дослідження зосереджуються на економічній складовій питання. У працях [10] розглядаються моделі зміни у підходах до організації паркувального простору в умовах сучасного урбаністичного розвитку міст. Проаналізовано вітчизняну та закордонну практику проектування автостоянок, орієнтованих на житлову забудову. Виявлено тенденцію зміни у проектуванні, будівництві та організації паркувань у високорозвинених містах в сторону відходу від задоволення потреби всіх власників автомобілів у паркомісцях до інтегрування паркувань в житлову і транспортну інфраструктуру міст. Сучасні парковки – це адаптивні, інтегровані, функціонально змінні з часом міські простори, які дозволяють регулювати кількість автомобілів на вулицях міста. В Україні проектування парковок досі тяжіє до рівня автомобілізації та радіусу доступності до стоянок. В статті розглянуто типи, поширення, види за призначенням та розміщення машино-місць для паркування у місті Вінниці. Визначено проблематику організації паркувального простору в місті Вінниці.

Разом з тим, економічна складова досліджується недостатньо. У працях [15] наголошується на необхідності проведення техніко-економічного аналізу проєктів з урахуванням вартості землі, будівництва та експлуатаційних витрат. Лише комплексний підхід, що поєднує геометричне моделювання, застосування багаторівневих систем та оцінку окупності, може забезпечити ефективне використання міських територій. Таким чином, сучасні джерела окреслюють перспективні напрями, але залишають простір для подальших досліджень у сфері інтеграції просторових, технічних та економічних рішень.

Окрему групу робіт становлять публікації, що стосуються застосування інтелектуальних систем управління паркуванням [11, 14]. Вони аналізують досвід використання цифрових технологій для моніторингу завантаженості паркінгів, прогнозування попиту та організації оплати. Автори наголошують, що поєднання багаторівневих конструкцій із системами «розумного паркування» дозволяє значно підвищити ефективність управління міськими територіями.

Таким чином, огляд останніх джерел показує, що наукова спільнота зосереджує увагу на трьох основних напрямках: технічному (розробка багаторівневих та автоматизованих систем), економічному (мінімізація витрат та пошук оптимальних моделей фінансування) та управлінському (використання цифрових технологій і моделювання). Однак, попри наявність ґрунтовних досліджень, актуальним залишається питання комплексної інтеграції цих підходів у єдину модель, яка дозволила б враховувати як геометричні особливості міських ділянок, так і потреби населення при мінімізації витрат.

Метою роботи є: дослідження, обґрунтування та моделювання методів збільшення кількості паркомісць у міських умовах шляхом оптимізації використання території, з урахуванням застосування багаторівневих систем та мінімізації капітальних витрат.

Виклад основного матеріалу

Проблематика організації паркування в сучасних містах пов'язана із швидким зростанням кількості автомобілів, обмеженістю територій та необхідністю раціонального використання міського простору. Традиційні наземні стоянки, розташовані вздовж вулиць або у дворах, вже не здатні забезпечити потреби населення. Це призводить до перевантаження транспортної мережі, заторів та зниження якості міського середовища. Тому актуальним завданням стає пошук нових методів оптимізації паркувальних просторів із застосуванням багаторівневих систем та моделювання їх ефективності.

Основними напрямками удосконалення організації паркування є використання геометричної оптимізації розташування автомобілів, впровадження механізованих конструкцій та будівництво багаторівневих стоянок. Зокрема, зміна кута паркування або ширини проїзних смуг може забезпечити приріст кількості місць на 10 – 15%, проте цей резерв є обмеженим. Найбільш ефективними в умовах щільної забудови є багаторівневі системи, що дозволяють збільшувати кількість паркомісць у 2 – 4 рази на одній і тій самій площі без необхідності вилучення додаткових територій.

Для оцінки ефективності запропонованих рішень доцільно застосовувати математичне моделювання. Наприклад, місткість стоянки можна визначати за формулою:

$$N = \frac{S}{S_a \cdot S_d}, \quad (1)$$

де N – кількість паркомісць, авто., S – загальна площа ділянки, м², S_a – середня площа одного автомобіля з урахуванням нормативних відстаней, м², S_d – допоміжна площа (проїзди, маневрові зони), м².

У разі використання багаторівневих систем розрахунок коригується множителем k – кількість рівнів, тобто:

$$N_k = k \cdot N, \quad (2)$$

що дозволяє швидко оцінити потенційну місткість залежно від висотних рішень.

