

Роман САМЧЕНКО,
канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0003-1013-0047
Владислав БАБІН,
аспірант
ORCID: 0009-0008-4210-7603
Запорізький національний університет, м. Запоріжжя

АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ БУДІВНИЦТВА ВИКОРИСТОВУЮЧИ СУЧАСНІ ТЕХНОГІЇ

Інноваційні методи будівництва, які впроваджуються у виробничий процес являються базою для росту економіки країни. В процесі інноваційної діяльності відбувається взаємодія різних галузей економіки. Інновації впливають не тільки сферу управління, але й ресурсну сферу, постачання та ін.

Україна, входячи в еру цифрової трансформації, активно розвиває та впроваджує новітні технології в будівельній галузі. Будівництво та цивільна інженерія в цілому традиційно сприймані як консервативні галузі, тому також відчують необхідність адаптуватися до вимог часу і впроваджувати інноваційні технології. Тому проведення комплексного аналізу інноваційних методів будівництва які реалізуються за допомогою сучасних технологій в усьому будівельному комплексі є актуальним завданням сьогодення.

В статті виокремлено та описано основні напрямки використання інновацій в будівництві. Виявлено ряд недоліків традиційних технологій будівельно-монтажних робіт. Інноваційні технології, такі як штучний інтелект, безпілотні летальні апарати, лазерні сканери, 3-Д принтери та інші допомагають вивести будівельну галузь зовсім на новий рівень, підвищити ефективність будівництва, оптимізувати їх процеси, ефективно використовувати ресурси. Розробка інноваційних технологій в будівництві є перспективним напрямком досліджень, який підтверджується необхідністю відбудови нашої держави у повоєнний час, розбудовою промисловості, інфраструктури, тощо. За рахунок використання таких сучасних технологій як безпілотні летальні апарати, аналітичні бази даних, 3-Д лазерне сканування, 3-Д друк, бездротове сканування, можливо значно підвищити ефективність будівельно-монтажних робіт, уникнути виробничих та логістичних помилок, зменшити час будівництва, спростити логістичні процеси, раціонально використовувати трудові, часові та матеріальні ресурси, а також підвищити якість будівельної продукції.

Ключові слова: *інноваційні технології, інноваційні матеріали, методи будівництва.*

Постановка проблеми. Використання сучасних технологій в будівельній галузі на теперішній час стає актуальною тенденцією, що обумовлено збільшенням об'ємів будівництва та водночас зниження їх вартості, скорочення часу БМР. Усі три умови можна реалізувати за рахунок впровадження інновацій в технологіях, методиках, матеріалах, тощо.

Використання сучасних технологій в будівельному комплексі надасть

можливість ефективніше відновлювати інфраструктуру ушкоджених міст, пришвидшити та/або реанімувати розвиток будівельної сфери, що, в свою чергу допоможе розвинути інші сфери економіки країни.

Нажаль, зараз будівельна галузь переживає не найкращі часи. Це пов'язано зі зношенням основних фондів, втратою кваліфікованих працівників, використання засобів та матеріалів, які не відповідають сучасним вимогам.

Розвиток інновацій в будівництві повинен охоплювати весь комплекс створення будівельної продукції, починаючи з науково-дослідної роботи, проєктувальних вишукувань, виготовлення конструкцій в заводських умовах або на будмайданчику, виконання БМР.

Мету статті можна виокремити в наступне – аналіз сучасних та інноваційних технологій реалізації будівельного виробництва та пошук шляхів впровадження їх у будівельний комплекс.

Аналіз останніх досліджень. Основні напрямки впровадження інновацій доцільно використовувати за наступними напрямками:

- будівельні технології та матеріалознавство;
- містобудівництво та архітектура;
- інженерні мережі;
- будівельна техніка та обладнання;
- екологічність, енергоефективність в будівництві;
- безпека робіт та охорона праці, моніторинг якості.

Розподіл по вищезазначеним напрямкам базується на досвіді закордонних країн, проте їх можливо використовувати у вітчизняній практиці.

