

УДК 658.5:69.009:681.51

О.А. Бондар¹,

докт. екон. наук, професор
ORCID: 0000-0002-5382-2548

А.Д. Єсипенко²,

докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0003-0460-2749

О.О. Терентьєв¹,

докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0001-6995-1419

О.В. Веренич¹,

докт. тех. наук, професор
ORCID: 0000-0003-0972-6361

Г.С. Петренко¹,

канд. екон. наук, доцент
ORCID: 0000-0002-8379-9422

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

²Науково-дослідний інститут інноваційного будівництва "НДІ-ІНБУД", м. Київ

МЕТОДИЧНЕ ПІДґРУНТЯ ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВОГО ПРОСТОРУ ВИКОНАННЯ ПІДРЯДНИХ БУДІВЕЛЬНИХ РОБІТ

В статті проведено пошук належної методології щодо формування методичної та формальної аналітичної основи модернізації моделей організації будівництва на ґрунті BIM-моделей.

Провідною сферою застосування BIM-технологій у будівництві є трансформація розрізаних графічних і табличних елементів з складу проектно-кошторисної документації у єдину систему інфо-графічних графічних модулів, що інтегруються єдиною інформаційно-пошуковою системою. Однак, у реаліях вітчизняного будівельного ринку та систем адміністрування будівництвом BIM-технології лишаються допоміжним засобом візуально-графічного та аналітичного подання змісту будівельного девелоперського проекту як об'єкту будівництва та інвестування. Проте стратегічною тенденцією даного ринку є становлення будівельного девелопменту як єдиного середовища будівельного проекту та як формату адміністрування будівництвом. Враховуючи такі стратегічні домінанти, виникає потреба переспрямування та переналаштування функціонального змісту та графо-аналітичної конструкції BIM-технологій до особливостей підготовки та організації циклу будівельного девелоперського проекту (БДП) - від просування започаткувальної інвестиційно-продуктової ідеї до завершення дії девелоперського контракту. BIM-технології вже не слід розглядати виключно як додатковий інструмент візуалізації ходу проектного циклу.

Обґрунтовано, що цифровий простір будівельної галузі (будівельні проекти, будівельні організації-учасники) в умовах розвитку інформаційно-комунікаційних технологій набуває ознак альтернативного будівельного бізнесу, що має функціонувати в певним чином трансформованому середовищі будівельних девелоперських проектів. Технології, безпосередньо пов'язані з проектуванням і

будівництвом (BIM, доповнена реальність, лазерне сканування тощо), підвищують ефективність реалізації інвестиційно-будівельних проєктів, наявність системи аналізу цифрових даних сприяють кращому розумінню тенденцій будівельного ринку.

Ключові слова: *цифровий простір будівельних організацій, формалізований цифровий простір виконання підрядних робіт, інструменти графо-аналітичної візуалізації виконання робіт підрядним підприємством, «геометрична економетрика», BIM-моделювання, будівельний девелоперський проєкт, «Індустрія-4.0».*

Вступ. Міністерством економічного розвитку та торгівлі України разом зі світовими лідерами «цифрового» ринку – Cisco, IBM, Intel, Oracle, Deloitte, SAP, Ericsson, MasterCard, Vodafone, Kyivstar, Lifecell, InternationalDataCorporation, підтримані вітчизняними консультантами та експертами, та ГО «ХайТек Офіс», розробили «Цифровий порядок денний України 2020» – документ, що визначає ключові політики, нагальні сфери, ініціативи та проєкти «цифровізації» України.

Цифрова трансформація характеризується поєднанням передових технологій та інтеграцією фізичних та цифрових систем, а також впливом на будівлі та їх енергоефективність. Важливим є розгляд проблем і головних аспектів цифрової трансформації в аспекті нових поколінь, цифрових талантів, зміни світогляду менеджменту, а також ключових змін систем управління будівельними підприємствами у цифровому середовищі.

Згідно з моделлю цифрової трансформації (DX) більшість будівельників, зокрема у країнах-лідерах, – це лише початківці. Україні потрібні глибокі напрацювання, які могли б прискорити рух будівельної галузі у напрямі DX.

Ключовим рішенням є створення дорожніх карт цифрової трансформації за вибраними підприємствами та секторами будівельної галузі, усвідомлення власниками та керівниками впливу цифровізації на реалізацію будівельних процесів, робіт та проєктів. Такі карти – це план дій та ініціатив щодо цифровізації, а для багатьох підприємств будівельної галузі – план реанімації та повернення в економічне середовище.