Важливим аспектом оптимізації є також економічна доцільність впровадження паркувальних рішень. Витрати на будівництво визначаються за формулою:

$$C = C_0 + C_1 \cdot N_k, \quad (3)$$

де C – загальні капітальні витрати, грн, C_0 – фіксовані витрати на підготовку території та інженерні мережі, грн, C_1 – середня вартість створення одного паркомісця у багаторівневій системі, грн, N_k – кількість місць з урахуванням рівнів, авто.

У практичних умовах економічна ефективність оцінюється через співвідношення вартості створення паркомісця та потенційних доходів від його експлуатації. При порівнянні традиційних і багаторівневих систем видно, що капітальні витрати на 1 місце можуть бути вищими на 30 – 40 %, проте у щільно забудованих районах такі рішення залишаються єдиною можливістю.

У таблиці 1 наведено порівняльні показники організації паркування.

Таким чином, оптимізація використання міських територій для паркування передбачає поєднання архітектурно-планувальних рішень, математичного моделювання та економічних розрахунків. Використання багаторівневих систем у поєднанні з просторовим моделюванням дозволяє досягти балансу між збільшенням кількості паркомісць та мінімізацією капітальних витрат. Отримані результати можуть стати основою для практичних рекомендацій органам місцевого самоврядування та інвесторам під час планування нових паркувальних об'єктів у містах.

Порівняння основних способів організації паркування

Вид паркування	Площа на 1 місце, м ²	Потенційне збільшення місткості	Орієнтовні капітальні витрати, тис. грн/місце	Особливості
Відкрита стоянка (кут 90°)	25 – 28	Базовий рівень	50 – 70	Найпростіше рішення, велика потреба в площі
Відкрита стоянка (кут 45°)	20 – 22	+10 – 15 %	55 – 75	Зручність заїзду, збільшення кількості місць
Механізовані системи	15 – 18	+50 – 70 %	80 – 120	Вимагають технічного обслуговування
Багаторівневі системи	15 – 18 (на рівень)	+200 – 300 %	100 – 150	Оптимальні для центральних районів

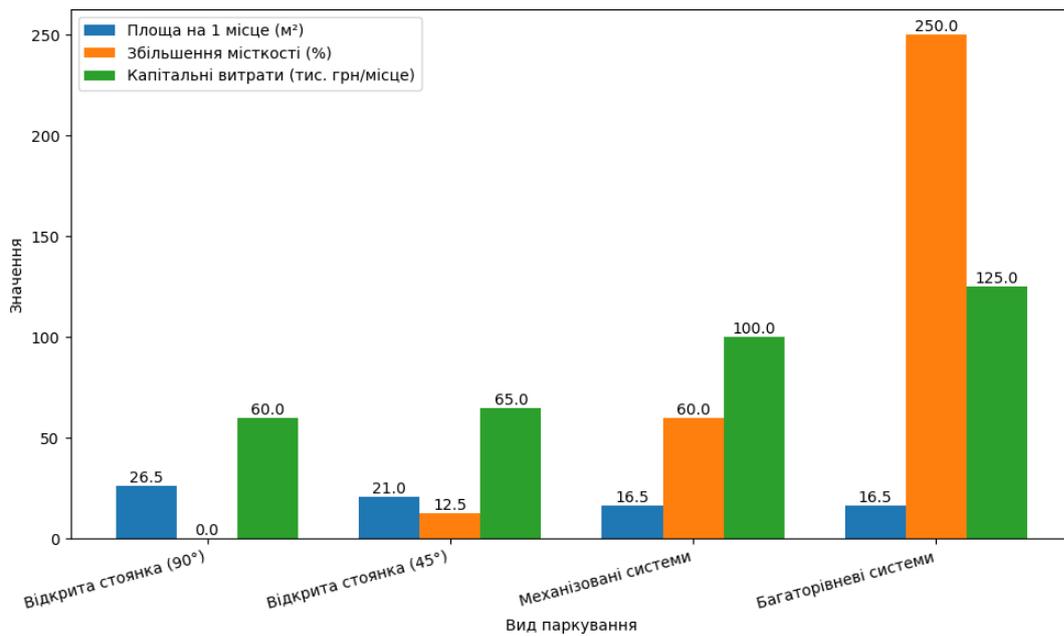


Рис. 1 Порівняння характеристик різних видів паркування

Однією з найбільш актуальних проблем сучасних міст є нестача паркомісць у центральних районах, що зумовлює перевантаження дорожньої інфраструктури та збільшення транспортних заторів. Оптимізація використання міських територій для організації паркування вимагає застосування інноваційних підходів, серед яких вагоме місце посідає математичне моделювання методів розміщення автомобілів.

