

ООНОВЛЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ЗМІСТУ АНАЛІТИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ПІДГОТОВКИ БУДІВНИЦТВА НА ҐРУНТІ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Тема класифікації та оновлення змісту аналітичних інструментів підготовки будівництва на засадах цифровізації набуває все більшої актуальності в умовах стрімкої технологічної еволюції. Цифровізація призвела до позитивної трансформації традиційних методів управління проектами та аналізу, надаючи можливість будівельним компаніям застосовувати сучасні аналітичні інструменти, які оптимізують процеси та підвищують ефективність на всіх етапах підготовки будівництва.

Процес підготовки будівельного проекту вимагає використання інструментів, здатних враховувати багатofакторні змінні та аналізувати складні взаємозв'язки між різними елементами проекту. Використання цифрових технологій дозволяє не тільки точно моделювати різні сценарії розвитку проекту, але й створювати ефективні моделі прогнозування. Оновлена класифікація аналітичних інструментів в умовах цифровізації ґрунтується на необхідності визнання нових типів даних, змін у способах їх обробки та використання аналітичних платформ, таких як BIM (інформаційне моделювання будівель), CAD (автоматизоване проектування), технології штучного інтелекту та машинного навчання.

Процес цифровізації змінює парадигму підготовки будівельних проєктів, пропонуючи будівельним компаніям можливість використовувати комплексні інструменти для автоматизації рутинних процесів, аналізу великих обсягів даних та оптимізації прийняття рішень. Аналітичні інструменти наразі спрямовані на тіснішу інтеграцію з інформаційними системами управління проектами, що дозволяє ефективніше координувати різні етапи будівельних робіт та знижує ризики, пов'язані з виконанням робіт. Інноваційні технології, такі як блокчейн та Інтернет речей (IoT), також створюють нові можливості для управління процесом підготовки будівництва та розширюють горизонти аналітичної платформи. Існує три основні категорії інструментів аналізу, які були оновлені відповідно до вимог процесу цифровізації: інструменти збору даних, інструменти обробки даних та інструменти прогнозування. У рамках цих категорій активно

впроваджуються автоматизовані методи аналізу та візуалізації даних, які дозволяють значно скоротити час, необхідний для підготовчих робіт, і підвищити точність прийняття рішень. До аналітичних інструментів також належать інструменти оптимізації ресурсів, які враховують зміни в економічному середовищі в режимі реального часу та забезпечують раціональне використання матеріалів, трудових ресурсів і коштів.

Ключові слова: *цифровізаційна трансформація, аналітичні платформи, будівельні проекти, управління даними, BIM, оптимізація ресурсів, штучний інтелект, прогнозування, автоматизація процесів, хмарні технології.*

Вступ. Оновлення класифікації та змісту аналітичних інструментів підготовки будівництва на ґрунті цифровізації є важливою складовою модернізації галузі. Сучасний етап розвитку будівництва характеризується швидким впровадженням цифрових технологій, які радикально змінюють підходи до планування, проектування та виконання будівельних робіт. Цифровізація дозволяє значно підвищити ефективність та точність процесів, забезпечуючи інтеграцію різних етапів життєвого циклу будівельного проекту.

Основною метою оновлення класифікації та змісту аналітичних інструментів є створення єдиного інформаційного середовища, яке дозволяє автоматизувати обробку даних та прийняття рішень на всіх етапах будівництва. Важливим аспектом є інтеграція інструментів управління проектами, таких як Building Information Modeling (BIM), які сприяють поліпшенню координації між учасниками проекту, зниженню витрат і часу, а також забезпечують точніше прогнозування результатів. Цифровізація також передбачає зміну підходів до класифікації будівельних ресурсів, технологій, матеріалів і процесів. Впровадження аналітичних інструментів, таких як Big Data, штучний інтелект та машинне навчання, дозволяє здійснювати глибший аналіз даних, що значно підвищує якість прийнятих рішень та прогнозування можливих ризиків. Таким чином, оновлення аналітичних інструментів підготовки будівництва з урахуванням цифрових технологій є необхідним кроком для досягнення більшої ефективності, зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності галузі.

Актуальність. Оновлення класифікації та змісту аналітичних інструментів підготовки будівництва на ґрунті цифровізації обумовлена потребою підвищення ефективності та конкурентоспроможності галузі в умовах швидких технологічних змін. Цифрові технології, такі як BIM, Big Data та штучний інтелект, дають змогу значно покращити управління ресурсами, планування та моніторинг будівельних проектів. Впровадження новітніх інструментів дозволяє оптимізувати процеси на всіх етапах будівництва, зменшити витрати, скоротити час виконання

робіт і підвищити якість проектів. Крім того, цифровізація забезпечує інтеграцію даних і автоматизацію прийняття рішень, що є критично важливим для управління складними та багатофункціональними проектами. Оновлення класифікації аналітичних інструментів дає змогу будівельним компаніям оперативно реагувати на зміни в умовах ринку та досягати більшої стійкості до ризиків і невизначеності.

Постановка проблеми. Дослідження щодо класифікації та оновлення змісту аналітичних інструментів підготовки будівництва на засадах цифровізації є актуальним з огляду на сучасний стан розвитку будівельної галузі. Розвиток технологій впливає на всі аспекти будівельних проектів, включаючи планування, управління та способи аналітичної підтримки. Будівельні проекти стають все більш складними, що вимагає інтеграції інноваційних підходів та використання нових аналітичних інструментів для оптимізації ресурсів, підвищення ефективності управління та прогнозування ризиків. Сучасні ІТ, такі як BIM, AI та CAD, великі дані і блокчейн, сприяють використанню нових методів збору, обробки та аналізу і гарантують більш ефективне прийняття рішень на етапі підготовки будівельних проектів.