1. Дрони. Безпілотний летальний апарат (БПЛА) здебільшого виконує інформаційну функцію – допомагають проводити аналітику будівельних робіт, наприклад контроль якості, геодезична зйомка, тощо. З кожним днем область їх застосування тільки розширюється. Відомо [1] досвід американського сервісу Skycatch, які розробили програмне забезпечення для БПЛА, яке дозволяє створювати 3-D моделі карт місцевості, проводити швидкі розрахунки відстаней, площин, об'ємів. Актуальним напрямком стало топографічна зйомка дронами, моніторинг будівельних об'єктів, інспектування та авторський нагляд.

2. Аналітика баз даних. В першу чергу до таких баз можна віднести електронні креслення, ВІМ моделі, номенклатури будівельних матеріалів та виробів та їх розцінки, інформація про вживання енергоресурсів будівлями, данні про енергоефективність будівель, матриці будівельних процесів, логістичні бази даних, тощо.

Впровадження програмного забезпечення в будівництво дозволить:

- аналізувати данні по попереднім об'єктам, розрахувати матеріали, порівняти ціни;
- проаналізувати попередній досвід та попередити помилки;
- будувати оптимальніші логістичні мережі, зменшити використання ресурсів, ефективніше управляти персоналом.

3. 3-D лазерне сканування (5-D) це унікальна технологія, яка дозволить отримувати повну копію об'єкту. Впровадження даної технології в будівництво дозволить провести інвентаризацію інфраструктури міста та доріг; спроектувати технологічні процеси реконструкції складних технологічних будівель, ремонт або спроектувати нову будівлю; визначити об'єми земляних робіт (як виїмок, так і насипів); зробити зйомку місцевості з щільною забудовою; скласти креслення фасадів, перерізів, розрізів, схем, тощо; контролювати деформації будівель чи

споруд.

4. 3-Д друк. Застосування цієї технології дозволяє швидко та відносно не дорого друкувати житлові та громадські будівлі і споруди малої поверховості, зі складним плануванням або формами.

5. Інструменти планування. Планування в будівництві – це багатозадачний та комплексний процес, що вимагає застосування різних методів та інструментів. Незважаючи на те, що традиційні підходи, такі як діаграма Ганта і метод критичного шляху, як і раніше актуальні, сучасні технології, включаючи Agile, Lean і BIM, відкривають нові горизонти для підвищення ефективності та гнучкості. Використання спеціалізованих програмних продуктів, таких як Microsoft Project, Primavera P6 та Autodesk Revit, забезпечує ефективне управління проектами та досягнення поставленої мети.

6. Бездротовий моніторинг. Бездротова система моніторингу стану будівельних конструкцій є ефективним засобом у комплексі заходів щодо забезпечення безпеки будівель та споруд та наочно демонструє одну з областей практичного застосування технології бездротових сенсорних мереж MeshLogic. Ця система забезпечує тільки збирання, реєстрацію та відображення показань від великої кількості датчиків, встановлених на різних елементах конструкцій для контролю їх напружено-деформованого стану та структурної цілісності. Подальша інтерпретація та аналіз отриманих даних здійснюється кваліфікованими спеціалістами.

7. Самовідновлювальні матеріали. До таких матеріалів слід віднести штучні матеріали які здатні частково або повністю відновлювати вихідні характеристики у разі ушкодження. Здатність матеріалів до самовідновлення дозволить збільшити термін експлуатації конструкцій, знизити витрати на їх ремонт, а також збільшити рівень безпеки конструкції або будівлі в цілому.

Виклад основного матеріалу.

1. Аналізуючи закордонний досвід використання БПЛА у будівництві та проєктуванні будівель та споруд, можна зробити висновки, що повністю автоматизовані системи можуть зменшити витрати праці з моніторингу під час зведення. Крім того, їх використання дозволяє виявляти порушення на будмайданчику, контролювати складування, зберігання та перевезення будівельних матеріалів. Інформація з дрону обробляється автоматично, замовник може швидко отримувати данні з будмайданчика.

2. Згідно розрахункам міжнародної консалтінгової організації McKinsey, аналіз даних зменшує витрати в будівництві на 5–10% та зменшує строки робіт на 10–20%. А сумісне використання big data та BIM максимально мінімізує витрати часу на виконання звітної документації.

При роботі з великим об'ємом даних існує один важливий недолік - збереження конфіденційності. Під big data зазвичай приймається знеособлена інформація, тобто яка не має персональних даних, тому це юридично безпечно. В Україні це питання залишається відкритим та потребує створення державою нормативного регулювання.