Традиційні рішення, що базуються на геометричній оптимізації (зміна кута паркування, коригування ширини проїзних смуг), дають можливість підвищити місткість паркінгу на 10–15%, однак такий приріст не задовольняє сучасні потреби зростаючої автомобілізації. У зв'язку з цим актуальним є застосування багаторівневих систем, здатних у кілька разів збільшити кількість паркомісць на обмежених міських ділянках.

Моделювання різних конфігурацій паркінгів дозволяє оцінити співвідношення між капітальними витратами та досягнутим приростом місткості. Наприклад, багаторівневі механізовані системи забезпечують зростання кількості місць у 2–3 рази при відносно невеликій площі забудови, проте вимагають додаткових витрат на обладнання та експлуатацію. Натомість традиційні багатоповерхові паркінги мають вищі будівельні витрати, але нижчі експлуатаційні.

Для кількісної оцінки ефективності використання міських територій можна застосовувати такі показники:

- Коефіцієнт використання площі паркування (K_n):

$$K_n = \frac{N}{S}, \tag{4}$$

де N – кількість паркомісць, авто., S – площа земельної ділянки, м².

- Економічна ефективність (E_e):

$$E_e = \frac{N}{C}, \tag{5}$$

де C – загальні капітальні витрати на будівництво паркінгу, грн.

- Сумарна приведена вартість експлуатації (V_n):

$$V_{II} = C + \sum_{i=1}^t E_i \cdot \alpha^i, \quad (6)$$

де E_i – річні експлуатаційні витрати, грн, α – коефіцієнт дисконтування, t – період експлуатації.

На основі цих показників проводиться порівняльний аналіз різних варіантів паркування – відкритих, підземних та багаторівневих систем. Результати моделювання свідчать, що найбільш доцільним є поєднання багаторівневих рішень з оптимізацією організації в'їздів та виїздів, що дозволяє мінімізувати затори та забезпечити рівномірне завантаження паркінгу.

Для практичної реалізації проєктів оптимізації доцільно враховувати такі фактори:

- щільність транспортних потоків у зоні паркування;
- співвідношення між попитом на паркомісця та доступною площею;
- можливість інтеграції паркінгів у транспортно-пересадкові вузли;
- мінімізацію витрат на будівництво через типізацію та уніфікацію проєктних рішень.

Таким чином, використання математичного моделювання дозволяє обґрунтувати оптимальну кількість та структуру паркомісць, забезпечуючи баланс між економічною ефективністю та раціональним використанням міських територій. Впровадження багаторівневих систем у поєднанні з сучасними інформаційними технологіями управління паркуванням є перспективним напрямом розвитку міської інфраструктури.

Сучасні урбаністичні виклики, пов'язані з обмеженістю земельних ресурсів у містах, потребують інноваційних підходів до організації паркувальних просторів. Одним із таких рішень є використання вертикальних паркувальних конструкцій, зокрема багаторівневих і механізованих систем, які дозволяють значно підвищити ефективність використання обмежених площ. Наукові дослідження та практичні впровадження демонструють, що застосування подібних конструкцій може забезпечити трикратне збільшення місткості паркінгів на одній і тій самій ділянці порівняно з традиційними наземними стоянками [5]. Наприклад, на площі, де традиційна відкрита стоянка з кутом паркування 90° вміщує 10 автомобілів, використання багаторівневих або механізованих систем дозволяє розмістити до 30 паркомісць.

