

Чубарова Д.С.

аспірантка кафедри архітектури будівель і споруд та дизайну архітектурного середовища, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ У БУДІВНИЦТВІ ПАРКІНГІВ

Анотація. У статті наведено приклади інноваційних технологій та матеріалів, які доцільно використовувати в будівництві паркінгів. Серед сучасних технологічних розробок можна виділити такі: ВІМ, цифрові двійники, віртуальну і доповнену реальність, роботизацію, 3D-друк. ВІМ – процес, що заснований на використанні інтелектуальних 3D-моделей. Технологія передбачає не просто віртуальне моделювання об'єкта, а комплексне уявлення в цифровому вигляді фізичних і функціональних характеристик об'єкта. Цифрові двійники – це віртуальні точні копії фізичних об'єктів (споруд, міст). Ця технологія йде поруч з ВІМ, має схожі елементи, проте головна різниця між ними полягає в тому, що цифровий двійник має на меті змоделювати взаємодію людини з навколишнім середовищем і об'єктами. Віртуальна і доповнена реальність створює «реальний» світ у цифровому середовищі, використовуючи фотографії, рендеринг та відео 360°. Можливості технології забезпечують навігацію в реалістичному діджитал-середовищі, де також можна і взаємодіяти з об'єктами в реальному часі. Роботизація будівництва – процес зведення об'єкта або його складових частин за допомогою мобільних автоматизованих машин (роботів) з певним функціоналом, які допомагають у виконанні тих чи інших будівельних робіт, значно прискорюючи темпи будівництва. Принцип роботи будівельних 3D-принтерів полягає в екструзії або витісненні спеціальної суміші шар за шаром по заданій тривимірній комп'ютерній моделі. За допомогою таких пристроїв можна друкувати будівлі і по частинах, і цілком, якщо вони вміщаються під аркою принтера. Із сучасних матеріалів у статті приділяється увага новим видам бетону (бетон, що здатний абсорбувати вуглекислий газ, бетон, що самовідновлюється, та гнучкий бетон) та цегли (3D-надруковані цеглини, цегла, що здатна бути джерелом освітлення, цегла-хамелеон, або веллорова цегла). Для успішної організації будівництва паркінгів необхідно використовувати сучасні технології і матеріали, за допомогою яких можна заощадити час та витрати людської праці. Впровадження в практику інтегрованих систем управління якістю, витратами, часовими параметрами будівництва об'єктів, їх ресурсним забезпеченням сприяє поліпшенню економічного становища будівельних організацій. **Ключові слова:** паркінг, інноваційні технології, сучасні матеріали, ВІМ, цифрові двійники, віртуальна і доповнена реальність, роботизація будівництва, 3D-моделювання, бетон, цегла.

Постановка проблеми. В Україні з урахуванням сформованих архітектурно-планувальних особливостей, низької щільності магістральної вулично-дорожньої мережі та значно збільшеного рівня автомобілізації в умовах відсутності достатньої кількості паркувальних місць актуальною є організація зберігання транспортних засобів на території міста. Зі стрімким розвитком паркінгів виникає проблема підвищення ефективності будівництва об'єктів для зберігання автомобілів.

Сучасне будівництво паркінгів базується на принципах впровадження наявних прогрес-

сивних методів проектування і будівництва, а також новітніх розробок технологій будівництва і застосування сучасних багатофункціональних будівельних матеріалів.

Зв'язок будівельної галузі з комп'ютерними технологіями формується роками, і в наші дні користь від неї очевидна для фахівців різних напрямів. Нині це складні системи управління комплексними проектами: починаючи з проектування будівель, споруд, інженерних комунікацій і закінчуючи автоматизованими засобами контролю об'єктів державного нагляду. Застосування сучасних

технологій і матеріалів дозволяє значно підвищити комфортність користування і знизити фінансові витрати на утримання та експлуатацію паркінгів.

