

УДК 69.05:65.012

Д.В. Дубінін,

канд. техн. наук, ст. наук. співр.

ORCID: 0000-0002-2044-0631

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ТЕНДЕНЦІЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ КРИТИЧНИХ ВПЛИВІВ

У статті здійснено аналіз теоретичних підходів до формування процесу цифровізації економіки та цифрової трансформації будівництва, взаємодії учасників проектів. Виявлено, що критичними впливами на будівництво можна назвати такі впливи, які повністю порушують процес зведення об'єкта, або впливають на величину параметрів будівництва (терміни, трудомісткість і вартість) таким чином, що подальший процес будівництва є або суттєво ускладненим або взагалі неможливий. До критичних впливів можуть бути віднесені будь-які зміни зовнішнього і внутрішнього середовища будівельного проекту, зокрема війни, стихійні лиха тощо.

Огляд літературних джерел дозволив виілити основні проблеми, вирішення яких необхідно для належного теоретичного обґрунтування дії критичних впливів на процес організації будівництва та його цифрової трансформації.

Теоретичне обґрунтування ролі критичних впливів на трансформацію процесу будівництва дозволив виявити наступні наслідки впливу воєнних дій на будівельну галузь, протягом війни в Україні. Такими чинниками стали зміна ланцюгів постачання підприємства та відсутність багатьох матеріально-технічних і людських ресурсів на будівництві, руйнування існуючої інфраструктури, яку потрібно постійно відновлювати, спрямування інвестиційних пріоритетів у бік оборони країни, зменшення інвестицій в цифровізацію, значна міграція населення, зростання кіберзагроз, потреба у системі кіберзахисту тощо.

Виявлення дії критичних впливів на процес організації будівництва та на цифрову трансформацію дозволить підприємствам і організаціям будівельного комплексу, різним учасникам інвестиційно-будівельних проектів не тільки класифікувати їх за ступенем впливу на окреме підприємство, але і розробити комплекс упереджувальних або згладжувальних заходів щодо функціонування учасників у цифровому середовищі проекту.

Ключові слова: *цифровізація, організація і технологія будівництва, бар'єри, перешкоди, тенденції розвитку будівництва.*

Вступ. У цифрову еру будівельні, проектні та експлуатаційні компанії прагнуть підвищити свою конкурентоспроможність, використовуючи потенціал цифрової трансформації для створення нових цінностей, зниження витрат і отримання можливостей для прибуткової діяльності в довгостроковій перспективі. Вони інтегрують цифрові технології в різні аспекти своєї діяльності, такі як архітектурні рішення, дизайн, будівництво, організаційні та технологічні рішення для будівництва та проектування інженерних систем об'єкта, виробничі процеси та управління життєвим циклом об'єктів, щоб покращити якість продукції, оптимізувати ефективність виробництва та розширити ринкові можливості. Однак процес цифрової трансформації, створюючи додаткові можливості для розвитку компаній, не завжди протікає послідовно, сповільнюється або взагалі зустрічає опір. Наприклад, часто малі і середні компанії відмовляються працювати в середовищі BIM, або використовувати методи штучного інтелекту, доповненої реальності, великі дані та можливості блокчейн, вважаючи, що це потрібно тільки для великих підприємств або крупних державних проектів. При цьому втрачається багато можливостей для розвитку.

Під час війни в Україні було порушено еволюційний хід розвитку усіх секторів економіки, при цьому процеси цифрової трансформації будівництва також зазнали змін. Але на відміну від багатьох економічних, соціальних, політичних та управлінських процесів розвитку галузей економіки України, цифровізація навіть посилилась під дією спочатку пандемії Covid-19, а потім війни.

Діджиталізація виявилася ефективним інструментом протидії військовим та іншим загрозам, що дозволило багатьом підприємствам організувати свою діяльність і вижити. Враховуючи те, що багато будівельних процесів неможливо перевести в цифровий формат, оскільки будівництво об'єкта фізично має відбуватися на відведеній для цього земельній ділянці та безпосередньо на будівельному майданчику, актуальним є дослідження тенденцій розвитку цифровізації в будівництві під дією загроз воєнного часу та інших критичних впливів, аналіз основних перешкод і бар'єрів на шляху впровадження цифровізації, ідентифікація та класифікація процесів, які можна оцифрувати.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання цифровізації економіки наразі є актуальним і широко досліджуваним українськими і зарубіжними вченими. Різні аспекти цифрової трансформації будівництва досліджувались у роботах [5, 8, 9, 12, 14, 16, 20, 24], барери і перешкоди упровадженню цифрових технологій у процеси адміністрування та організації будівництва, а також у проектування вивчали у наступних статтях [2, 3, 10, 11, 13, 19, 20, 21, 22, 26], способи оптимізації та удосконалення процесів організації будівництва за рахунок упровадження цифрових технологій присвячено статті [4, 6, 15, 17, 18, 25], головні тенденції розвитку будівництва на макро-, мезо- та мікрорівнях

досліджено у працях [6, 7], способам упровадження цифрових технологій у діяльність окремих підприємств або їх об'єднань у рамках будівельних проєктів із урахуванням змін та особливостей різних стадій інвестиційно-будівельного циклу – від ескізного проєкту до ліквідації об'єкта, - присвячено праці [21, 23 - 26].

Постановка задачі. Метою даної статті є виявлення тенденцій цифрової трансформації процесів організації будівництва в умовах критичних впливів.

Основна частина. Із року в рік цифровізація стає все більш необхідним процесом у діяльності будівельних підприємств, оскільки дозволяє вирішувати багато складних та багатоваріантних завдань у області технології, організації та адміністрування будівництвом, слугуючи базою для удосконалення виробничих процесів та операцій на будівельному майданчику чи поза ним.

При цьому цифровізація має не тільки позитивний ефект на діяльність учасників будівництва, що позначається насамперед на неможливості багатьох учасників будівельного процесу швидко адаптуватись до все зростаючих вимог із розвитку компетенцій персоналу, забезпечення сучасним програмним забезпеченням та іншим обладнанням, необхідності адаптувати існуючий досвід управління та адміністрування організаційно-технологічними процесами до вимог, що висуваються при зведенні різних будов [2, 3]. Тому доцільність і ефективність упровадження різноманітних практик цифровізації у даний час є предметом дискусій у багатьох дослідженнях [1]. Так, необхідні додаткові дослідження, які б дозволяли виявити зв'язок між основними параметрами будівельних процесів та операцій (вартістю, трудомісткістю і термінами виконання) із вимогами до цифрового розвитку окремих учасників будівництва, їх ефективністю та ризиками.

Необхідним є виявлення взаємозв'язку між різними способами і моделями цифрової трансформації учасників будівельного проєкту та ефективності виробничих процесів на будівельному майданчику з точки зору зменшення фактичних показників трудомісткості, вартості, термінів будівництва у порівнянні із плановими внаслідок цифровізації.

Перешкодами до упровадження цифровізації у будівельних компаніях можуть стати дороговартісний характер мережевої інфраструктури, операційна структура яка обмежує інновації, необхідність урахування процесу трансформації інших учасників будівництва.

Війна та інші критичні впливи можуть мати значний вплив на цифрову трансформацію будівельної галузі. Ось як ці фактори можуть вплинути на процес (рис.2) :

1. Можуть бути порушені існуючі ланцюги поставок, що впливає на доступність і розподіл ресурсів для будівельних підприємств. Під час війни або інших критичних подій такі ресурси, як робоча сила, матеріали та капітал, можуть бути відведені від будівельних проєктів для підтримки

військових зусиль або інших нагальних потреб. Наразі це проявляється у дефіциті кваліфікованих робітників на будовах м. Київ та інших, дефіциті багатьох будівельних матеріалів виробів і конструкцій. Багато будівельної техніки задіяно в будівництві укріплень, захисних споруд, а також працює над ліквідацію наслідків ворожих атак. Відсутність необхідних ресурсів може призвести до затримок у проєктах і перешкодити впровадженню цифрових технологій через зменшення кількості кваліфікованих працівників, збільшення витрат і порушення ланцюжків поставок. війни та критичні події можуть порушити глобальні ланцюги поставок, впливаючи на доступність і вартість будівельних матеріалів і технологічних компонентів. Це може вплинути на доцільність і економічну ефективність ініціатив цифрової трансформації, які спираються на ці постачання.