Гіпотеза дослідження базується на припущенні, що в контексті реалізації цифрового простору будівництва, необхідно створити загальногалузеву цифрову платформу, що забезпечує автоматизацію усіх етапів та процедур життєвого циклу будівельного проєкту, а також розробку науково-методологічного підходу та практичних рекомендацій щодо управління інформаційним потенціалом будівельної системи, що дасть змогу суттєво знизити витрати на будівництво та зміцнити її конкурентні позиції в сучасному динамічному середовищі.

Аналіз літературних даних. Науково-методичною передумовою успішного виконання визначених завдань є залучення сучасних методологічних платформ для моделювання життєвого циклу будівельних об'єктів: методи і моделі, які були використані для потреб даного дослідження: сумісно використані BIM-технології та галузева теорія ефективного управління підприємством «геометричної економетрики» – для розширення меж використання організаційно-технологічних моделей будівництва; процесний, операційний, системний та сценарний підходи; синектика, декомпозиція, морфологічний аналіз та інші прикладні інструменти інжинірингу, як універсальної сучасної методології і практики прийняття рішень як в будівництві, так і в інвестиційній сфері.

Досліджено сутності категорій: «цифровий простір», «індустрія 4.0», «цифрові інфраструктури», ключові технології цифрових трансформацій щодо можливостей їх застосування для організації будівництва та будівельного девелопменту.

Наведено визначення провідних дефініцій дослідження:

Цифровий простір – це тип простору, де ключовими факторами та засобами виробництва є цифрові дані та мережеві транзакції, а також їх використання як ресурсу, що дає змогу суттєво збільшити ефективність та продуктивність діяльності та цінність для отриманих продуктів та послуг.

Цифрові інфраструктури – комплекс технологій, продуктів та процесів, що забезпечують обчислювальні, телекомунікаційні та мережеві можливості електронної взаємодії, обміну даними, сигналами тощо.

Основна частина. Проведений пошук належної методології щодо формування методичної та формально аналітичної основи модернізації моделей організації будівництва на ґрунті BIM-моделей.

Згідно з представленою науковою гіпотезою, обґрунтовано, що для вирішення завдань модернізації існуючого інструментарію підготовки та організації будівництва, раціональним є сполучити різні за призначенням та змістом методи та моделей прийняття рішень, а саме: *BIM-технології* в якості основи як для розробки регламенту розподілу змісту бізнес-процесів всередині оргструктури адміністрування проектом будівельного девелопменту, так і для формалізованого організаційно-технологічного узгодження етапами, стадій та робіт БДП та елементами-роботами як складовими фронту робіт будівельного об'єкту; успішної організації будівництва; *SADT-моделювання – та геометрична економетрика* – для побудови оновленої операційної системи будівельного девелоперського проекту (БДП) та модернізації структури управління БДП у форматі віртуальної команди; нечітко-логічні алгоритми та “fuzzy”-технології, що забезпечують врахування впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовища БДП та формалізоване визначення (індикацію) рівня впевненості замовника та девелопера в тому, що рівень директивних вимог щодо організаційно-технологічних та адміністративно-функціональних вимог щодо проекту будуть додержані.

Проведені дослідження визначили доцільним узгодження системи девелопменту в будівництві з вимогами і стандартами, визначеними Project Management Institute, що передбачає включення до складу інструментарію організації будівництва, окрім BIM-модулів, також і спеціальних візуальних компонент – «модулі реагування». Зазначені «модулі» - для формату даного дослідження – доцільно представити у вигляді формалізованої (на ґрунті BIM-технологій) графо-аналітичну візуалізацію змін впливу окремих організаційно-технологічних характеристик проекту на підсумкові результати циклу.

Ключовим рішенням щодо цифровізації бізнес-процесів будівельних підприємств є створення дорожніх карт цифрової трансформації по вибраних підприємствах та секторах будівельної галузі. Такі карти – це план дій та ініціатив щодо цифровізації, а для багатьох підприємств будівельної галузі – план реанімації та повернення в продуктивне та високотехнологічне середовище виконання девелоперських будівельних проектів. Перехід будівельних організацій до цифрового простору дозволить забезпечити: наочність відображення змісту їх діяльності в девелоперському контракті; спроможність сформувати, оцінити та обрати продуктивний щодо топології та змісту процесів адміністрування внутрішнім середовищем проекту варіант типології оргструктури адміністрування

проектом та, надалі, успішно координувати діяльність підпорядкованих девелоперу виконавців (субпідрядників, постачальників матеріально-технічних ресурсів, орендодавців будівельної техніки); можливість внесення необхідних коректив в хід проекту, мінімізацію ризиків підготовчої та будівельної фаз проектного циклу.