Аналіз останніх досліджень. У наукових дослідженнях приділяється увага такій проблематиці, але постійно з'являються нові розробки у сфері будівництва. Розглядаються лише окремі аспекти сфери використання сучасних технологій та матеріалів. Вивчають міжнародний досвід використання BIM-технологій у будівництві такі науковці, як В.В. Ільїнова, В.Д. Міцевич, адитивні технології (технології 3D-друку) в будівництві – М.Б. Пермяков, А.Ф. Пермяков, А.М. Давидова [1, с. 79–93; 2, с. 14–15].

Мета роботи – виявити та охарактеризувати останні інноваційні технології та сучасні матеріали, які доцільно використовувати в будівництві паркінгів.

Результати досліджень. Сучасне будівництво – це симбіоз використання інноваційних технологій та сучасних багатофункціональних будівельних матеріалів. Серед тих, які вже використовують у будівництві за кордоном та які в перспективі рекомендується впроваджувати в будівництво паркінгів, можна виділити такі як:

1) BIM. BIM (от англ. building information modeling) – це процес, заснований на використанні інтелектуальних 3D-моделей. Технологія передбачає не просто віртуальне моделювання паркінгу, а комплексне уявлення в цифровому вигляді фізичних і функціональних характеристик об'єкта. BIM враховує не тільки зведення, а й оснащення, управління, експлуатацію паркінгу, перспективу ремонту або знесення, тобто охоплює весь життєвий цикл об'єкта в комплексі. Всі складники і нюанси в проектуванні, які мають відношення до об'єкта, обов'язково враховуються і розглядаються в єдиному проекті. У разі видалення або заміни якогось елемента або доповнення вся модель перераховується з цим коригуванням.

Маючи в арсеналі цифрові дані про об'єкт, робота відбувається за допомогою мобільного девайса, завдяки якому проводиться належний на всіх етапах контроль. Таке рішення істотно спрощує управління і контроль за будівельними процесами, оптимізує результат.

Завдяки BIM створена віртуальна модель паркінгу дозволяє фахівцям:

- побачити всі проблеми і нестиківки;
 - затвердити передбачувані переваги об'єкта;
 - дати можливість користуватися моделлю всім учасникам проекту;
 - вносити коригування;
 - розраховувати кошторис;
 - контролювати процес робіт;
 - передбачати ризики майбутньої конструкції;
 - розрахувати ресурси.
- BIM-технології скорочують:
- матеріальні витрати;
 - помилки в проєктах;
 - термін виконання.

В Україні все більшої популярності набувають BIM-технології, однак їх використовують в основному в мегаполісах і великих компаніях, інші нові технології у вітчизняному будівництві поширені ще менше. 17 лютого 2020 року Кабінет Міністрів затвердив концепцію впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) до 2025 року. Метою концепції є визначення механізмів впровадження BIM-технологій у будівництво як інструменту реформування, модернізації та цифрової трансформації будівельної галузі в Україні [3].

2) Цифрові двійники паркінгів – це віртуальні точні копії фізичних об'єктів (споруд, міст). Ця технологія йде поруч з BIM, має схожі елементи, проте головна різниця між ними полягає в тому, що цифровий двійник має на меті змоделювати взаємодію людини з навколишнім середовищем і об'єктами. Віртуальна репліка паркінгу дає інформацію про поточний стан створених екосистем, інфраструктур і як вони впливають на користувачів.

Комп'ютерна модель паркінгу об'єднує інформацію в єдине навколишнє середовище, доступне для всіх. BIM-модель статична, а цифровий двійник у динаміці змінюється в часі. Двійники дають можливість перевірити різні сценарії і загрози – вплив стихійних лих, різних надзвичайних подій – пожежі або обвалення якогось елемента за допомогою симуляції. Спираючись на BIM-модель, цифровий двійник може «відчувати на собі» закладену інформацію, інтегруючи різні блоки інформації. Одна з головних функцій цифрового близнюка – це функція передбачування. Можливі проблеми або, навпаки, точне розуміння, що об'єкт зможе витримати передбачувані навантаження, дає будівельникам

можливість не робити перевитрат і на ранніх етапах оптимізувати процеси і внести коригування.