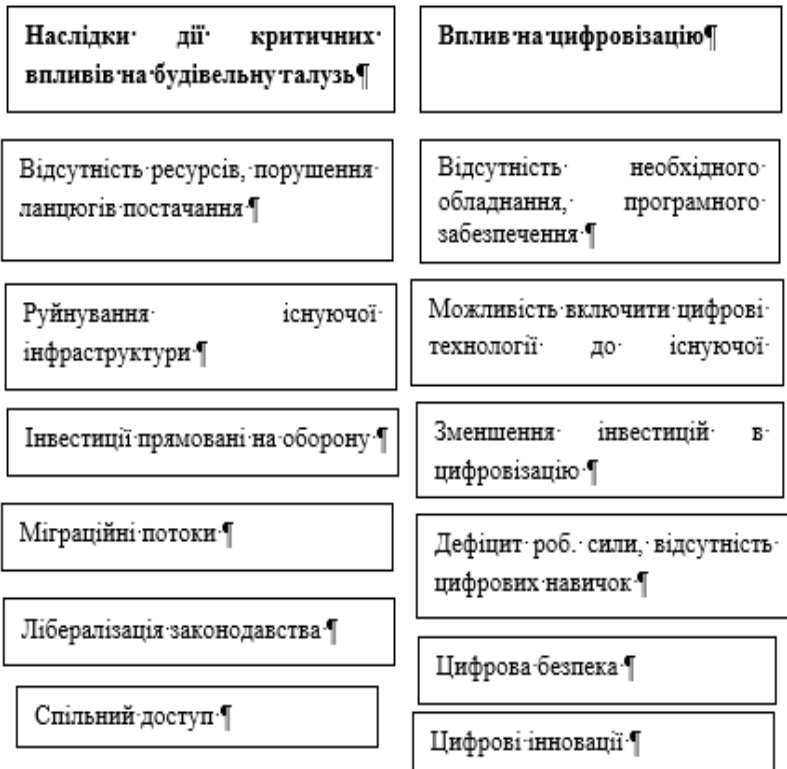


Рис. 1. Критичні впливи на процес цифрової трансформації будівництва (узагальнено автором)

2. Війни та критичні події можуть призвести до руйнування існуючої інфраструктури, що призведе до необхідності реконструкції, відновлення, пошуку нових об'єктів, шляхів доставки, способів будівництва. Хоча руйнування існуючої інфраструктури може надати можливість включити цифрові технології в нову інфраструктуру, цей процес також може бути складним через необхідність швидкої реакції на існуючі перешкоди, необхідність постійної реконструкції, яка вимагає багатьох зусиль, коштів та інших ресурсів та в умовах потенційної нестачі кваліфікованої робочої сили може призводити до суттєвих затримок із зведення об'єктів.

3. Оскільки під час війни пріоритети керівництва країни та споживачів будівельної продукції скеровані в бік оборони та безпеки країни, що призводить до скорочення інвестицій в інші сектори, наприклад будівництво. А скорочення інвестицій може вплинути на фінансування, доступне для впровадження цифрових технологій та інновацій у будівельні процеси.

4. Значні міграційні потоки впливають на попит на житлову нерухомість та на наявність робочої сили. Зазвичай відтік населення йде із регіонів, наближених до активних бойових дій, тоді як найбільш віддалені від лінії бойових зіткнень регіони можуть навпаки зіткнутись із підвищеним попитом на житло. Критичні події можуть призвести до перебоїв у робочій силі, наприклад, міграція кваліфікованих працівників із постраждалих районів або зменшення кількості робочої сили через проблеми безпеки. Це може посилити наявний розрив у навичках у будівельній галузі та перешкодити впровадженню цифрових технологій, які потребують кваліфікованого персоналу.

5. Під час війни урядом запроваджено низку законодавчих і нормативних заходів задля підтримки бізнесу. Запровадження тимчасових правил або зміна процедури видачі дозволів, дозволить сприяти швидкому будівництву та відновленню країни. Ці зміни можуть вплинути на інтеграцію цифрових технологій, оскільки вони можуть не узгоджуватися з довгостроковим плануванням цифрової трансформації.

6. Хоча війни та критичні події можуть суттєво підірвати економічну міць країни та проширити функціонування промисловості, вони також можуть стимулювати технологічні інновації. Будівельна галузь може бути підштовхнута до пошуку більш ефективних способів реконструкції та відновлення, потенційно прискоривши впровадження цифрових рішень для оптимізації процесів і покращення управління проектами.

7. Під час конфлікту чи кризи кібератаки та цифрові загрози можуть збільшитися. Запровадження цифрових технологій у будівельній індустрії наражає її на потенційні кіберризики, які можуть перешкоджати інтеграції таких технологій без надійних заходів кібербезпеки.