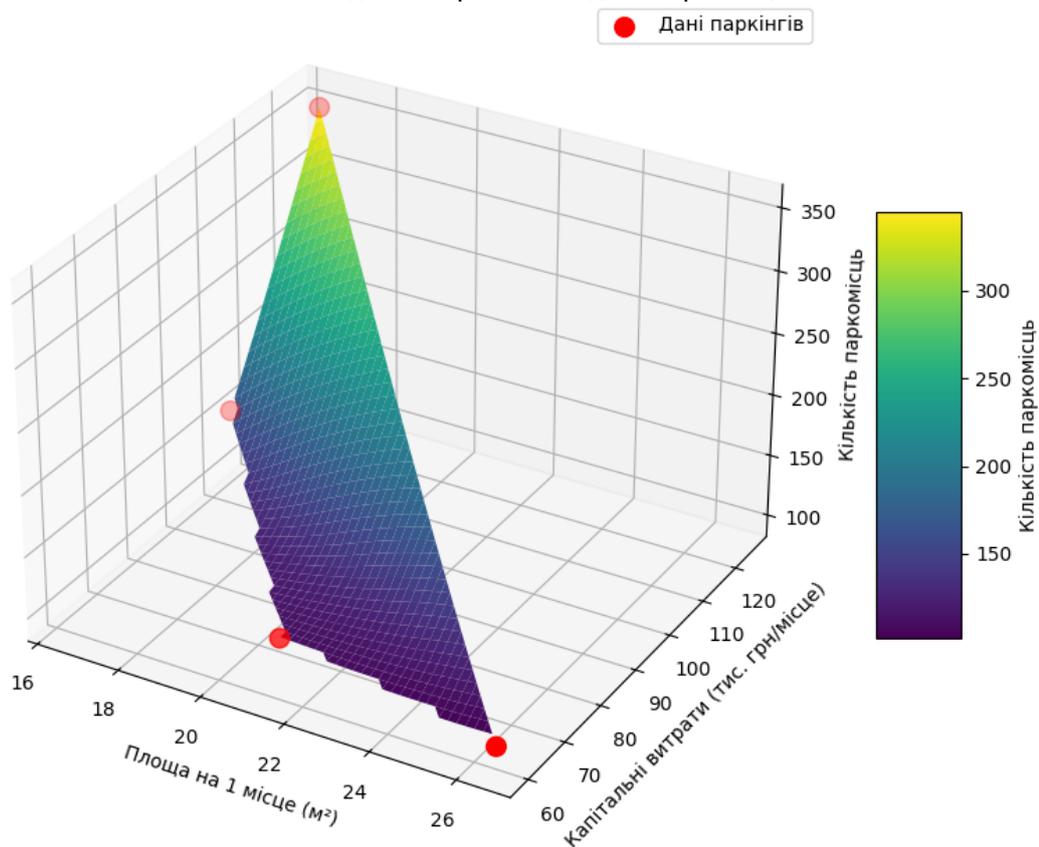


Рис. 2. Залежність кількості паркомісць від капітальних витрат для різних типів паркінгів

Ця ефективність досягається завдяки раціональному використанню вертикального простору, що дозволяє оптимізувати площу, необхідну для одного паркомісця. Якщо традиційна стоянка потребує $25\text{--}28\text{ м}^2$ на одне місце, то багаторівневі системи зменшують цю площу до $15\text{--}18\text{ м}^2$ на рівень, а механізовані системи додатково підвищують місткість за рахунок автоматизації та компактного розташування автомобілів [5]. Такий підхід базується на принципах просторового моделювання та оптимізації, що враховують як геометричні параметри ділянки, так і динаміку транспортних потоків. Математичне моделювання, зокрема методи комбінаторної оптимізації та геометричного планування, підтверджує, що вертикальні конструкції дозволяють досягти приросту місткості на $200\text{--}300\%$ порівняно з базовим рівнем традиційних стоянок.

Крім того, використання вертикальних паркінгів сприяє зменшенню екологічного навантаження на міське середовище. Завдяки компактності таких систем скорочується потреба в розширенні вулично-дорожньої мережі, що зменшує викиди вуглекислого газу від транспортних засобів, які шукають паркомісця. Таким чином, вертикальні паркувальні конструкції не лише оптимізують простір, але й сприяють підвищенню екологічної стійкості міст.

У межах аналізу і прикладу розгляду запропоновано на рисунку 3 приклад, який наочно відображає збільшення паркомісць, що запропоновано у статті із 10 до 30 паркомісць.

З огляду на дефіцит вільних земельних ділянок у центральних районах міст, де попит на паркомісця значно перевищує пропозицію, муніципалітетам і забудовникам доцільно впроваджувати вертикальні паркувальні системи як стратегічне рішення для вирішення проблеми паркування. Такі конструкції є особливо актуальними в густонаселених урбанізованих зонах, де традиційні наземні або підземні паркінги вимагають значних капітальних вкладень і великих площ, що часто є неможливим через обмеженість території.