3) Віртуальна і доповнена реальність. Серед нових технологій в архітектурі та будівництві паркінгів особливо варто виділити віртуальну реальність (VR). Вона створює «реальний» світ у цифровому середовищі, використовуючи фотографії, рендеринг та відео 360°. Можливості технології забезпечують навігацію в реалістичному діджитал-середовищі, де також можна і взаємодіяти з об'єктами в реальному часі. Доповнена реальність – це вже окремі цифрові елементи, накладені на справжнє середовище, які добудовують кінцеву задуману модель.

VR ще більше додає цілісності і глобальності віртуальному об'єкту, де фактично цифрова інформація «оживає» з фізичної. Віртуальна реальність набагато масштабніша, що тільки підсилює створені багатовимірні моделі. Це особливий досвід від першої особи, який додає більше професійних рішень, експертної оцінки. Вона видозмінює спосіб побудови інфраструктури загалом.

За допомогою цієї технології:

- перевіряють нові конструкції;
- відстежують прогрес;
- виявляють проблеми на ранніх етапах будівництва;

- вона є практичним інструментом у польових роботах для вивчення складних конструкцій.

4) Роботизація. Роботизація будівництва паркінгів – процес зведення об'єкта або його складових частин за допомогою мобільних автоматизованих машин (роботів) з певним функціоналом, які допомагають у виконанні тих чи інших будівельних робіт, значно прискорюючи темпи будівництва.

Основні категорії роботів, які використовуються в будівництві:

- промислові роботи – для виконання широкого спектра операцій, зазвичай це роботи шарнірно-зчленованого типу. Зовні і своїми рухами вони дуже схожі на людську руку, використовуються у самих різних роботах – від простої автоматизованої збірки до складних зварних робіт;

- декартові роботи – для швидкого 3D-друку, наприклад, спеціальним складом з бетону або композитних матеріалів. Робочі органи таких роботів рухаються в тривимірній системі декартових координат;

- колаборативні роботи – для спільної роботи з людиною, виконують завдання, які були б занадто складні для неї. Можуть також повторювати рухи людини для виконання робіт у важкодоступних або небезпечних місцях будівництва;

- роботи-дрони – однотипні роботехнічні механізми, здатні як спільно (з використанням взаємних комунікацій), так і поодиноці поставляти найбільш актуальні відомості про хід робіт на будівельному майданчику без залучення людини або виконувати будь-які дії над будівельним об'єктом;

- самохідні будівельні машини – модернізація стандартного важкого обладнання шляхом його об'єднання із системами управління на основі штучного інтелекту, наприклад, бульдозери, екскаватори, компактні гусеничні навантажувачі, а також системи, обладнані спеціалізованими комплексами для 3D-друку або зварювання металоконструкцій;

- роботи-гуманоїди – антропоморфні (схожі на людину) роботи для виконання великого спектра різних робіт, наприклад, оздоблювальних, фарбувальних і т.п. Прикладом є робот-будівельник з Японії HRP-5P;

- мінібудівельники – команда взаємопов'язаних і взаємозалежних роботів невеликого розміру стосовно конструкції, що будується. Кожен з них виконує свою роль по черзі, залежно від стадії зведення і використовуючи інструкції, надані центральним комп'ютером, у поєднанні з показаннями власних датчиків і систем локального позиціонування. Ще один робот-«постачальник» за потребою забезпечує кожного робота з команди рідким будівельним матеріалом. Такі роботи в основному кріпляться до конструкції та, переміщаючись по ній, виконують свою роботу.

Впровадження роботизованих механізмів і автоматизація процесів передбачає виконання рутинних, простих, але трудомістких операцій на будівництві, заміну людської сили та оптимізацію робіт, в яких потрібна висока продуктивність.

5) 3D-друк. Ця технологія давно на службі в будівельній галузі, але лише останніми роками вона набула справжнього масштабу у повсюдному застосуванні.

Підвищений попит такого «товариша» в будівництві паркінгів зумовлений: високою продуктивністю і простотою створення різноманітних за складністю конструкцій. Отримання готових будівельних блоків (стіни,

плити) або інших компонентів безпосередньо на будівництві знижує не тільки собівартість виробництва, а й витрати на логістику, персонал. Завдяки технології екструзії, в 3D-моделюванні стало можливим створення елементів з різних матеріалів – бетону, геополімеру, цементу, гіпсу і глини [4, с. 90–101].