Рис. 1. Візуалізація цифрового простору виконання підрядних робіт будівельним підприємством (авторська розробка)

Результатів дослідження. Провідною сферою застосування BIM-технологій у будівництві є трансформація розрізаних графічних і табличних елементів з складу проектно-кошторисної документації у єдину систему інфо-графічних графічних модулів, що інтегруються єдиною інформаційно-пошуковою системою. Однак, у реаліях вітчизняного будівельного ринку та систем адміністрування будівництвом BIM-технологій лишаються допоміжним засобом візуально-графічного та аналітичного подання змісту будівельного девелоперського проекту як об'єкту будівництва та інвестування. Проте стратегічною тенденцією даного ринку є становлення будівельного девелопменту як єдиного середовища будівельного проекту та як формату адміністрування будівництвом. Враховуючи такі стратегічні домінанти, виникає потреба переспрямування та переналаштування функціонального змісту та графо-аналітичної конструкції BIM-технологій до особливостей підготовки та організації циклу будівельного девелоперського проекту (БДП) - від просування започаткувальної інвестиційно-продуктової ідеї до завершення дії девелоперського контракту. BIM-технології вже не слід розглядати виключно як додатковий інструмент візуалізації ходу проектного циклу.

Обґрунтовано, що цифровий простір будівельної галузі (будівельні проекти, будівельні організації-учасники) в умовах розвитку інформаційно-комунікаційних

технологій набуває ознак альтернативного будівельного бізнесу, що має функціонувати в певним чином трансформованому середовищі будівельних девелоперських проєктів. Технології, безпосередньо пов'язані з проєктуванням і будівництвом (BIM, доповнена реальність, лазерне сканування тощо), підвищують ефективність реалізації інвестиційно-будівельних проєктів, натомість системи аналізу цифрових даних сприяють кращому розумінню тенденцій будівельного ринку.

Список літератури:

1. Бондар О.А. Методологічні основи формування галузевої теорії ефективного управління підприємством: дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.04 / Бондар Олена Анатоліївна; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – К., 2013. – 546 с.
2. Бондар О.А., Поколенко В.О., Петренко А.С. Сучасні трансформації інноваційного розвитку будівельного підприємства. *Scientific letter of Academsc Society of Michail Baludyansky*, Volume 9, №6а, 2020, p. 15-23
3. Пилипчук О.Д., Поколенко В.О. Тенденція розвитку цифрового простору будівельної галузі України. *Budownictwo o zoptymalizowanym Potencjale energetycznym. Construction of optimized Energy potential. Wydział Budownictwa Politechniki Częstochowskiej*. 2016. № 1 (11). P. 102-110.
4. Лучко О.Д. Доцільність формування цифрового простору в будівництві // Прикладна геометрія та інженерна графіка: зб. наук. праць. – Вип. 79. – К.: КНУБА, 2008. – С. 92-100.
5. Piłat M. How organizational culture influences building a learning organization // *Forum Scientiae Oeconomia*. – 2016. – № 1. – p. 83-92.
6. Primavera Project Planner 3.1 веб-сайт. URL: <http://primavera-project-planner.software.informer.com/3.1/>. (дата звернення: 26.12.2020).
7. Schauppa E., Abelea E., Metternicha J. Potentials of digitalization in tool management. In: *The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems. Procedia CIRP 63 (2017) 144-149*.
8. Spider project professional. веб-сайт. URL: <http://www.spiderproject.ru/enter.php?ver=prof&lang=rus>. (дата звернення: 24.12.2020).
9. Strack R. et al. How to Gain and Develop Digital Talent and Skills. URL: <https://www.bcg.com/de-de/publications/2017/peopleorganization-technology-how-gain-develop-digital-talent-skills.aspx>. (дата звернення: 21.12.2020).
10. *The Global Competitiveness Report 2014-2015*. URL: <http://www.weforum.org>. (дата звернення: 22.12.2020).
11. JANSSEN | ведуча компанія в сфері управленческого консалтинга https://jansen.com.ua/?gclid=CjwKCAjwvMqDBhB8EiwA2iSmPLu1-ZanI0KQ6vN3fKMgiHFHXHQ96cieRzfEasH-zz08G-ulNjMaBWB0CaXMQAvd_BwE (дата звернення: 25.12.2020).
12. What do you need to become a true BIM professional? https://biblus.accasoftware.com/en/bim-manager-bim-specialist-and-bim-coordinator-roles-and-responsibilities/?utm_source=13839&utm_medium=professioni-bim-btn&utm_campaign=mail-accs-en (дата звернення: 25.12.2020).
13. Wagner T., Herrmann S., Thiede S. Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. In: *49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016)*. *Procedia CIRP 63 (2017) 125-131*.

14. Whitley R. The Institutional Structuring of Organizational Capabilities: the Role of Authority Sharing and Organizational Careers // *Organization Studies*. – 2003. – № 5. – P. 667-695.

15. Directives and policies. URL: <https://www.iso.org/directives-and-policies.html> (дата звернення: 10.12.2020).

16. Foreword - supplementary information. URL: <https://www.iso.org/foreword-supplementary-information.html> (дата звернення: 10.12.2020).

References:

1. Bondar, O.A. (2013). *Metodolohichni osnovy formuvannia haluzevoi teorii efektyvnoho upravlinnia pidpryemstvom* [Methodological bases of formation of the branch theory of effective management of the enterprise]. (Doctor's thesis). Kyiv national university of construction and architecture. Kyiv. [in Ukrainian].

2. Bondar, O.A., Pokolenko, V.O. & Petrenko, A.S. (2020). Suchasni transformatsii innovatsiinoho rozvytku budivelnoho pidpryemstva. *Scientific letter of Academic Society of Michail Baludyansky*, Vol. 9, No 6a. P. 15-23

3. Pylypchuk, O.D. & Pokolenko, V.O. (2016). Tendentsiia rozvytku tsyfrovoho prostoru budivelnoi haluzi Ukrainy. *Budownictwo o zoptymalizowanym Potencjale energetycznym. Construction of optimized Energy potential. Wydział Budownictwa Politechniki Częstochowskiej*. No 1 (11). P. 102-110.

4. Luchko, O.D. (2008). Dotsilnist formuvannia tsyfrovoho prostoru v budivnytstvi. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafiika*. Vyp. 79. P. 92-100.

5. Pilat, M. (2016). How organizational culture influences building a learning organization. *Forum Scientiae Oeconomia*. № 1. P. 83-92.

6. Primavera Project Planner 3.1. URL: <http://primavera-project-planner.software.informer.com/3.1/>.

7. Schauppa, E., Abelea, E. & Metternicha, J. (2017). Potentials of digitalization in tool management. In: *The 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems*. Procedia CIRP 63. P. 144- 149.

8. Spider project professional. URL: <http://www.spiderproject.ru/enter.php?ver=prof&lang=rus>.

9. Strack, R. et al. How to Gain and Develop Digital Talent and Skills. Bcg.com. [Электронныi resurs]. URL: <https://www.bcg.com/de-de/publications/2017/peopleorganization-technology-how-gain-develop-digital-talent-skills.aspx>.

10. The Global Competitiveness Report 2014-2015. URL: <http://www.weforum.org>.

11. JANSEN | vedushchaia kompaniia v sfere upravlencheskoho konsal'tynha URL: https://jansen.com.ua/?gclid=CjwKCAjwvMqDBhB8EiwA2iSmPLu1-ZanI0KQ6vN3fKMgiHFxHQ96cieRzfEasH-zz08G-ulNjMaBWB0CaXMQAvD_BwE

12. What do you need to become a true BIM professional? URL: https://biblus.accasoft.com/en/bim-manager-bim-specialist-and-bim-coordinator-roles-and-responsibilities/?utm_source=13839&utm_medium=professioni-bim-btn&utm_campaign=mail-acca-en

13. Wagner T., Herrmann S. & Thiede S. (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. In: *49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016)*. Procedia CIRP 63. P. 125-131.

14. Whitley, R. (2003). The Institutional Structuring of Organizational Capabilities: the Role of Authority Sharing and Organizational Careers. *Organization Studies*. No 5. P. 667-695.