Метою цього дослідження є розробка сучасної класифікації аналітичних інструментів для підготовки будівництва з урахуванням вимог цифровізації та вивчення впливу цифрових технологій на планування та управління будівельними проектами. Особливу увагу в дослідженні буде приділено питанню, які інноваційні аналітичні інструменти можуть забезпечити найбільш ефективне управління ресурсами, підвищити точність прогнозів та зменшити ризики. Також буде проаналізовано вплив цифрових технологій на скорочення термінів будівництва, зниження витрат і підвищення ефективності. У дослідженні будуть розглянуті ключові напрямки розвитку аналітичної платформи для будівельних проектів, яка дозволяє інтегрувати різні інформаційні системи. Також буде розглянута роль хмарних технологій та блокчейну в забезпеченні мобільності та доступності проаналізованих даних для всіх учасників проекту. Також буде розглянуто потенціал автоматизації рутинних процесів підготовки будівництва з використанням штучного інтелекту та машинного навчання для значного підвищення ефективності управлінських рішень. У дослідженні також буде проаналізовано вплив нових аналітичних інструментів на конкурентоспроможність будівельних компаній у поточному ринковому середовищі. Будівельна галузь переживає процес трансформації через діджиталізацію, і компанії, які впроваджують передові технології, можуть отримати значні переваги завдяки зниженню ризиків та підвищенню ефективності проектів.

Метою статті є дослідження процесу оновлення класифікації та змісту аналітичних інструментів підготовки будівництва в контексті цифровізації, визначення ролі новітніх технологій у вдосконаленні управління будівельними проектами, а також аналіз ефективності

впровадження інструментів, таких як BIM, Big Data та штучний інтелект. Стаття також має на меті визначити вплив цифрових технологій на оптимізацію процесів та підвищення якості в будівництві.

Виклад основного матеріалу: Цифрові технології змінюють підходи до управління проектами, планування, оцінки ризиків та ресурсів і вимагають перегляду існуючих методів та інструментів для досягнення більшої ефективності та точності в процесі будівництва. Інтеграція новітніх ІТ, таких як великі дані, AI, автоматизація, віртуальна і доповнена реальність, стає невід'ємною частиною аналітичного процесу в підготовці до будівництва. Використання цих інноваційних інструментів може допомогти покращити управління ресурсами, зменшити витрати, запобігти ризикам та забезпечити якість реалізації проектів.

Перехід до процесу цифровізації також вимагає розробки нових систем класифікації аналітичних інструментів, що відповідають сучасним вимогам ринку. Це передбачає перегляд принципів збору, обробки та зберігання даних, а також інтеграцію інформаційних систем у будівельні проекти. Стандартизація цих процесів та створення універсальної платформи для використання аналітичних інструментів допоможе будівельним компаніям оптимізувати свою діяльність та підвищити конкурентоспроможність на ринку. В умовах постійних змін і технологічного прогресу ефективне використання цифрових інструментів стає важливою передумовою успішної реалізації будівельних проектів.

Аналіз автоматизованих систем організаційної підготовки інтенсивних будівельних доводить, що для багатьох управлінських структур характерним є використання уніфікованих методів цифровізації. Зв'язком є те, що цифрова земельна база створюється невеликою кількістю підрозділів, як правило, земельними або містобудівними організаціями. Обраний процес цифровізації часто стає стандартом де-факто для організації-користувача [1]. Однак вибір прикладної системи може також визначатися функціональними потребами. Наприклад, завдання обліку та моделювання інженерних мереж вимагають автоматизованих географічних систем з передовим обладнанням для аналізу мережевих структур, які часто недоступні в системах для створення та оновлення великомасштабних карт.

Системи на основі BIM інтегрують різні аспекти проекту і дозволяють проводити комплексний аналіз та приймати рішення на основі актуальних даних. Завдяки цьому будівельні компанії можуть зменшити ймовірність помилок і підвищити ефективність процесу управління. Прогностичні системи, що використовують алгоритми машинного навчання, можуть передбачати потенційні ризики та оптимізувати процеси на етапах планування та виконання.

Цифрова трансформація в будівельній галузі не тільки підвищує ефективність, а й змінює підхід до управління проектами, роблячи його більш динамічним і адаптивним. В умовах швидкозмінного

технологічного середовища важливість оновлення класифікації аналітичних інструментів стає все більш очевидною. Будівельні компанії, які взяли на озброєння передові технології, отримали значні переваги над своїми конкурентами за рахунок зниження ризиків і підвищення ефективності проєктів. Тому адаптація до нових технологій є важливим пунктом успішної реалізації будівельних проєктів у сучасному світі.

Розробники окремих завдань цифровізації моделювання використовують географічну інформацію в системі організаційної підготовки будівництва без цільового погодження. Наприклад, різноманітність процесу цифровізації, що використовуються, менш структурована за галузями, ніж за об'єктами будівництва [2].

На основі проведеного аналізу можна виділити наступні напрямки вдосконалення інформаційного забезпечення систем автоматизації будівельного девелопменту:

1) розробка концептуальної схеми інтеграції Інтегрованого містобудівного кадастру:

- інформаційних ресурсів, що включають дані, інформацію та знання про об'єкти інфраструктури;
- структури організації, що забезпечують процеси реалізації, що передують передачі інформації;
- засоби взаємодії інформації, які дають змогу користуватись інформаційним ресурсом.