Переваги технології:

- швидкість;
- точність (мінімум помилок);
- різноманітність у дизайні;
- висока продуктивність;
- економія додаткових витрат на перевезення і персонал;
- екологічність.

Розвиток 3D-друку в будівництві паркінгів стримують масштаби. Так, для будівництва об'єкта висотою більше одного поверху потрібен масштабний принтер, ціна якого буде відповідною, або тривимірний пристрій доведеться забезпечити функцією переміщення будівельними лісами, розробивши спеціальну програму. Саме з цієї причини всі надруковані будови на сьогодні або невеликі за своїми розмірами, або будуються з окремих складників.

З нових модернізованих матеріалів можна виділити бетон та цеглу:

– канадська CarbonCure Technologies винайшла, як шкідливі викиди CO₂, які викидають автомобілі, використовувати у виробництві бетонних блоків, пов'язуючи діоксид вуглецю в процесі. Бетон стає екологічнішим і функціональнішим: абсорбувати вуглекислий газ – ідеальна вимога до екоматеріалу, що використовується в будівництві паркінгів [5, с. 148–153];

– бетон, що самовідновлюється. Бетон сам по собі крихкий матеріал, але у разі додавання в формулу бетону особливого мінералу мушлів (перламутру), який і надає еластичність, ті ж характеристики приймає і бетон. Крім того, він стає легшим, і еластичність набагато збільшується. Ці якості ідеальні для будівництва паркінгів у сейсмічних зонах;

– гнучкий бетон. Розробка вчених з Університету Суїнберн. Технологія створення такого бетону заснована на добавці звичайного промислового відходу – летючої золи. Завдяки цьому композитному полімеру в складі бетону, новий матеріал володіє приголомшливою міцністю за високих (в 400 разів) показників згинання. Виробництво такого виду бетону також екологічне. Його застосування доціль-

не для будівництва паркінгів, що мають високе силове навантаження.

– 3D-надруковані цеглини Cool Brick, що наділені власною системою охолодження. Завдяки пористості цегли повітряний потік проходить крізь пори, які насичені вологою, а вона, випаровуючись, охолоджує. Цеглини просто наповнюються водою – досить облили стіну водою. Такий матеріал енергоефективний у жарких країнах;

– цегла, що здатна бути джерелом освітлення. Смарт-цеглини з покриттям полімеру PEDOT можуть бути самі джерелом живлення і використані в аварійному освітленні;

– цегла-хамелеон, або велюрова цегла, – розробка російської компанії. Завдяки вертикальним борозенкам на поверхні у цегли з'являється оптичний ефект: за різного освітлення облицювання з такої цегли змінює колір. Але, крім естетичного ефекту, така цегла володіє підвищеними експлуатаційними параметрами.

Висновки. Одним з головних завдань у будівництві паркінгів, де ефективність і скорочення часу та витрат стає пріоритетом, є розвиток сучасних технологій і матеріалів. Будівництво стає розумним не тільки в комп'ютерному проектуванні, а і в безпосередньому процесі створення об'єкта, використовуючи інноваційні технології.

У будівництві все частіше застосовуються високотехнологічні матеріали, що здатні акумулювати тепло і мати самовідтворювані характеристики. Більш того, існують особливі матеріали, які роблять паркінги здатними очищати міське повітря від смогу. Сучасні будівельні матеріали отримують приголомшливі альтернативи з використанням нових технологій, щорічно утворюється велика кількість стартапів, що випускають модернізовані будматеріали, які вирішують різні завдання в будівництві.

Інноваційні будівельні технології і матеріали, що застосовуються в будівництві, повинні відповідати одному або декільком з критеріїв: процес будівництва робити простіше і швидше; зменшувати вартість будівництва; збільшувати енергоефективність об'єкта; підвищувати життєвий цикл паркінгу.

Незважаючи на багато позитивних якостей нових технологій і будівельних матеріалів, їх використання в Україні ще не досягло значного рівня, але ведеться робота з їх впровадження, в тому числі і на законодавчому рівні.