15. Directives and policies. URL: <https://www.iso.org/directives-and-policies.html>.

16. Foreword - supplementary information. URL: <https://www.iso.org/foreword-supplementary-information.html>

***А.А. Бондарь, А.Д. Есипенко, А.А. Терентьев, А.В. Веренич, А.С. Петренко
Методическое обоснование формирования цифрового пространства
выполнения подрядных работ в строительстве***

В статье проведен поиск надлежащей методологии по формированию методической и формально аналитической основы модернизации моделей организации строительства на почве BIM-моделей.

Ведущей сферой применения BIM-технологий в строительстве является трансформация разрозненных графических и табличных элементов со склада проектно-сметной документации в единую систему инфо-графических графических модулей, интегрируемых единственной информационно-поисковой системой. Однако, в реалиях отечественного строительного рынка и систем администрирования строительством BIM-технологии остаются вспомогательным средством визуально-графического и аналитического представления содержания строительного девелоперского проекта как объекта строительства и инвестирования. Однако стратегической тенденцией данного рынка является становление строительного девелопмента как единой среды строительного проекта и как формата администрирования строительством. Учитывая такие стратегические доминанты, возникает потребность перенаправление и перенастройки функционального содержания и графо-аналитической конструкции BIM-технологий к особенностям подготовки и организации цикла строительного девелоперского проекта (БДП) - от продвижения започаткувальнои инвестиционно-продуктовой идеи до завершения действия девелоперского контракта. BIM-технологии уже не следует рассматривать исключительно как дополнительный инструмент визуализации хода проектного цикла.

Обосновано, что цифровое пространство строительной отрасли (строительные проекты, строительные организации-участники) в условиях развития информационно-коммуникационных технологий приобретает признаки альтернативного строительного бизнеса, должна функционировать в определенном образом трансформированном сред строительных девелоперских проектов. Технологии, непосредственно связанные с проектированием и строительством (BIM, дополненная реальность, лазерное сканирование и т.д.), повышают эффективность реализации инвестиционно-строительных проектов, зато системы анализа цифровых данных способствуют лучшему пониманию тенденций строительного рынка.

Ключевые слова: цифровое пространство строительных организаций, формализованный цифровое пространство выполнения подрядных работ, инструменты графо-аналитической визуализации выполнения работ подрядным предприятием, «геометрическая эконометрика», BIM-моделирования, строительный девелоперский проект, «Индустрия-4.0».

O.A. Bondar, A.D. Yesipenko, O.O. Terentyev, O.V. Verenich, H.S. Petrenko
Methodical basis of formation of digital space performance of contractual construction works

The article searches for an appropriate methodology for the formation of methodological and formal analytical basis for the modernization of models of construction organization based on BIM models.

The leading area of application of BIM-technologies in construction is the transformation of disparate graphic and tabular elements from the design and estimate documentation into a single system of info-graphic graphic modules, which are integrated by a single information retrieval system. However, in the realities of the domestic construction market and construction administration systems, BIM technologies remain an aid to the visual-graphic and analytical presentation of the content of a construction development project as an object of construction and investment. However, the strategic trend of this market is the formation of construction development as a single environment of the construction project and as a format of construction administration. Given such strategic dominants, there is a need to redirect and readjust the functional content and graph-analytical design of BIM-technologies to the peculiarities of preparation and organization of the construction development project cycle (BDP) – from promoting the initial investment product idea to the end of the development contract. BIM-technologies should no longer be considered solely as an additional tool for visualizing the progress of the project cycle.

It is substantiated that the digital space of the construction industry (construction projects, construction organizations-participants) in the development of information and communication technologies acquires the characteristics of an alternative construction business, which should function in a certain transformed environment of construction development projects. Technologies directly related to design and construction (BIM, augmented reality, laser scanning, etc.) increase the efficiency of investment and construction projects, while digital data analysis systems contribute to a better understanding of construction market trends.

Key words: digital space of construction organizations, formalized digital space of contract works, tools of graph-analytical visualization of work performance by a contractor, "geometric econometrics", BIM-modeling, construction development project, "Industry-4.0".

Посилання на статтю:

АРА: Bondar, O.A., Yesipenko, A.D., Terentyev, O.O., Verenich, O.V. & Petrenko, H.S. (2021). Methodical basis of formation of digital space performance of contractual construction works. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 47 (1), 79-86.

ДСТУ: Бондар О.А. Методичне підґрунтя формування цифрового простору виконання підрядних будівельних робіт [Текст] / О.А. Бондар, А.Д. Єсіпенко, О.О. Терентьєв, О.В. Веренич, Г.С. Петренко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2021. – № 47 (1). – С. 79-86.