

**Олена ДЕМИДОВА**

*к.т.н, доцент*

ORCID: 0000-0003-4636-1535

**Дмитро ВАХОВИЧ**

*аспірант*

ORCID: 0009-0008-2976-4203

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

## **УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТА ПРОДУКТИВНІСТЮ ПРОЄКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В БУДІВНИЦТВІ: ДИНАМІЧНИЙ ПІДХІД ТА ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ**

*У статті досліджується актуальна науково-практична проблема підвищення продуктивності проєктних організацій та комплексного управління якістю проєктної документації в умовах глобальної цифровізації будівельної галузі. Актуальність теми зумовлена нагальною потребою у швидкому та якісному відновленні інфраструктури на тлі обмеженості кваліфікованих ресурсів та ризику втрати унікального інтелектуального капіталу через зміну поколінь проєктувальників. Обґрунтовано, що традиційні методи організації проєктування, які спираються виключно на інтуїтивний досвід фахівців та базові системи автоматизованого креслення, вичерпали свій потенціал і не здатні забезпечити необхідний рівень продуктивності.*

*Авторами запропоновано змінити парадигму сприйняття якості проєктної документації, розглядаючи її не як статичний набір технічно правильних креслень, а як динамічний цифровий актив. Розроблено авторську чотирьохкомпонентну інтегральну модель якості, яка охоплює: нормативно-регламентну валідність (відповідність державним будівельним нормам та стандартам); техніко-операційну досконалість (відсутність колізій згідно з принципом 1:10:100); споживчо-ціннісну придатність (максимізація економічної та функціональної ефективності об'єкта); інформаційно-цифрову зрілість (відповідність рівня деталізації атрибутивних даних вимогам інформаційного моделювання).*

*Для об'єктивізації процесу контролю розроблено математичну модель інтегрального показника якості  $I_q$ , що формується на основі вагових коефіцієнтів експертної валідності, операційної чистоти, цифрової повноти та багатоступового коефіцієнта споживчої цінності. Особливістю запропонованої методології є розгляд споживчої якості як змінної у часі величини, що оцінюється на трьох етапах життєвого циклу проєкту: при затвердженні документації, після завершення будівництва та в процесі безпосередньої експлуатації об'єкта. Введено інноваційне поняття «дельти якості»  $\Delta I$  – різниці між прогностичним індексом якості на етапі видачі документації та фактичним індексом під час експлуатації. Доведено, що в традиційному проєктуванні ця дельта є критично високою через виникнення непередбачуваних геометричних колізій та експлуатаційних дефектів.*

*Як дієвий практичний інструментарій вирішення цієї проблеми запропоновано розробку та впровадження спеціалізованих плагінів проєктних рішень (ППР). Доведено, що ППР дозволяє алгоритмізувати неявні евристичні досвід проєктувальника, створюючи відчутний цифровий капітал організації.*

*Використання ППР забезпечує автоматизовану генерацію рішень із вбудованим нормативним контролем (Code Checking), апріорну координацію без колізій (Clash Detection) та проведення багатокритеріальної оптимізації. Застосування алгоритмів предиктивного аналізу дозволяє звести дельту якості до мінімуму, роблячи прогнози показники документації тотожними її фактичній реалізації. Це забезпечує радикальне скорочення часу на перевірку рішень, усунення рутинних операцій та експоненціальне зростання загальної продуктивності проектної діяльності в будівництві.*

***Ключові слова: управління проектами, продуктивність проектної організації, якість проектної документації, цифровізація, інтегральний показник якості, якість будівництва. плагін проектного рішення (ППР), багатокритеріальна оптимізація, дельта якості, динамічна оцінка, експериментально-статистичне моделювання.***

**Вступ.** Виконана Світовим банком оцінка RDNA4 (Швидка оцінка завданої шкоди та потреб на відновлення), яка охоплює завдану шкоду за майже три роки з 24 лютого 2022 року по 31 грудня 2024 року, демонструє, що пряма шкода в Україні наразі сягнула 176 мільярдів доларів США (170 мільярдів євро), порівняно зі 152 мільярдами доларів США (138 мільярдів євро) у оцінці RDNA3, оприлюдненій у лютому 2024 року [2].

Найбільш постраждалими секторами є житловий сектор, транспорт, енергетика, торгівля та промисловість, а також освіта. Згідно з поточною оцінкою, 13% загального житлового фонду було пошкоджено або зруйновано, від чого постраждали понад 2,5 мільйона домогосподарств.

В енергетичному секторі кількість пошкоджених або зруйнованих об'єктів зросла на 70 відсотків з моменту проведення RDNA3, включно з виробництвом, передачею, розподільчою інфраструктурою та централізованим теплопостачанням.

Такий значний обсяг пошкоджень вимагає реалізації заходів із швидкого відновлення попри обмежені ресурси фінансові, трудові, матеріально-технічні ресурси галузі. З цією метою оптимізації підлягають всі етапи відновлення – обстеження технічного стану, проектування, експертиза, демонтаж та виконання будівельних робіт. Виникає потреба у негайній імплементації апробованих і водночас ефективних проектних рішень.

Підвищення продуктивності проектної діяльності неможливо реалізувати без докорінного вдосконалення організаційних підходів управління проектами. У цьому контексті застосування сучасних цифрових технологій перестав бути опцією і стає стратегічною необхідністю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Г. Рижаківа, О. Малихін, В. Поколенко та ін. [5] приводять теоретичне, та практичне обґрунтування того, що вдосконалення проектування сьогодні неможливе без створення єдиного цифрового простору, який об'єднує інтелектуальну, програмну та обчислювальну інфраструктуру всіх учасників процесу.