2) інтегроване містобудування інформаційною базою земельного кадастру є атрибутровані та просторово розподілені дані. Оскільки всі об'єкти в кадастрі мають або координатну прив'язку, або адресну прив'язку, інтегрована інфраструктура повинна являти собою електронну карту муніципального управлінського комплексу. Основним завданням є поєднання традиційних інформаційних систем на основі СУБД з інструментами цифровізації; в якості форматів обміну можуть бути використані специфікації (або розширення) XML і GML.

3) інформаційно-методичним інструментарієм інтегрованого містобудівного кадастру є:

- Єдиний ідентифікатор інформаційних об'єктів;
- Стандартизований формат опису даних
- Довідник інформаційних об'єктів.

У цьому контексті для організаційно-технічної підготовки (пропонується вирішити всю комплексну задачу ОТП) використовуються засоби інформаційної підтримки цифровізації та метод кругового приєднання [3].

У разі комплексного будівництва організаційно-технічні рішення відображаються в розділах, документах і реалізації основних етапів цього будівництва; поточна послідовність формування основних документів і вирішення завдань не формалізується єдиною моделлю з використанням інформаційного масиву умовних констант і умовних змінних.

У випадку постійного інформаційного набору з умовами для підтримки розробки генерального плану будівництва для всієї ділянки, підготовчий період повинен включати процедури розчищення ділянки, знесення та переміщення існуючих будівель та споруд, будівництво проєктних будівель та споруд для задоволення будівельних потреб, будівель та споруд нульового циклу на період будівництва, а також обсяг будівельних потреб, включаючи зведення тимчасових будівельних об'єктів.

Оновлена класифікація аналітичних інструментів будівельної готовності охоплює низку аспектів, що відображають нові вимоги та виклики, з якими стикається сектор в умовах цифровізації. Оновлення включає різні класифікації інструментів, які можна використовувати для збору, обробки та аналізу даних, а також для моделювання будівельних процесів. Зокрема, важливо враховувати зміни в технологічному середовищі, що впливають на управління проєктами [4].

По-перше, інструменти збору та обробки даних стають основою для якісного аналізу: Використання датчиків Інтернету речей дозволяє в режимі реального часу збирати великі обсяги даних про стан ресурсів, виконання робіт і стан навколишнього середовища. Це дозволяє менеджерам швидко реагувати на зміни, виявляти проблеми та коригувати плани. Збір даних у режимі реального часу також покращує комунікацію між усіма зацікавленими сторонами проєкту, сприяючи швидшому прийняттю рішень і зменшуючи ймовірність помилок.

По-друге, аналітичні платформи, такі як BIM, дозволяють інтегрувати різні аспекти проєкту, забезпечуючи всебічний аналіз на всіх етапах від проєктування до експлуатації; технологія BIM дозволяє створювати тривимірну модель будівлі, що містить всю необхідну інформацію про конструктивні елементи, матеріали, процеси та витрати. Це не лише покращує візуалізацію проєкту, але й дозволяє моделювати різні сценарії та аналізувати їхній вплив на бюджет і графік робіт.

По-третє, системи прогнозування, що використовують алгоритми машинного навчання, можуть передбачати ризики на ранній стадії процесу проєктування. Наприклад, можна проаналізувати історичні дані аналогічних проєктів і на їх основі побудувати модель, яка передбачатиме ймовірність затримок і перевиконання бюджету. Це дозволяє керівнику проєкту завчасно вжити заходів для запобігання потенційним проблемам.

Іншим важливим аспектом оновлення класифікації є інтеграція традиційних систем управління проєктами та інструментів аналізу. Це максимізує ефективність використання нових технологій без відмови від традиційних методів. Зв'язки між різними системами допомагають забезпечити узгодженість даних і зменшити ризики, пов'язані з їх неправильною інтерпретацією [5].

Оновлення класифікації аналітичних інструментів також включає розробку стандартів, які регулюють використання нових технологій і

забезпечують їх дотримання. Це важливо для забезпечення якості та гарантування безпеки даних, що використовуються в процесі аналізу. Схему збереження даних та підготовки до початку будівництва можна побачити на рис. 1.



Рис. 1. Схема моделі будівництва на підготовчому етапі (розроблено автором на основі [5])

Вплив цифрових технологій на аналітичні інструменти для підготовки будівництва є важливим аспектом, що визначає сучасні тенденції в керуванні проектами. Діджиталізація надає нові можливості для збору, дослідження та інтерпретації даних, підвищуючи точність прийняття рішень і знижуючи ризики, пов'язані з керуванням проектами. Введення інноваційних технологій, таких як штучний інтелект, велика кількість даних та хмарні обчислення, зробить процес підготовки до будівництва більш ефективним та адаптивним.

Важливо, щоб цифрові технології сприяли інтеграції даних з різних джерел. Системи, здатні обробляти великі обсяги інформації, дозволять будівельним компаніям діставати дані з різних етапів проекту, спрощуючи процес аналізу і надаючи більш повний огляд [6]. Використання хмарної платформи підвищить рівень координації між учасниками проекту, дозволяючи зберігати інформацію в безпечному середовищі та мати доступ до неї з будь-якої точки світу. Це має особливу важливість в умовах глобалізації та мобільності працівників.