8. Цифрова трансформація часто передбачає вдосконалення співпраці та комунікації за допомогою таких технологій, як інформаційне моделювання будівель (BIM) і програмне забезпечення для управління

проектами та інтеграції усіх учасників інвестиційно-будівельного проекту в єдине цифрове середовище. Під час критичних подій, коли фізичні рухи можуть бути обмежені, потреба в ефективній віддаленій співпраці стає більш виразною. Але порушення системи енергопостачання, яке це спростерігається в Україні зараз, може призвести до порушення роботи усієї системи управління будівництвом, співпраці між різними учасниками проекту, підвищуючи ризики втрати або витоку інформації.

Висновки. Критичними впливами на будівництво можна назвати такі впливи, які повністю порушують процес зведення об'єкта, або впливають на величину параметрів будівництва (терміни, трудомісткість і вартість) таким чином, що подальший процес будівництва є або суттєво ускладненим або взагалі неможливий. До критичних впливів можуть бути віднесені будь-які зміни зовнішнього і внутрішнього середовища будівельного проекту. Показовим прикладом критичних впливів на будівельний комплекс є воєнні дії на території країни.

Виявлення дії критичних впливів на процес організації будівництва та на цифрову трансформацію дозволить підприємствам і організаціям будівельного комплексу, різним учасникам інвестиційно-будівельних проектів не тільки класифікувати їх за ступенем впливу на окреме підприємство, але і розробити комплекс упереджувальних або згладжувальних заходів щодо функціонування учасників у цифровому середовищі проекту.

Таким чином, війна та критичні впливи можуть порушити різні аспекти будівельної галузі, впливаючи на розподіл ресурсів, інвестиційні пріоритети, нормативне середовище тощо. Хоча ці проблеми можуть уповільнити процес цифрової трансформації, вони також можуть спонукати галузь до пошуку інноваційних рішень і адаптації до нових обставин. Збалансування короткострокових потреб у відновленні з довгостроковими технологічними досягненнями має важливе значення для забезпечення стійкості та зростання будівельної галузі перед обличчям таких викликів.

References:

1. Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J. Q., Fabian, N., Haenlein, Michael., (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, V. 122, pp. 889-901, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022Z>.
2. Sriyolja et al (2021) Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) in Construction Industry: A Critical Review. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 738 012021 <http://surl.li/kcqbr>
3. Aston, Ben (2022) 10 Best Building Information Modeling (BIM) Software. <https://projectmanagernews.com/tools/best-building-information-modeling-software/>

4. Bieliienkova, O. et al. (2022). Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Pp. 108-115
5. Ryzhakova, G., Malykhina, O., Pokolenko, V., Homenko, O., Nesterenko, I., Rubtsova, O., Honcharenko, T. (2022) Construction Project Management with Digital Twin Information System. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, V. 12, Is. 10.
6. Stetsenko S., Tsyfra T., Vahovich I., Sichnyi S., Lytvynenko O. Information and analytical tools for monitoring the prices of material and technical resources (MTR) of construction. *Scientific Journal of Astana IT University*, 2021. №7. Pp. 63-76. DOI: 10.37943/AITU.2021.40.39.006
7. Stetsenko, S.P. et al. (2020) Management of Adaptation of Organizational and Economic Mechanisms of Construction to Increasing Impact of Digital Technologies on the National Economy. *Journal of Reviews on Global Economic*. 2020. №9. pp.149-164. DOI: <https://doi.org/10.6000/1929-7092.2020.09.15>
8. Stetsenko, S.P. et al. (2021) The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review, Special Issues*, No. 1, Part I, p. 21-31
9. Tugai, O.A. et al (2019). Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph – Lviv-Toruń: Liha-Pres.
10. Zeltser, R. et al (2018) Innovative models and methods of organization, management and economic evaluation of technological processes of construction production: monograph. Kyiv: "MP Lesya".
11. Zeltser, R. et al (2019). Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. *Nauka i innovatsii*, vol. 15(5), 39-51
12. Li, H.; Han, Z.; Zhang, J.; Philbin, S.P.; Liu, D.; Ke, Y. Systematic Identification of the Influencing Factors for the Digital Transformation of the Construction Industry Based on LDA-DEMATEL-ANP. *Buildings* 2022, 12, 1409. <https://doi.org/10.3390/buildings12091409>
13. Reyhaneh S. Shojaei, Gemma Burgess, (2022) Non-technical inhibitors: Exploring the adoption of digital innovation in the UK construction industry, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 185, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122036>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162522005571>)
14. Ngowi, A.; Pienaar, E.; Talukhaba, A.; Mbachu, J. (2005) The globalisation of the construction industry—A review. *Build. Environ.* 2005, 40, 135–141.
15. Mingzhu Wang, Xianfei Yin, (2022) Construction and maintenance of urban underground infrastructure with digital technologies, *Automation in Construction*, Volume 141, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104464>.

16. Pfnür, A.; Wagner, B.(2020) Transformation of the real estate and construction industry: Empirical findings from Germany. *J. Bus. Econ.*, 90, 975–1019

17. The impact of digital transformation on formal and informal organizational structures of large architecture and engineering firms *Engineering Construction and Architectural Management*, 27, (2019), pp. 872-892, 10.1108/ECAM-03-2019-0119

18. Toni Greif, Nikolai Stein, Christoph M. Flath, (2020) Peeking into the void: Digital twins for construction site logistics, *Computers in Industry*, Volume 121, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103264>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016636152030498X>)

19. Econometric toolkit for financial security management of construction enterprises (2017) [L.V. Sorokin and others]; for science. ed. prof. Sorokina L.V., Goika A.F. Kiev: Kiev. nat. University of Architecture and Engineering, 2017. 403 p.

20. Casini, M., (2021). *Construction 4.0: Advanced Technology, Tools and Materials for the Digital Transformation of the Construction Industry*. Woodhead Publishing.

21. Tugay, O.A. et al (2019). Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. *Nauka i innovatsii*, vol. 15(4), 23-32

22. Hewavitharana, T., Nanayakkara, S., Perera, A., and Perera, P., (2021) Modifying the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) Model for the Digital Transformation of the Construction Industry from the User Perspective. *In Informatics*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Vol. 8, No. 4, p. 81.

23. Tsyfra T. T.Yu. BIM as a tool for reforming the pricing system (on the example of road construction enterprises in Kazakhstan). Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. 2021. No. 47 (2). P. 168-180.

24. Belenkova O.Yu. (2020) Strategy and mechanisms for ensuring the competitiveness of construction enterprises based on the model of sustainable development: monograph. Kyiv: Lira-K.

25. Zhang, L., Wu, X., Ding, L., Skibniewski, M. J., & Lu, Y. (2016). Bim-based risk identification system in tunnel construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(4), Pp.529-539

26. Shumak, L. (2020). E ngineering labour market in construction in Ukraine and abroad. *Three Seas Economic Journal*, 1(4), 159-165. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2020-4-23>

D. Dubinin

Trends of digital transformation of construction organization processes in the conditions of critical influences

The article analyzes theoretical approaches to the formation of the process of digitalization of the economy and digital transformation of construction,

interaction of project participants. It was found that critical influences on construction can be called such influences that completely disrupt the construction process of the object, or affect the size of the construction parameters (terms, labor intensity and cost) in such a way that the further construction process is either significantly complicated or impossible at all. Critical impacts can include any changes in the external and internal environment of the construction project, including floods, natural disasters, etc.

The review of literary sources made it possible to highlight the main problems, the solution of which is necessary for the proper theoretical justification of the action of critical influences on the process of construction organization and its digital transformation,

Theoretical substantiation of the role of critical influences on the transformation of the construction process made it possible to identify the following consequences of the influence of military actions on the construction industry during the war in Ukraine. Such factors were the change in the company's supply chains and the lack of many material, technical and human resources in construction, the destruction of the existing information structure that needs to be constantly restored, the direction of investment priorities towards the defense of the country, a decrease in investments in digitalization, a significant migration of the population, the growth of cyber threats, the need for cyber protection system, etc.

The identification of critical influences on the process of construction organization and on digital transformation will allow enterprises and organizations of the construction complex, various participants in investment and construction projects not only to classify them according to the degree of influence on a separate enterprise, but also to develop a set of preventive or smoothing measures regarding the functioning of participants in the digital environment of the project.

Keywords: *digitization, construction organization and technology, barriers, obstacles, construction development trends.*

Посилання на статтю

APA: Dubinin, D. (2022). Trends of digital transformation of construction organization processes in the conditions of critical influences. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 50 (2), 31-39.

ДСТУ: Дубінін Д.В. Тенденції цифрової трансформації процесів організації будівництва в умовах критичних впливів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 50(2). С. 31-39.