Література

1. Льбінова В.В., Міцевич В.Д. Міжнародний досвід використання BIM-технології в будівництві. *Російський зовнішньоекономічний вісник*. 2021. № 6. С. 79–93.
2. Пермяков М.Б., Пермяков А.Ф., Давидова А.М. Адитивні технології в будівництві. *European research*. 2017. № 1(24). С. 14–15.
3. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації: Закон України від 17 лютого 2021 р. № 152-р / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 13.10.2021).
4. Луньова Д. А., Кожевнікова Е.О., Калошина С.В. Застосування 3D-друку в будівництві і перспективи його розвитку. *Вісник ПНІПУ. Будівництво та архітектура*. 2017. № 1. С. 90–101.
5. Вакуров А.С., Абросімов І.П. Опис і переваги технології виробництва бетону з діоксиду вуглецю в будівництві. *Бюлетень науки і практики*. 2018. № 8. С. 148–153.

References

1. Pliнова V.V. & Mitsevych V.D. Mizhnarodnyi dosvid vykorystannia BIM-tekhnohii v budivnytstvi. *Rosiiskyi zovnishnoekonomichnyi visnyk*, 2021. No. 6, 79–93 [in Russian].
2. Permiakov M.B., Permiakov A.F. & Davydova A.M. Adytyvni tekhnohii v budivnytstvi. *European research*, 2017. No. 1(24), 14–15 [in Russian].
3. Verkhovna Rada of Ukraine. Pro skhvalennia Kontseptsii vprovadzhennia tekhnohii budivelnoho informatsiinoho modeliuвання (BIM-tekhnohii) v Ukraini ta zatverdzhennia planu zakhodiv z yii realizatsii. 2021. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
4. Lunova D.A., Kozhevnikova E.O. & Kaloshyna S.V. Zastosuvannia 3D-druku v budivnytstvi i perspektyvy yii rozvytku, *Visnyk PNYPU. Budivnytstvo ta arkhitektura*, 2017. No. 1, 90–101 [in Russian].
5. Vakurov A.Ye. & Abrosimov I.P. Opys i perevahy tekhnohii vyrobnytstva betonu z dioksydu vuhletsiu v budivnytstvi, *Biuletyn nauky i praktyky*, 2018. No. 8, 148–153 [in Russian].

MODERN TRENDS IN THE USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND MATERIALS IN PARKING CONSTRUCTION

Abstract. *The article presents examples of innovative technologies and materials that should be used in the construction of parking lots. Among modern technological developments are the following: BIM, digital twins, virtual and augmented reality, robotics, 3D-printing. BIM is a process based on the use of intelligent 3D-models. The technology involves not just virtual modeling of the object, but a complex representation in the digital form of physical and functional characteristics of the object. Digital twins are virtual exact copies of physical objects (structures, cities). This technology goes alongside BIM, has similar elements, but the main difference between them is that the digital counterpart aims to model human interaction with the environment and objects. Virtual and augmented reality creates a “real” world in a digital environment, using photos, rendering and video 360°. Technology capabilities provide navigation in a realistic digital environment, where you can also interact with objects in real time. Robotic construction is the process of erecting an object or its components using mobile automated machines (robots) with certain functionality, which help in the execution of certain construction works, significantly accelerating the pace of construction. The principle of construction 3D-printers is to extrude or displace a special mixture, layer by layer, according to a given three-dimensional computer model. With the help of such devices, you can print buildings in parts, and in whole, if they fit under the printer’s arch. From modern materials, the article focuses on new types of concrete (concrete is able to absorb carbon dioxide, self-renewable concrete and flexible concrete) and bricks (3D-printed bricks, bricks, capable of being a source of lighting, brick-chameleon or velor brick). To successfully organize the construction of parking lots, it is necessary to use modern technologies and materials with which you can save time and cost of human labor. Implementation of integrated quality management systems, costs, time parameters of construction of objects, their resource provision contributes to the improvement of the economic situation of construction organizations.*

Key words: *parking, innovative technologies, modern materials, BIM, digital counterparts, virtual and augmented reality, robotics construction, 3D-modeling, concrete, brick.*

Chubarova D.S.

Postgraduate Student at the Department of Architecture of Buildings and Structures and Architectural Environment Design,
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv