

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-603-4-39>

DIGITALIZATION OF THE CONSTRUCTION SECTOR: THE TECHNOLOGICAL LANDSCAPE

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУДІВНИЧОГО СЕКТОРУ: ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ЛАНДШАФТ

Сьогодні ключові напрями диджитал-трансформації будівництва охоплюють усі етапи життєвого циклу його об'єктів. Це дозволяє прогнозувати значне підвищення ефективності, прозорості та безпеки виробничих процесів і реалізації корпоративних стратегій та бізнес-моделей циклічного будівництва [1], зростання їх ролі у процесах ухвалення управлінських рішень у будівельному секторі [2], пом'якшення негативних наслідків кліматичних змін [3]. Зазначені напрями включають на сьогодні широкий спектр конкретних технологій – від інформаційного моделювання будівель та 3D-друку до віртуальної і доповненої реальності, використання смарт-матеріалів, великих даних, штучного інтелекту, Інтернету речей та дронів.

Згідно з поглядами Дж. Меуера, М. Теттзке, К. Накхле та С.Віндека [4], усі використовувані у будівництві цифрові технології в аспекті свого функціонального призначення включають, з одного боку, *технології загального призначення* з підтримки процесів управління будівельним виробництвом, а з другого – *специфічні диджитал-технології*, котрі забезпечують технічну діяльність з проектування, інжинірингу, власне будівництва, обслуговування споруд та ін. За критерієм використовуюваного технологічного інструментарію будівельні диджитал-технології поділяються на кіберфізичні та програмні, а за критерієм технологічної конвергенції – на комплементарні і платформні.

Важливо зазначити, що у той час як програмні технології у будівництві не мають прямого зв'язку з фізичною інфраструктурою, кіберфізичні технології органічно інтегрують у своїх межах цифрові та фізичні властивості будівельних об'єктів. Це створює усі необхідні передумови для реалізації конкретних виробничих завдань на основі використання цифрових даних в якості вхідної інформації для їх виконання, або ж генерування нових цифрових даних як вихідної інформації [4, с. 3]. Про сучасні масштаби поширення програмних технологій у процесах цифровізації світового будівельного сектора

свідчить, зокрема, той факт, що загальний річний дохід операторів світового ринку програмного забезпечення для будівництва та проєктування збільшився у період 2016–2023 рр. з 6,8 до 9,7 млрд євро з прогнозним зростанням до майже 11 млрд на період до 2028 р. (рис. 1).



Рис. 1. Загальний річний дохід операторів світового ринку програмного забезпечення для будівництва та проєктування у період 2016–2023 рр. з прогнозом до 2028 р.

Джерело: побудовано автором за даними [5]

При цьому спостерігаються чітко виражені *міжрегіональні диференціації* в ієрархії чинників, котрі спричиняють неухильне нарощування капіталізації ринку програмного забезпечення для будівництва та проєктування. У той час як для Сполучених Штатів Америки головним акселеруючим фактором є дедалі масштабніше застосування технологій інформаційного моделювання будівель (*англ. – Building Information Model – BIM*), то для Європи – впровадження хмарних програмних рішень.

Свою чергою, країни Азійсько-Тихоокеанського регіону характеризуються динамічним приростом інвестиційних капіталовкладень в інфраструктурні проєкти, Близького Сходу – зростанням ринкового попиту на екологічні будівельні рішення, а Латинської Америки – підвищенням попиту на доступні технологічні рішення для житлових об'єктів [5]. Варто додати, що синергетична дія усіх зазначених чинників спричиняє неухильне нарощування глобального ринкового попиту на програмне забезпечення для будівництва, здатне забезпечити суттєве зростання його ефективності і рентабельності, навіть на тлі посилення кризових явищ у світовій економіці.

Одночасно спостерігаються також доволі глибокі відмінності в об'єктній структурі цифровізації будівництва кожного учасника будівельних екосистем. Якщо виробники будівельних матеріалів більшою мірою концентруються на диджиталізації виробництва та дистрибуційних каналів у загальному руслі технологій Індустрії 4.0, то

будівельні компанії – на оцифруванні процесів проектування, будівництва та логістики. Нарешті, будівельні трейдери зосереджуються на розбудові диверсифікованих каналів онлайн-торгівлі [6, с. 3], котрі забезпечують високу зручність та доступність покупок через Інтернет. Достатньо сказати, що вже сьогодні електронні закупівлі будівельних матеріалів дають змогу заощадити близько 5 % загальних витрат покупців на основі каталогу та до 10 % у випадку застосування онлайн-аукціонів. Зокрема, шведська будівельна компанія Skanska, керуючись мотивами економії виробничих витрат, близько 50 % використовуваних матеріалів закуповує через цифрові платформи; а виробник інструментів Hilti взагалі передав усі процеси придбання матеріалів в аутсорсинг зовнішнім командам з управління закупівлями [6, с. 8, 10].

Таблиця 1

**Сучасний технологічний ландшафт цифровізації
світового будівельного сектору**

Технології	Компліментарні технології	Платформні технології
Кіберфізичні технології	<i>Кіберфізичні компліментарні технології:</i> лазерне сканування; автоматизоване збірне виробництво; радіопристрої стеження; дрони на місці будівництва; робототехніка на місці будівництва; прогнозне обслуговування; 3D-друк на місці будівництва; 3D-друк за межами місця будівництва; доповнена реальність	<i>Кіберфізичні платформні технології:</i> хмарні логістичні платформи; датчики/моніторинг даних про будівлі; автоматизація будівель; оптимізація їх функцій; системи розумних будівель; підключення будівель до інфраструктури; автоматизований аналіз стану будівель
Програмні технології	<i>Програмні компліментарні технології:</i> автоматизоване проектування; програмне забезпечення для управління логістикою; параметричний дизайн; моделювання характеристик об'єктів будівництва; віртуальна реальність у проектуванні та плануванні будівель	<i>Програмні платформні технології:</i> цифрова документація; планування ресурсів підприємств; технології закритого BIM; електронний бізнес і тендери; мобільні технології в координації будівельних проєктів; автоматизація обслуговування клієнтів; ланцюг блоків у проєктній документації; технології відкритого BIM

Джерело: побудовано автором за даними [4, с. 4]

Отже, сучасний технологічний ландшафт цифровізації світового будівельного сектору, поданий у табл. 1, засвідчує високий рівень конвергенції застосовуваних у ньому диджитал-технологій, здатний забезпечити поліструктурний характер їх впливу на зелені трансформації будівельного сектору.

Підсумовуючи, зазначимо, що цифрова трансформація будівельного сектора сьогодні охоплює всі рівні його функціонування – від матеріального виробництва й логістики до управління корпоративними стратегіями та взаємодії з ринком. Високий рівень конвергенції кіберфізичних і програмних технологій формує нову соціотехнічну архітектуру галузі, яка забезпечує підвищення ефективності, прозорості та стійкості будівництва. Саме цей багатоаспектний вплив цифровізації створює передумови для прискореного переходу до зеленої економіки, де інноваційні рішення водночас сприяють економії ресурсів, зменшенню викидів і підвищенню конкурентоспроможності учасників ринку.

Література:

1. Çetin S., Straub A., Gruis V. How can digital technologies support the circular transition of social housing organizations? In: Empirical Evidence from Two Cases. 2nd International Conference of Circular Systems for the Built Environment- Advanced technological and Social Solutions for Transitions. ICSBE2, Eindhoven, the Netherlands. 2021.
2. Yu Y., Yazan D. M., Junjan V., Iacob, M.-E. Circular economy in the construction industry: a review of decision support tools based on Information & Communication Technologies. *J. Clean. Prod.* 2022. P. 349/
3. Caldas L. R., Silva M. V., Silva V. P., Carvalho M.T.M., Toledo Filho R. D. How different tools contribute to climate change mitigation in a circular building environment? – a systematic literature review. *Sustainability*. 2022. Vol. 14 (7).
4. Meuer J., Toetzke M., Nakhle C., Windeck S. A typology of digital building technologies: Implications for policy and industry. *Earth and Environmental Science: IOP Conf. Series*. 2019. Vol. 323. No. 1. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/323/1/012053/pdf>.
5. Construction and Design Software – Worldwide. Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/outlook/tmo/software/productivity-software/construction-and-design-software/worldwide>.
6. Think Act. Digitization in the construction industry. Roland Berger GMBH Civil Economics, Energy & Infrastructure Competence Center. 2016.