Запровадження багаторівневих і механізованих паркінгів дозволяє не лише значно збільшити кількість паркомісць, але й зменшити навантаження на вулично-дорожню мережу. Наприклад, заміщення традиційних стоянок вертикальними системами може скоротити час, який водії витрачають на пошук паркомісця, що, за даними досліджень, становить до 30% міського трафіку в центральних районах [6]. Це, у свою чергу, сприяє зниженню заторів, підвищенню комфорту мешканців і зменшенню рівня забруднення повітря.

Окрім цього, вертикальні паркінги є економічно вигідними в довгостроковій перспективі. Хоча початкові капітальні витрати на такі системи (100–150 тис. грн/місце для багаторівневих паркінгів) вищі, ніж для традиційних стоянок (50–70 тис. грн/місце), їхня здатність розміщувати значно більше автомобілів на тій самій площі зменшує потребу в додаткових інвестиціях у будівництво нових паркінгів чи розширення дорожньої інфраструктури. Механізовані системи, попри потребу в технічному обслуговуванні, також забезпечують економію завдяки автоматизації процесів паркування та зменшенню людського фактора.

Для реалізації таких проектів муніципалітетам рекомендується:

Розробити програми пільгового фінансування або державно-приватного партнерства для залучення інвестицій у будівництво вертикальних паркінгів.

Включити вимоги щодо впровадження багаторівневих або механізованих паркінгів у містобудівні плани центральних районів.

Проводити інформаційні кампанії для підвищення обізнаності забудовників і громадськості про переваги вертикальних паркувальних систем.



Рис. 3. Багаторівнева механізована система паркування [5]

Розрахунок ефективності використання площі паркування

Припустимо, що маємо стандартний відкритий майданчик на 10 паркомісць ($N_0 = 10$). Запровадження тривірневої механізованої системи дозволяє розмістити на кожному місці до трьох автомобілів ($k = 3$).

Тоді загальна місткість визначається формулою:

$$N = N_0 \cdot k, \quad (7)$$

де N – кількість автомобілів після впровадження системи, авто., N_0 – початкова кількість паркомісць, авто., k – коефіцієнт збільшення місткості (кількість рівнів).

Підставляючи значення:

$$N = 10 \cdot 3 = 30 \text{ автомобілів,}$$

Отже, місткість паркування збільшується з 10 до 30 автомобілів, тобто у 3 рази. У таблиці 2 наведено порівняння ефективності використання території:

Таблиця 2

Порівняння ефективності використання території

Показник	До впровадження	Після впровадження
Кількість паркомісць, шт.	10	30
Коефіцієнт використання площі	1,0	3,0
Приріст місткості, %	–	+ 200 %

Запровадження багаторівневих систем паркування (рис. 4) дає можливість суттєво підвищити ефективність використання міських територій без необхідності залучення додаткових площ. Як показано на прикладі (рис. 3, табл. 2), використання тривірневої конструкції дозволяє збільшити місткість із 10 до 30 автомобілів, що забезпечує приріст у 200 %. Такий підхід є економічно доцільним, оскільки потребує відносно невеликих капітальних витрат порівняно з будівництвом нових паркувальних комплексів або підземних стоянок. Рекомендовано впроваджувати дані системи у центральних районах міст, поблизу громадських центрів та місць масового відвідування, де існує постійний дефіцит паркомісць.