Впровадження цифрових технологій у будівельний сектор також впливає на підвищення прозорості та точності на всіх етапах проектування та будівництва. Цифрові платформи можуть відстежувати прогрес у режимі реального часу, що дозволяє менеджерам краще контролювати витрати, графік і якість робіт. Автоматизовані інструменти генерують детальні звіти на основі актуальних даних, допомагаючи вчасно знаходити відхилення від планових показників і швидко коригувати плани. Це значно скорочує непередбачувані затримки та забезпечує дотримання бюджетних обмежень.

Крім того, потужним інструментом автоматизації аналізу даних стають алгоритми машинного навчання. Вони мінімізують вплив людських помилок і дають змогу зосередитися на складних завданнях, які потребують творчого мислення. ШІ, зокрема, може аналізувати великі обсяги інформації та виявляти закономірності, які інакше залишилися б непоміченими при ручному аналізі. Це дозволяє керівникам проектів приймати більш обґрунтовані рішення на основі реальних даних, а не лише інтуїтивних припущень [7].

Роль візуалізації даних у процесі аналізу також заслуговує на увагу. Сучасні інструменти, такі як інтерактивні графіки та дашборди, можуть представити складні дані у зручному для розуміння форматі. Це дозволяє менеджерам швидко оцінювати поточний стан проектів, виявляти проблеми та приймати своєчасні рішення. Візуалізація також допомагає покращити комунікацію між учасниками проекту, оскільки кожен може швидко зрозуміти хід роботи та питання, які потребують вирішення.

Крім того, цифрові технології відкривають нові перспективи для співпраці та комунікації між різними відділами та партнерами будівельного проекту. Використання цифрових платформ для обміну інформацією гарантує, що всі сторони отримують оновлення в режимі реального часу, мінімізуючи людські помилки та підвищуючи підзвітність. Інструменти віддаленої співпраці також можуть полегшити залучення сторонніх експертів і консультантів, що може позитивно вплинути на загальний результат проекту [8].

Останній момент, на який варто звернути увагу, - це трансформація методів управління проектами з впровадженням цифрових технологій. Діджиталізація не лише підвищує ефективність роботи, але й змінює підхід до управління. Сучасні менеджери повинні вміти швидко

адаптуватися до нових ситуацій і бути готовими до освоєння нових технологій. Підготовку до будівництва та його етапи продемонстровано на рис. 2.



Рис. 2. Схема комплексної організаційної підготовки зосередженого будівництва (розроблено автором на основі [8])

Перспективи розвитку аналітичних інструментів для підготовки будівництва в умовах цифровізації є надзвичайно багатообіцяючими та відкривають нові горизонти для ефективного керування проектами. Серед ключових трендів – штучний інтелект, автоматизація процесів та розвиток технологій віртуальної і доповненої реальності. Ці інновації не лише підвищують ефективність всіх процесів, а й трансформують підхід до підготовки та експлуатації будівельних проектів.

По-перше, введення штучного інтелекту в аналітичні інструменти дає можливість автоматизувати низку рутинних завдань, таких як планування ресурсів, оцінка ризиків та аналіз витрат. Системи на основі ШІ в змозі навчатися на історичних даних і робити більш точні прогнози та рекомендації. Наприклад, аналізуючи минулі проекти, ШІ може виявити закономірності, які допоможуть менеджерам проектів уникнути помилок і знизити витрати. Це особливо важливо на висококонкурентному будівельному ринку, де кожен промах може призвести до значних фінансових втрат [9].

По-друге, автоматизація будівельного процесу створює нові можливості для зменшення впливу людського фактору в керуванні проектами. Застосування робототехніки та автоматизованих систем керування дозволяє значно зменшити ризик помилок і підвищить продуктивність праці. Наприклад, коли роботи використовуються для виконання рутинних завдань, таких як зведення конструкцій, робітники можуть сконцентруватися на більш складних і творчих аспектах проекту.

Це не лише підвищує продуктивність, але й робить процес безпечнішим, оскільки зменшує потребу в ручній праці в небезпечних ситуаціях [10].

По-третє, технології віртуальної та доповненої реальності стають важливими інструментами для навчання та візуалізації будівельних проєктів. Ці технології дають змогу створювати інтерактивні моделі, які допомагають учасникам проєкту краще зрозуміти кроки виконання робіт і виявити потенційні проблеми ще до початку проєкту. Використання VR і AR дозволяє отримати практичний досвід без шкоди для безпеки, що дуже корисно для навчання. Візуалізація проєктів у реальному часі також покращує комунікацію між усіма учасниками та гарантує, що всі мають спільне бачення проєкту. Ще одним важливим напрямком розвитку є вдосконалення стандартів і практик використання аналітичних інструментів. Встановлення єдиних стандартів збору та обробки даних забезпечить їхню якість та безпеку. Це також полегшить інтеграцію різних систем і надасть змогу компаніям максимально ефективно використовувати нові технології.

У світлі вищезазначеного, з метою вдосконалення інструментів цифровізаційного процесу моделювання для комплексного корпоративного навчання, виникає потреба в інструменті оцінки адекватності необхідної інформації з урахуванням особливостей галузі.

Тому в бакалаврській роботі розроблено та вдосконалено інструмент для вирішення поставленої задачі з єдиним алгоритмом застосування інформації на входах та виходах кожного блоку, використовуючи створений ЦФ-масив [11].

Аналіз теоретичних і практичних методів організаційної підготовки територіального розвитку, інформаційного забезпечення, автоматизованих систем вирішення завдань цільової підготовки та елементів системи підготовки і будівництва об'єктів показує, що для комплексної підготовки інтенсивно забудованих територій необхідна інтеграція елементів моделювання, проєктування, інжинірингу та інформаційного забезпечення в єдину систему. Показано важливість інтеграції цих елементів в єдину систему.

Розглядаючи зміст інженерних рішень як комплексний предмет, стало зрозуміло, що не існує єдиної та всеохоплюючої методології для вирішення питань і завдань інженерної освіти, особливо коли замовники представлені різними дисциплінами та фінансовими пріоритетами [12].

Це використовуються, але лише для видачі завдань на геодезичні вишукування, геологічні залежності будівель та проєктування фундаментів, тоді як інформація про існуючі та прокладені підземні комунікації не вноситься до єдиного сховища даних. Наразі існує необхідність системної інтеграції цифровізації моделювання нововведень, їх обробки та прив'язки документів інженерної підготовки будівельних майданчиків на стадії проєктування. Це призводить до необхідності зміни

реляційної технології між усіма учасниками підготовки центрів планування та управління.

На основі проведеного аналізу пропонується інтегрувати найбільш актуальні завдання комплексної організаційної підготовки в загальну структуру цифровізації моделювання, що дозволить в основному скоротити тривалість цього етапу [13].

На рис. 3 показано розподіл завдань за блоками дослідження. Він демонструє використання інформаційного забезпечення як частини організаційної готовності та пов'язує інші блоки організаційної готовності.

Алгоритм розробки методики, яка є підсистемою загальної системи моделювання цифровізації, комплексної організаційної готовності до інтенсивного будівництва, визначається чітким взаємозв'язком між ЦЕ-інформаційним забезпеченням традиційними загальносистемними етапами організаційної готовності.

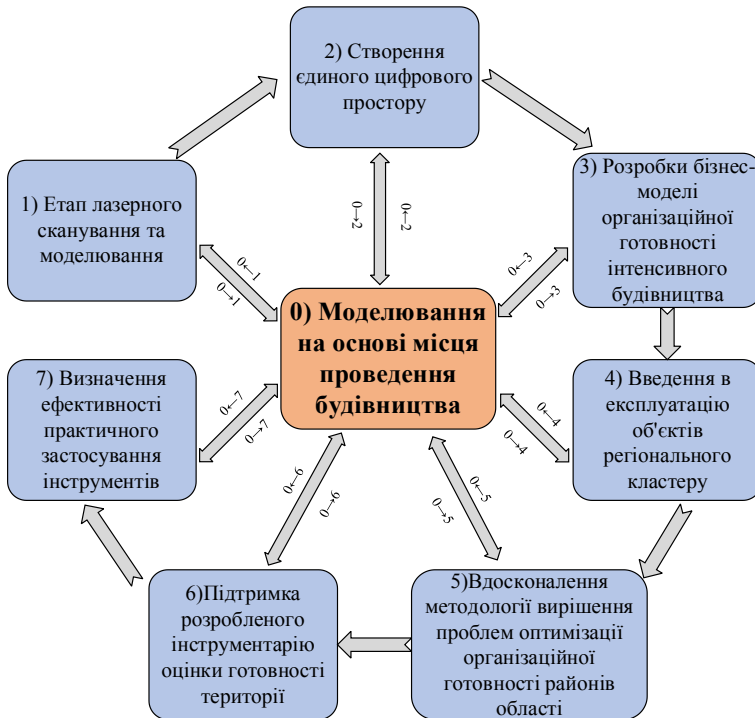


Рис. 3. Моделювання на основі місця проведення будівництва (розроблено автором на основі [14])

Новизною структури, представлені на рис. 3, є структурування етапів за критерієм достатності інформаційного забезпечення для вирішення завдань з метою зниження невизначеності на виході з кожного блоку, так як тільки обсяг, якість і достовірність інформації є загальним показником в кожній із зазначених підсистем, як на вході так і на виході [14]. При цьому обсяги цифровізації не в кожній підсистемі є домінуючими, але на основі інформаційних та організаційних моделей вирішуються завдання організаційної підготовки лише за умови достатнього або необхідного обсягу умовно постійних і умовно змінних масивів інформації. У контексті цих змін важливим аспектом є впровадження аналітичних інструментів, які допоможуть будівельній галузі адаптуватися до вимог цифровізації.

Можна простежити такі причинно-наслідкові зв'язки:

0→1 – Інформаційна підтримка етапу лазерного сканування та моделювання;

0→2 – Інформаційна підтримка етапу розробки моделі сховища даних для створення єдиного цифрового простору; та

0→3 – Інформаційна підтримка етапу розробки бізнес-моделі організаційної готовності інтенсивного будівництва;

0→4 – Підтримка знань: розробка інструментарію кількісної оцінки складності підготовчого етапу введення в експлуатацію об'єктів регіонального кластеру;

0→5 – Підтримка знань для вдосконалення методології вирішення проблем оптимізації організаційної готовності районів області та забезпечення своєчасного початку будівництва;

0→6 – Інформаційна підтримка розробленого інструментарію оцінки надійності організаційної готовності територій;

0→7 – Визначення ефективності практичного застосування розроблених інституційних інструментів розвитку регіональних кластерів;

0←1 – 3D динамічне моделювання існуючих територій, виділених під забудову;

0←2 - Концептуальна модель формування сховища цифрових даних;

0←3 – комплексної організаційної підготовки будівельних концентрацій з урахуванням основних складових територіального розвитку кластерів та факторів, що впливають на етап організаційної підготовки будівельних територій;

0←4 – Метод визначення черговості прокладання телекомунікацій об'єктів інтенсивного будівництва на основі кількісної оцінки складності забудови. Це забезпечує необхідні умови для організації безперервного будівництва та своєчасного введення об'єктів в експлуатацію;

0←5 – Покроковий уніфікований метод моделювання для розв'язання задачі оптимізації організаційної готовності регіональних територій та забезпечення своєчасного початку будівництва;

0←6 – Методика оцінки надійності організаційної готовності з урахуванням основних складових територіального розвитку кластеру та

показників інтегральної організаційної готовності кластеру до оцінки термінів будівництва;

0←7 – Ефективна структура оцінки організаційної готовності інтенсивного будівництва Оцінка діяльності.

Впровадження аналітичних інструментів, які допоможуть будівельній галузі впоратися з цифровою економікою, створює багато викликів, але також і багато можливостей для розвитку сектору. Основні виклики включають адаптацію до нових технологій, необхідність навчання персоналу та забезпечення безпеки даних. Водночас цей процес став невід'ємною частиною сучасної будівельної практики, оскільки використання цих інструментів може покращити управління проектами, підвищити точність прийняття рішень та зменшити ризики [15].

Одним з найважливіших викликів є необхідність адаптації існуючих процесів і структур до нових цифрових інструментів. Багато будівельних компаній використовують застарілі практики управління, які не відповідають новітнім технологіям. З переходом до цифровізації компаніям необхідно переглянути свої робочі процеси, впровадити нові системи збору та аналізу даних, а також інтегрувати ці системи з існуючими. Це може бути складним процесом, особливо для компаній з обмеженими фінансовими та технічними ресурсами.

Ще однією проблемою є навчання персоналу. Використання аналітичних інструментів вимагає від працівників нових знань і навичок, особливо у сфері даних, цифрових технологій і програмного забезпечення. Компанії повинні інвестувати в навчання, щоб гарантувати, що їхні працівники зможуть ефективно використовувати нові інструменти. Це вимагає багато часу і грошей, без яких важко досягти високої ефективності у використанні цифрових технологій.

Безпека даних – ще один важливий аспект використання аналітичних інструментів. Збір, зберігання та обробка великих обсягів даних вимагає надійних систем захисту інформації, особливо в умовах цифровізації, де кіберзагрози набувають все більшого значення. Бізнесу необхідно забезпечити безпеку своїх систем і даних, щоб запобігти витоку конфіденційної інформації та іншим інцидентам, що можуть стати причиною втрати репутації або початком фінансових проблем [16].

Але, незважаючи на ці виклики, можливість застосування аналітичних інструментів для будівельних компаній є значними. Одна з головних переваг – підвищення точності прийняття рішень. Використовуючи аналітичні дані, керівники проектів можуть точніше оцінювати ризики, розробляти детальніші плани та швидше реагувати на зміни умов проекту. Це підвищує ефективність проекту та дозволяє уникнути непередбачуваних витрат і затримок.

Крім того, інструменти цифрового аналізу можуть допомогти поліпшити комунікацію між учасниками проекту [23-24]. Використання спільної платформи для збору та аналізу даних полегшує процеси координації та прийняття рішень, гарантуючи, що всі зацікавлені сторони

мають доступ до актуальної інформації про проект. Це зменшує ймовірність непорозумінь і помилок, що виникають через погану комунікацію та брак інформації [25].

Нарешті, важливим елементом є масштабованість процесів. Цифрові технології дозволяють швидко та ефективно використовувати аналітичні інструменти на різних етапах і частинах проекту. Це підвищує гнучкість компаній та їхню здатність адаптуватися до змін на ринку. Це особливо важливо у швидкозмінному цифровому середовищі [17].

Тому застосування аналітичних інструментів у будівельній галузі на основі цифровізації, незважаючи на численні виклики, відкриває значні можливості для поліпшення управління проектами, підвищення ефективності та зниження ризиків. Компанії, які зможуть адаптуватися до цих змін, отримають конкурентну перевагу та досягнуть нових висот у своєму бізнесі. У зв'язку з цими можливостями, трансформація засобів аналізу підготовки будівництва в умовах цифровізації стає необхідною умовою забезпечення конкурентоспроможності та адаптивності будівельних підприємств.

Трансформація засобів аналізу підготовки будівництва в умовах цифровізації є необхідною умовою забезпечення конкурентоспроможності та адаптивності будівельних підприємств. З появою нових технологій зростає потреба в модернізації існуючих аналітичних методів, які часто не відповідають вимогам сучасних ринків. Одним із головних трендів є інтеграція технологій штучного інтелекту та машинного навчання для автоматизації процесу збору, обробки та аналізу даних. Це надає доступ до інформації, якої потребує людина у реальному часі [18].

Також, візуалізація даних є важливим елементом оновлення аналітичних інструментів. Сучасні технології дозволяють створювати інтерактивні дашборди та графіки, які полегшують розуміння складної інформації. Наочно представлені дані можуть допомогти покращити комунікацію між усіма учасниками проекту, оскільки дозволяють швидко зрозуміти стан проекту та виявити потенційні проблеми [26]. Візуалізації також можуть допомогти виявити тенденції та закономірності, які залишаються непоміченими за допомогою традиційних аналітичних методів.