3. 3-Д сканери дозволяють точно вимірювати та моделювати в трьохвимірному просторі, утворюючи цифрові копії будівельних об'єктів. Лазерний промінь направляється на об'єкт, відображається від його поверхні та повертається до сканера, де спеціальні датчики вимірюють час, за який повернувся промінь.

Такий лазер використовують в архітектурі та будівництві для створення точних 3-Д моделей (рис. 1) будівель і споруд.

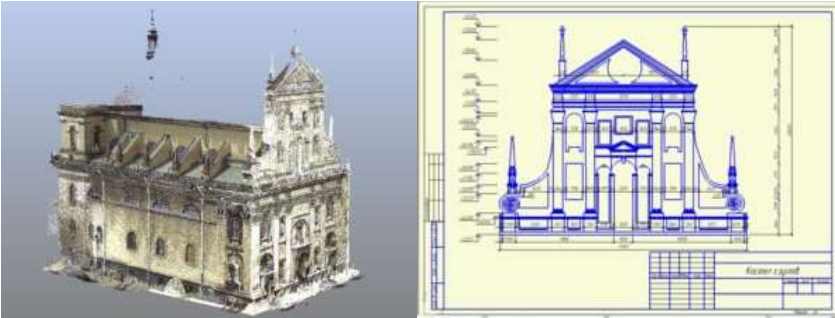


Рис. 1. Церква Петра і Павла, м. Львів.
Сканування та створення креслень будівлі

3-Д сканери дозволяють зберігати культурну спадщину, створювати їх цифрові копії археологічних артефактів, пам'яток архітектури та інших об'єктів культури. Головною перевагою 3-Д сканеру є його висока точність вимірювань, швидкість роботи.

4. Будівлі зведені за допомогою 3-Д принтерів є в багатьох країнах світу – Америці, Китаї, ОАЕ та ін. За допомогою цієї технології можна реалізувати будь-який проєкт за відносно невеликих витратах. Зведені будинки легко штукатурити як ззовні, так і в середині. Процес будівництва досить швидкий та простий дозволяє скоротити витрати часу. Крім того, при такому будівництві мінімізовано кількість будівельного сміття.

Проте також існує ряд недоліків: відсутність нормативної та законодавчої бази з 3-Д будівництва; вибір сировини для друку будівель дуже обмежений; висока ціна будівельного обладнання; складна логістика та зберігання друкованих збірних елементів.

Проте напрямок 3-Д друку є перспективним – в майбутньому він допоможе вирішити питання з доступним соціальним житлом для внутрішньо-переміщених осіб.

5. Основними аспектами в плануванні є, в першу чергу, створення та розподіл робочих задач по проєктним групам, визначається фронт робіт для кожної ділянки об'єкту. По-друге це визначення послідовності та визначення пріоритетності робіт, і по-третє – це визначення тривалості робіт. Наступний крок – це визначення графіків.

Приклади профільних програм з планування (рис. 2): PlanRadar, VisualData, Microsoft Project, GanttPRO та інші.

Усі вищезазначені програми дозволяють визначати терміни виконання будівельно-монтажних робіт, відстежувати їх виконання, витрату ресурсів.

Управління проєктами складається з проєктування, планування, складання графіків робіт до самого будівництва. Кожен з етапів складний, проте цифрове програмне забезпечення дозволить спростити процеси та підвищити ефективність, оптимізувати роботи.



Рис. 2. Інтерфейс програми PlanRadar та GanttPRO

6. Здебільшого систему бездротового моніторингу використовують для оцінки технічного стану будівель і споруд для прогнозування та попередження аварійних ситуацій; безперервного отримання, оброблення та передачі інформації про функціонування об'єкту; автоматизоване сповіщення відповідних служб у разі необхідності.

7. Концепція самовідновлюючих матеріалів з'явилася відносно недавно, проте завдяки перспективам їх використання являються актуальними в науковому світі.

В залежності процесів самовідновлення, такі матеріали діляться на автономні та неавтономні. В першому випадку матеріал відновлюється при пошкодженні самостійно, без будь-якого зовнішнього втручання. В іншому випадку для запуску механізму самовідновлення матеріалу потрібен зовнішній фактор, наприклад підвищена температура або світло.