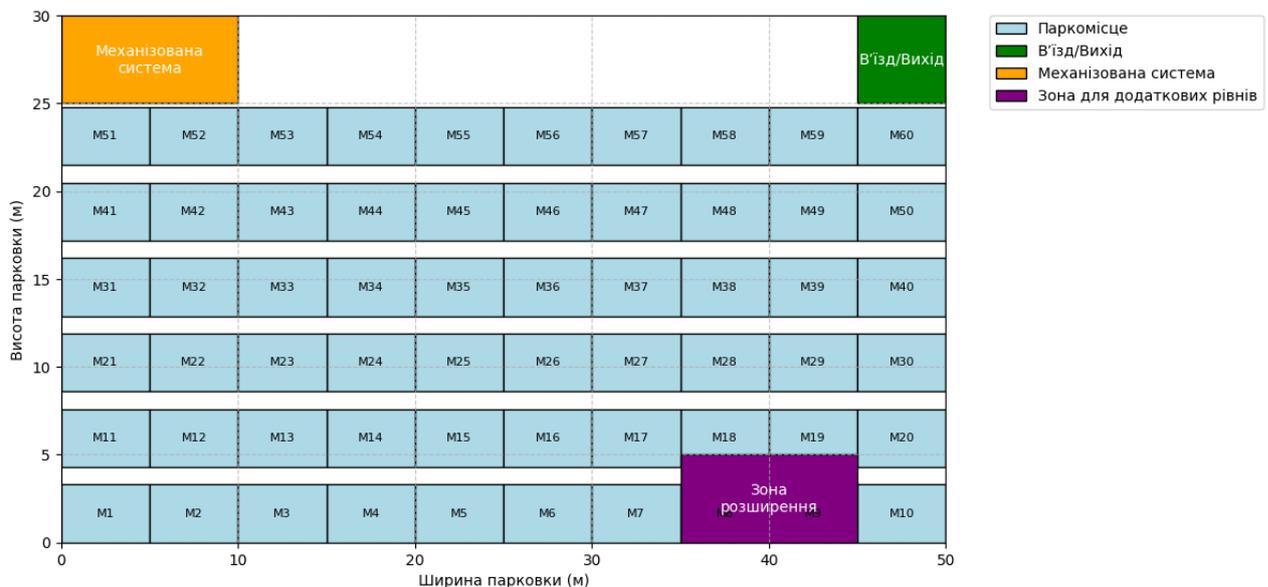


Рис. 4 Схема удосконалення багаторівневої парковки (один рівень)

Перспективними напрямками розвитку є впровадження інноваційних систем організації міського паркування на основі багаторівневих конструкцій та автоматизованих механізмів. Такі рішення дозволяють у декілька разів збільшити кількість паркомісць без додаткового розширення територій. Важливим аспектом є також використання «зелених» технологій — наприклад, обладнання паркінгів сонячними панелями для енергозабезпечення ліфтових механізмів та систем освітлення, впровадження електростанцій безпосередньо в багаторівневих комплексах.

Крім того, перспективним є застосування цифрових платформ управління паркуванням, які дають змогу у реальному часі відстежувати наявність вільних місць, бронювати їх заздалегідь та здійснювати безконтактну оплату. Поєднання таких систем із міськими транспортними мережами дозволяє інтегрувати паркування в єдиний транспортно-логістичний простір, підвищуючи ефективність та зручність пересування мешканців міст.

Висновки

Проведене дослідження оптимізації використання міських територій для організації паркувальних просторів підтверджує, що впровадження багаторівневих паркувальних систем є ефективним і науково обґрунтованим рішенням для подолання дефіциту паркомісць у сучасних містах. Застосування таких систем дозволяє збільшити місткість паркінгів у 2–3 рази порівняно з традиційними наземними стоянками, забезпечуючи при цьому мінімальні капітальні витрати в довгостроковій перспективі. Математичне

моделювання конфігурацій паркувальних майданчиків, яке включає аналіз геометричних параметрів і транспортних потоків, дає змогу обґрунтовано визначити оптимальні місця розташування та типи конструкцій, що сприяє раціональному використанню обмежених міських територій.

Інтеграція сучасних технологій, таких як автоматизовані системи управління, цифрові платформи бронювання паркомісць та енергозберігаючі рішення, значно підвищує ефективність експлуатації паркінгів і комфорт для користувачів. Автоматизація процесів зменшує час, необхідний для пошуку вільного місця, що, за даними досліджень, скорочує до 30% міського трафіку в центральних районах, сприяючи зменшенню транспортних заторів і викидів вуглекислого газу. Екологічні рішення, зокрема використання енергоефективних матеріалів і систем освітлення, забезпечують зниження енергоспоживання, що є важливим кроком до розвитку сталої міської мобільності.

Запропоновані моделі багаторівневих паркувальних систем є універсальними та можуть бути адаптовані як для центральних частин міст із високою щільністю забудови, так і для житлових районів, де попит на паркомісця також зростає. Їхнє впровадження сприяє не лише вирішенню проблеми дефіциту паркувальних місць, але й підвищенню якості міської інфраструктури, забезпечуючи баланс між технічними, економічними та екологічними аспектами. Таким чином, оптимізація паркувальних рішень через використання багаторівневих систем і цифрових технологій є ключовим елементом стратегії розвитку сучасних міст, що спрямована на створення комфортного, екологічно стійкого та економічно виправданого міського середовища.

Література

1. Лисенко Олена. Під час війни кількість транспортних засобів в Україні зросла на третину і досягла 13 млн. [Електронний ресурс] // Мінфін. – Режим доступу: <https://minfin.com.ua/ua/2024/03/20/123560792/>. – Дата звернення: [24.09.2025](https://minfin.com.ua/ua/2024/03/20/123560792/).
2. Ринок нових легковиків в Україні – підсумки червня 2025 року. [Електронний ресурс] // Інститут досліджень авторинку. – Режим доступу: <https://eauto.org.ua/news/837-rinok-novih-legkovikiv-v-ukrajini-pidsumki-cheravnua-2025-roku>. – Дата звернення: [24.09.2025](https://eauto.org.ua/news/837-rinok-novih-legkovikiv-v-ukrajini-pidsumki-cheravnua-2025-roku).
3. 9 типів паркування. [Електронний ресурс] // Арковий простір. – Режим доступу: <https://thearchspace.com/9-distinct-types-of-parking/>. – Дата звернення: [24.09.2025](https://thearchspace.com/9-distinct-types-of-parking/).
4. Автоматині багаторівневі парковки [Електронний ресурс] // ТОВ «Науково-виробниче об'єднання «Інститут гаражного будівництва». – Режим доступу: <https://www.igb-parkings.com/en/>. – Дата звернення: [24.09.2025](https://www.igb-parkings.com/en/).
5. Багаторівнева система паркування автомобілів. Parklift 421 – Паркувальні системи [Електронний ресурс] // Tradeindia. – Режим доступу: <https://www.tradeindia.com/products/parklift-421-parking-systems-903178.html>. – Дата звернення: [25.09.2025](https://www.tradeindia.com/products/parklift-421-parking-systems-903178.html).
6. Багаторівневі паркувальні системи – сучасне рішення для міста. [Електронний ресурс] // SmartParking. – Режим доступу: <https://www.smartparking.ua/#smart-join>. – Дата звернення: [25.09.2025](https://www.smartparking.ua/#smart-join).
7. Litman T. Parking Management: Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute, 2024. p. 1-29. - Режим доступу: https://www.vtpi.org/park_man.pdf.
8. Савін Ю. Х. Методичні основи визначення потужності підприємств з паркування транспортних засобів / Ю. Х. Савін, В. Р. Серeda // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. - 2014. - № 1. - С. 114-116. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/cmbt_2014_1_22.
9. Савін Ю. Х. Алгоритм процесу надання автосервісних послуг з паркування транспортних засобів [Електронний ресурс] / Ю. Х. Савін, В. Р. Серeda, О. М. Фендьо // Наукові нотатки. - 2016. - Вип. 55. - С. 341-344. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_55_67.
10. Бондар А. В., Максименко М. А., Дремлюга С. О. Дослідження стану паркувального простору міста Вінниці. Бондар А. В. Дослідження стану паркувального простору міста Вінниці [Текст] / А. В. Бондар, М. А. Максименко, С. О. Дремлюга // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2022. – № 2. – С. 130–139.
11. І. А. Поліщук, «ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПАРКУВАННЯ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ», *НаукПраці ВНТУ*, вип. 2, Лип 2024.
12. Plasencia-Lozano, P.; Méndez-Manjón, I. Optimisation of urban space based on geometric analysis of parallel parking lots. *Transp. Res. Procedia* 2023, 71, 307–314. - Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523003708?utm_source.
13. Hüsrevoğlu, M., Janowski, A., & Karkınlı, A. E. (2025). Optimizing Vehicle Placement in the Residual Spaces of Unmarked Parking Areas: A Comparative Study of Heuristic Methods. *Applied Sciences*, 15(12), 6416. <https://doi.org/10.3390/app15126416>.
14. Biyik, C., Allam, Z., Pieri, G., Moroni, D., O'Fraifer, M., O'Connell, E., Olariu, S., & Khalid, M. (2021). Smart Parking Systems: Reviewing the Literature, Architecture and Ways Forward. *Smart Cities*, 4(2), 623-642. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020032>.
15. Economic Benefits of High-Density Parking Systems. [Електронний ресурс] // ParkPlus high density parking system. – Режим доступу: https://parkplusinc.com/economic-benefits-automated-mechanical-parking/?utm_source. – Дата звернення: [25.09.2025](https://parkplusinc.com/economic-benefits-automated-mechanical-parking/?utm_source).