Ще одним важливим аспектом є адаптація аналітичних інструментів до нових форм організації роботи, таких як гнучкі та ошадливі методи. Ці підходи уможливають швидку адаптацію до змін, що є важливим у динамічному будівельному середовищі. Адаптація аналітичних інструментів до цих методологій може значно покращити процес прийняття рішень та підвищити загальну ефективність проекту.

Крім того, зміна підходів до управління даними та аналітики сприяє розробці нових стандартів і правил у будівельній галузі [27]. Серед них – вимоги до безпеки даних, прозорості процесів та дотримання стандартів якості. Враховуючи зростаючу роль цифрових технологій, забезпечення

відповідності цим стандартам стає ключовим елементом стратегій управління будівельними проектами. Таким чином, врахування нових стандартів і правил у будівельній галузі відкриває шлях до інтеграції інформаційних систем, що стає вирішальним для підвищення ефективності управління проектами в галузі цифровізації [19].

В контексті цифровізації інтеграція інформаційних систем в процес підготовки будівництва відіграє вирішальну роль у досягненні ефективності управління проектами. Сучасні будівельні проекти вимагають координації роботи великої кількості учасників, від архітекторів та інженерів до постачальників і підрядників. Зі стрімким розвитком технологій зростає потреба в інтеграції різних інформаційних систем. Це забезпечує безперервний обмін даними, підвищує якість прийняття рішень і знижує ризики, пов'язані з управлінням проектами.

Однією з головних переваг інтеграції інформаційних систем є створення єдиного інформаційного середовища. Це дозволяє всім учасникам проекту отримати доступ до актуальної інформації в режимі реального часу і значно спрощує процес планування та управління. Наприклад, технологія інформаційного моделювання будівель (BIM) може бути використана для створення інтерактивних моделей будівель, що містять всю необхідну інформацію для проекту, таку як технічні специфікації, графіки та ресурси. Це не лише покращує візуалізацію проекту, але й зменшує кількість помилок, які можуть виникнути через відсутність необхідної інформації.

Крім того, завдяки інтеграції різних систем можна автоматизувати такі рутинні процеси, як управління запасами, планування ресурсів і відстеження прогресу. Це зменшує навантаження на працівників і час, необхідний для виконання завдань. Наприклад, автоматизовані системи управління можуть самостійно генерувати звіти та аналізувати хід виконання проекту, надаючи керівництву цінну інформацію для прийняття рішень [20].

Інтеграція також відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки даних. Використання єдиного інформаційного середовища забезпечує більш ефективний механізм захисту інформації, оскільки всі дані зберігаються в централізованій системі. Це зменшує ризик витоку інформації та забезпечує відповідність вимогам найсучасніших стандартів безпеки.

Висновок. Цифрові технології змінюють традиційний підхід до планування та управління будівельними проектами, впроваджуючи нові способи збору, аналізу та обробки інформації. Це призведе до прийняття більш ефективних управлінських рішень та економії коштів на всіх етапах підготовки будівництва. Зміна парадигми в управлінні ресурсами, прогнозуванні та оптимізації процесів стала можливою завдяки використанню таких технологій, як BIM, CAD, штучний інтелект, машинне навчання, великі дані та блокчейн. Ці інструменти сприяють більш точному плануванню та управлінню будівельними проектами, дозволяючи швидше реагувати на зміни та зменшувати ризики.

Оновлена класифікація аналітичних інструментів в контексті цифровізації має на меті більш точно відобразити поточні виклики та вимоги до будівельної готовності. Інструменти збору, обробки та прогнозування даних тепер тісно інтегровані з інформаційними системами управління проектами, що дозволяє приймати більш точні та ефективні рішення. Крім того, цифрові технології сприяють розвитку хмарних рішень, забезпечуючи доступ до аналітичних даних в будь-який необхідний момент, тим самим підвищуючи мобільність та ефективність учасників будівельних проєктів. Впровадження інноваційних рішень також створює нові можливості для оптимізації ресурсів, таких як матеріали, робоча сила та фінанси, дозволяючи будівельним компаніям зменшити витрати та підвищити прибутковість проєктів.

References:

1. Alekseenko, I.V. (2021). "Digital technologies in construction project management". Kyiv: KNUCA. Pp. 45-67.
2. Boyko, O.M. (2020). "Information systems in construction: analysis and development prospects". Kharkiv: KhNUCA. Pp. 92-108.
3. Grinenko, O.S. (2020). "Implementation of BIM technologies in the construction industry of Ukraine". Lviv: LNU. Pp. 33-56.
4. Dmytrenko, Yu.P. (2021). "Digital economy: impact on construction processes and project management". Dnipro: DNU. Pp. 60-85.
5. Yevdokimov, S.I. (2020). "Innovative technologies in construction project management". Kyiv: KNUCA. Pp. 120-145.
6. Zhygalov, M.V. (2022). "Artificial Intelligence and Machine Learning in Construction". Kharkiv: KNUCA. Pp. 101-126.
7. Ivanchenko, K.I. (2021). "Digital Transformation of Construction Projects: Challenges and Opportunities". Odesa: I.I. Mechnikov ONU. Pp. 75-96.
8. Kovalenko, V.P. (2020). "Information Technologies in the Preparation of Construction Projects". Lviv: LNU. Pp. 88-112.
9. Lytvynenko, M.S. (2021). "BIM Technologies and Their Role in the Preparation of Construction Projects". Kyiv: KNUCA. Pp. 50-72.
10. Makarenko, P.O. (2021). "Integration of cloud solutions into construction processes". Dnipro: Dnipro National University. Pp. 39-60.
11. Nikitin, S.A. (2022). "Analysis of analytical tools in the digital economy of the construction industry". Odesa: I.I. Mechnikov ONU. Pp. 115-136.
12. Oliynyk, V.I. (2021). "Automation of construction processes using big data". Lviv: LNU. Pp. 64-89.
13. Pylypenko, Y.K. (2022). "Use of blockchain technologies in construction projects". Kyiv: KNUCA. Pp. 48-71.
14. Romanenko, O.D. (2020). "Optimization of resources in construction projects using digital technologies". Kharkiv: KhNUCA. Pp. 99-121.
15. Ryzhakova, G., Prykhodko, D., Pokolenko, V., .. Chupryna, Yu., & Khomenko, O. (2022). Updating scientific and methodological approaches to