Також самовідновлюючі матеріали мають внутрішні процеси відновлення (у випадку відновлення матриці матеріалу без будь-яких додаткових домішок) та зовнішні – за рахунок доданих спеціальних компонентів.

Самовідновлюючі матеріали мають широке різноманіття, яке можна поділити на монокомпозиційні (полімери, цементи, тощо) та багатокомпозиційні системи із різних комбінацій, наприклад армуючі компоненти, волокна, капсули, тощо.

Матеріали які здатні до самовідновлення мають великий потенціал, широкий спектр використання, в особливості в конструкціях до яких висуваються підвищені вимоги до довговічності та надійності.

Сучасні технології відкривають перед будівельними компаніями безліч перспектив. Використання дронів для аерофотозйомки та моніторингу будівельних майданчиків дозволяє отримувати актуальну та детальну інформацію про хід будівництва, що сприяє своєчасному виявленню та вирішенню проблем.

Автоматизація будівельних процесів за допомогою спеціального обладнання та програмного забезпечення не тільки підвищує продуктивність праці, але й мінімізує ризик помилок та аварій.

Крім того, для успішного розвитку будівельним компаніям необхідно активно взаємодіяти з науково-дослідними інститутами та технологічними організаціями. Таке партнерство забезпечить доступ до новітніх розробок, які можна успішно інтегрувати у власні будівельні проекти. Спільні наукові дослідження та розробки можуть стати основою для створення унікальних технологічних рішень, що забезпечить значні переваги.

Ефективне планування дозволяє звести ризики до мінімуму, виключити затримки та надмірні витрати та одночасно забезпечити високу якість виконання робіт. Незалежно від обраного методу планування чи оптимізації будівництва важливо враховувати специфіку проєкту та адаптувати методи та інструменти під конкретні умови. Це дозволить отримати максимальних результатів та успішно реалізувати проєкт.

Висновки. В непростих умовах сьогодення, будівництво в Україні продовжує бути одним із головних напрямків в економіці. Проте цифровізація економіки є важливим кроком на шляху сталого розвитку країни. Успішна реалізація цього процесу потребує комплексного підходу в різних галузях, і будівництво не є винятком. Особливої уваги вимагає відновлення промисловості, реконструкція житлового комплексу, модернізація будівель і споруд, тощо. Саме тут на перший план випливає необхідність застосування інноваційних засобів будівельно-монтажних робіт, завдяки яким можливо досягати максимального результату в мінімальні строки, раціонально розпоряджатися усіма видами ресурсів, тобто покращити економічні показники.

Список літератури:

1. Shahandashti, M., Abediniangerabi, B., Zahed, E., Kim, S. (2023). Introduction to Construction Analytics. In: Construction Analytics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27292-9_1
2. ДСТУ EN ISO 12006-2:2020. Зведення будівель. Організація інформації про будівлі та спо-руди. Частина 2. Структура класифікації. [Чинний від 2022-10-01]. К.: ДП «УкрНДНЦ». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89627
3. ДСТУ EN ISO 29481-1:2022. Інформаційні моделі будівель. Настанова з доставляння інформації. Частина 1. Методологія та формат. [Чинний від 2022-10-01]. К.: ДП «УкрНДНЦ». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=97168
4. ДСТУ ISO 22263:2020. Організація інформації про будівлі та споруди. Структура управління інформацією про проєкт. [Чинний від 2022-10-01]. К.: ДП «УкрНДНЦ». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=97174
5. ДСТУ EN ISO 19650-2: 2022. Організація та оцифрування інформації про будівлі та цивільні інженерні роботи, охоплюючи інформаційне моделювання будівель (BIM). Управління інформацією з використанням інформаційного моделювання будівель. Частина 2. Фаза доставки активів. [Чинний від 2023-12-31]. К.: ДП «УкрНДНЦ». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=113916
6. ДСТУ EN ISO 19650-1:2022. Організація та оцифрування інформації про будівлі та інженерні споруди, охоплюючи інформаційне моделювання будівель (BIM). Управління інформацією за допомогою інформаційного моделювання будівель. Частина 1. Поняття та принципи. [Чинний від 2023-12-31]. К.: ДП «УкрНДНЦ». URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=113917
7. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. [чинний від 1994-07-01]. Київ: ІПММС НАНУ, 1993. 19 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61937

8. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. [Чинний від 2008-01-01]. Київ:НДІБВ, 2007. 16 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21673

9. Про утворення Міжвідомчої робочої групи з питань прискореного перегляду інструментів державного регулювання господарської діяльності: Постанова Кабінету Міністрів України від 13.01.2023 р. № 44. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/44-2023-%D0%BF#Text>

References:

1. Shahandashti, M., Abediniangerabi, B., Zahed, E., Kim, S. (2023). Introduction to Construction Analytics. In: Construction Analytics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27292-9_1

2. DSTU EN ISO 12006-2:2020. Construction of buildings. Organization of information about buildings and structures. Part 2. Classification structure. [Valid from 2022-10-01]. K.: SE "UkrNDNTS" from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=89627 (in Ukrainian)

3. DSTU EN ISO 29481-1:2022. Building information models. Guidance on information delivery. Part 1. Methodology and format. [Valid from 2022-10-01]. K.: SE "UkrNDNTS" from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=97168 (in Ukrainian)

4. DSTU ISO 22263:2020. Organization of information about buildings and structures. Project information management structure. [Valid from 2022-10-01]. K.: SE "UkrNDNTS" from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=97174 (in Ukrainian)

5. DSTU EN ISO 19650-2: 2022. Organization and digitization of information on buildings and civil engineering works, covering building information modeling (BIM). Information management using building information modeling. Part 2. Asset delivery phase. [Valid from 2023-12-31]. K.: SE "UkrNDNTS" from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=113916 (in Ukrainian)

6. DSTU EN ISO 19650-1:2022. Organization and digitization of information on buildings and civil engineering works, covering building information modeling (BIM). Information management using building information modeling. Part 1. Concepts and principles. [Valid from 2023-12-31]. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNTs" from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=113917 (in Ukrainian)

7. DSTU 2226-93. Automated systems. Terms and definitions. [Valid from 1994-07-01]. Kyiv: IPMMS NASU, 1993. 19 p. from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61937 (in Ukrainian)

8. ДБН В.1.2-5:2007. System for ensuring the reliability and safety of construction objects. Scientific and technical support of construction objects. [Valid from 2008-01-01]. Kyiv: NIIBV, 2007. 16 p. from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21673 (in Ukrainian)

9. On the establishment of an Interdepartmental Working Group on the accelerated revision of instruments of state regulation of economic activity: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 13.01.2023 No. 44. from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/44-2023-%D0%BF#Text> (in Ukrainian)

Vladislav BABIN, Roman SAMCHENKO

Analysis of innovative construction methods using modern technologies

Innovative construction methods that are introduced into the production process are the basis for the growth of the country's economy. In the process of innovative activity, various sectors of the economy interact. Innovations affect not only the management sphere, but also the resource sphere, supply, etc.

Ukraine, entering the era of digital transformation, is actively developing and implementing the latest technologies in the construction industry. Construction and civil engineering as a whole are traditionally perceived as conservative industries, therefore they also feel the need to adapt to the requirements of the time and introduce innovative technologies. Therefore, conducting a comprehensive analysis of innovative construction methods that are implemented using modern technologies throughout the construction complex is an urgent task today.

The article identifies and describes the main areas of use of innovations in construction. A number of shortcomings of traditional technologies of construction and installation works are identified. Innovative technologies such as artificial intelligence, unmanned aerial vehicles, laser scanners, 3-D printers and others help to bring the construction industry to a completely new level, increase the efficiency of construction, optimize their processes, and effectively use resources. The development of innovative technologies in construction is a promising area of research, which is confirmed by the need to rebuild our country in the post-war period, develop industry, infrastructure, etc. By using such modern technologies as unmanned aerial vehicles, analytical databases, 3-D laser scanning, 3-D printing, wireless scanning, it is possible to significantly increase the efficiency of construction and installation work, avoid production and logistics errors, reduce construction time, simplify logistics processes, rationally use labor, time and material resources, and also improve the quality of construction products.

Keywords: innovative technologies, innovative materials, construction methods.