16. МИТКО, М., БУРЛАКА, С., & ЯРОЦУК, Р. (2025). АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФОРМ ВЗАЄМОДІЇ РІЗНИХВИДІВ ТРАНСПОРТУ. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 349(2), 77-82. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-349-10>

References

1. Lysenko Olena. During the war, the number of vehicles in Ukraine increased by a third and reached 13 million. URL: <https://minfin.com.ua/ua/2024/03/20/123560792/> (date of access: 24.09.2025).
2. New passenger car market in Ukraine - results of June 2025. URL: <https://eauto.org.ua/news/837-rinok-novih-legkovikiv-v-ukrajini-pidsumki-cherhvnya-2025-roku> (date of access: 24.09.2025).
3. 9 Distinct Types of Parking. URL: <https://thearchspace.com/9-distinct-types-of-parking/> (date of access: 24.09.2025).
4. Automatic multi-level parking. The company LLC "Scientific and Production Association" Garage Construction Institute." URL: <https://www.igb-parkings.com/en/>. (date of access: 24.09.2025).
5. Multilevel Car Parking System. Parklift 421 – Parking system. Tradeindia. URL: <https://www.tradeindia.com/products/parklift-421-parking-systems-903178.html>. (date of access: 25.09.2025).
6. Multi-level parking system – modern solution for the city. SmartParking. URL: <https://www.smartparking.ua/#smart-join>. (date of access: 25.09.2025).
7. Litman T. Parking Management: Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute, 2024. p. 1-29. URL: https://www.vtpi.org/park_man.pdf.
8. Savin Yu. Kh. Methodological foundations of determining the capacity of enterprises for parking vehicles / Yu. Kh. Savin, V. R. Sereda // *Modern technologies in mechanical engineering and transport* . - 2014. - No. 1. - P. 114-116. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ctmbt_2014_1_22.
9. Savin Yu.F. Algorithm of the assistance process of the autoservice vehicles valet parking. / Yu. F. Savin, V. R. Sereda, O. M. Fendyo // *Scientific Notes* . - 2016. - Issue 55. - P. 341-344. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_55_67.
10. Bondar, A. V., Maksimenko, M. A., Dremlyuga, S. O. Research on the parking spece condition of the city of Vinnytsia. / A. Bondar, M. Maksimenko, S. Dremliuha // *Modern technology, materials and desing in construction Scientific Notes* . - 2022. – № 2. – P. 130–139.
11. I. A. Polishchuk, "FEATURES OF IMPLEMENTATION OF AUTOMATED PARKING SYSTEMS IN LARGE CITIES", *NaukPraTsi VNTU* , issue 2, July 2024.
12. Plasencia-Lozano, P.; Méndez-Manjón, I. Optimisation of urban space based on geometric analysis of parallel parking lots. *Transp. Res. Procedia* 2023, 71, 307–314. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146523003708?utm_source.
13. Hüsrevoğlu, M., Janowski, A., & Karkınlı, A. E. (2025). Optimizing Vehicle Placement in the Residual Spaces of Unmarked Parking Areas: A Comparative Study of Heuristic Methods. *Applied Sciences*, 15(12), 6416. <https://doi.org/10.3390/app15126416>.
14. Biyik, C., Allam, Z., Pieri, G., Moroni, D., O’Fraifer, M., O’Connell, E., Olariu, S., & Khalid, M. (2021). Smart Parking Systems: Reviewing the Literature, Architecture and Ways Forward. *Smart Cities*, 4(2), 623-642. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020032>.
15. Economic Benefits of High-Density Parking Systems. [Електронний ресурс] // ParkPlus high density parking system. – Режим доступу: https://parkplusinc.com/economic-benefits-automated-mechanical-parking/?utm_source. – Дата звернення: 25.09.2025.
16. МЫТКО, М., БУРЛАКА, С., & ЯРОСЧУК, Р. (2025). ANALYSIS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL FORMS OF INTERACTION OF VARIOUS MODES OF TRANSPORT. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences* , 349 (2), 77-82. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-349-10>.