building a multi-criteria system for administering the activities of enterprises-stakeholders of construction projects. *Spatial Development*, (1), 218–233.

16. Sydorenko, A.G. (2022). "Cloud technologies in construction management". Dnipro: Dnipro National University. Pp. 81-105.

17. Tarasov, I.V. (2020). "Forecasting risks in construction based on analytical tools". Lviv: LNU. Pp. 58-79.

18. Ustyenko, M.O. (2021). "Digital solutions for the construction industry". Kyiv: KNUCA. Pp. 109-134.

19. Fedorenko, Y.S. (2021). "Application of artificial intelligence in the preparation of construction projects". Kharkiv: KhNUBA. Pp. 65-88.

20. Khomenko, I.O. (2022). "The impact of machine learning on construction project management". Odesa: I.I. Mechnikov ONU. Pp. 87-110.

21. Chupryna, Y., Petrenko, G., Grinenko, I., Nikolaeva, M., Pokolenko, V., & Savchuk, T. (2021). Methodological regulation and analytical and information support of process-oriented management in the modern system of construction development. *Management of Complex Systems Development*, (48), 125–134

22. Yatsenko, D.V. (2021). "Development of the Digital Economy and Its Impact on Construction Processes". Dnipro: Dnipro National University. Pp. 74-98.

23. Zeltser, R.Ya., Bielienskova O.Yu., Novak Ye., Dubinin D.V.(2019). Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. *Nauka i innovatsii*. V. 15 (5). P. 38–51.

24. Bielienskova, O.Iu. (2019). Tsyfrova transformatsiia budivnytstva: mekhanizm vzaiemodii biznesu, nauky, derzhavy. *Budivselne vyrobnytstvo*. № 66. S. 30–36.

25. Bielienskova, O.Iu. (2014). Tendentsii rozvytku budivselnoi haluzi yak chynnyky formuvannia stratehichnoi konkurentospromozhnosti budivselnykh pidpriemstv. *Budivselne vyrobnytstvo*. 57. S. 24–30.

26. Stetsenko, S.P., Tytok, V.V. (2021). The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*, 1, Part I, p. 21-31.

27. Tugai, O.A. (2019). Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry/ monograph. Liha-Pres, 136 p.

M.O. Malykhin

Updating the classification and content of analytical tools for construction preparation on the basis of digitalization

The topic of classifying and updating the content of analytical tools for construction preparation on the basis of the digital economy is becoming increasingly relevant in the context of rapid technological evolution. The digital economy has led to a positive transformation of traditional project management and analysis methods, enabling construction companies to apply modern analytical tools that optimize processes and increase efficiency at all stages of construction preparation.

The process of preparing a construction project requires the use of tools that can take into account multifactorial variables and analyze complex relationships between different elements of the project. The use of digital technologies allows not only to accurately model various project development scenarios, but also to create effective forecasting models. The updated classification of analytical tools in the digital economy is based on the need to recognize new types of data, changes in the ways they are processed, and the use of analytical platforms such as BIM (Building Information Modeling), CAD (Computer Aided Design), artificial intelligence, and machine learning. Background.

The digital economy is changing the paradigm of construction project preparation, offering construction companies the opportunity to use comprehensive tools to automate routine processes, analyze large amounts of data, and optimize decision-making. Analytical tools are now aimed at closer integration with project management information systems, which allows for more effective coordination of various stages of construction work and reduces the risks associated with the execution of work. Innovative technologies such as blockchain and the Internet of Things (IoT) also create new opportunities for managing the construction preparation process and expand the horizons of the analytical platform. There are three main categories of analytical tools that have been updated in accordance with the requirements of the digital economy: data collection tools, data processing tools, and forecasting tools. Within these categories, automated methods of data analysis and visualization are being actively implemented, which can significantly reduce the time required for preparatory work and increase the accuracy of decision-making. Analytical tools also include resource optimization tools that take into account changes in the economic environment in real time and ensure the rational use of materials, labor resources and funds.

Keywords: *digital transformation, analytical platforms, construction projects, data management, BIM, resource optimization, artificial intelligence, forecasting, process automation, cloud technologies.*

Посилання на статтю:

АРА: Malykhin, M.O. (2023). Updating the classification and content of analytical tools for construction preparation on the basis of digitalization. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 52(2), 307-324.

ДСТУ: Малихін М.О. Оновлення класифікації та змісту аналітичних інструментів підготовки будівництва на ґрунті цифровізації. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52 (2). С. 307-324.