В 2021 році Урядом України схвалена Концепція впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій), яка передбачає, що завдяки поширенню BIM з'явиться можливість покращити якість проектування, оптимізувати операційну діяльність шляхом скасування застарілих процесів, що ускладнюють виробничі процеси, призводять до дублювання робіт або додаткового навантаження [3]

**Постановка завдання.** Актуальність дослідження зумовлена нагальною потребою підвищення продуктивності проектних організацій – пришвидшення розробки проектної документації із збереженням або підвищенням якості проектних робіт, необхідністю збереження інтелектуального потенціалу галузі та його масштабування в умовах цифровізації.

Аналіз стану проєктування в будівництві в Україні та світі, дослідження літературних джерел показали, що вирішенню поставлених задач сприятиме застосування сучасних цифрових технологій, що потребує вдосконалення традиційних організаційних підходів до проєктування.

Метою статті є розробка комплексного підходу до удосконалення організаційно-технологічних рішень проєктування, спрямованих на підвищення якості та зниження тривалості проєктування, забезпечення збереження інтелектуального потенціалу проектних організацій та галузі в цілому з використанням цифрових технологій.

**Основна частина.** Традиційне розуміння продуктивності як відношення обсягу виробленої продукції до витрачених ресурсів у проєктуванні набуває специфічних рис. Оскільки об'єктом праці є інформація, а результатом - інтелектуальний продукт, продуктивність проектної організації слід розглядати як її здатність розробляти якісну проектну документацію з оптимальними витратами інтелектуального капіталу та часу.

Згідно з [4] якість продукції та послуг організації визначають здатністю задовольняти замовників, а також передбаченим і непередбаченим впливом на відповідні зацікавлені сторони. Якість продукції та послуг охоплює не тільки їхні передбачені функції та характеристики, але також їхні сприймані цінність і користь для замовника.

Отже, якість проектної документації доцільно розглядати як комплексне поняття, сукупність низки характеристик серед яких відповідність вимогам законодавства та будівельних норм, здатність проектної документації до забезпечення відповідності об'єкта будівництва заданим замовником експлуатаційним параметрам, ефективність застосованих проектних рішень (планувальних, конструктивних, щодо інженерних систем та обладнання) [5].

В першу чергу об'єкт має відповідати основним вимогам, що пред'являються до будівель та споруд [1], а саме забезпечення: механічного опору та стійкості, пожежної безпеки, гігієни, здоров'я та захисту довкілля, безпеки і доступності під час експлуатації, захисту від шуму та вібрації, енергозбереження та енергоефективності, сталого використання природних ресурсів.

Проектна документація має відповідати нормативній базі та містобудівному законодавству, зокрема [7,8,9].

Оцінка відповідності проектної документації чинній нормативній базі та вимогам до будівель і споруд може здійснюватися як у процесі її розроблення, так і після завершення проєктування, але в будь-якому випадку – до початку виконання будівельних робіт. Водночас інша складова якості проектної документації – відсутність помилок – може бути виявлена як під час проєктування, так і під час виконання будівельних робіт і на етапі експлуатації будівлі (споруди). В літературі зустрічається принцип 1:10:100, який яскраво описує співвідношення збитків (витрат пов'язаних з усуненням наслідків помилки), в залежності від того, на якому етапі знайдена проектна помилка – етап проєктування – етап будівництва – етап експлуатації.

Також на етапі експлуатації визначається відповідність проектної документації споживчим, експлуатаційним вимогам замовника.

Під впливом цифровізації до якості проектної документації додається складова, яка визначається інформаційною повнотою моделі, відповідністю наповнення моделі вимогам та очікуванням замовника.

Таким чином можна виділити наступні основні складові якості проектної документації (рис.1):

- Блок 1 – нормативно-регламентна валідність;
- Блок 2 – техніко-операційна досконалість;
- Блок 3 – споживчо-ціннісна придатність;
- Блок 4 – інформаційно-цифрова зрілість.

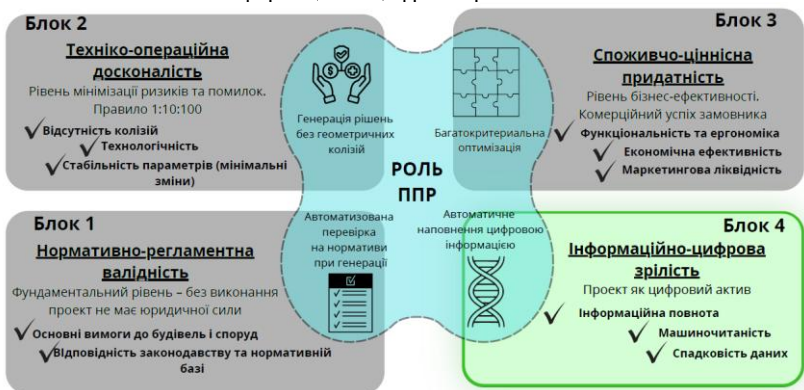


Рисунок 1. Інтегральна модель якості проектної документації в умовах цифровізації *Авторська розробка*

Втілення в умовах цифровізації найкращих практик проектування, які застосовують як організаційні так і програмні інструменти в кожному окремому проекті має свої особливі сценарії прийняття проектних рішень. Ці сценарії є надбанням особистого досвіду як кожного проектувальника, так і керівників проектних команд (ГАП/ ГПП) та якість цих сценаріїв наряду впливає на якість проектної документації. Для досягнення поставлених завдань необхідно трансформувати сценарії прийняття проектних рішень в цифрові інструментарії засновані на кращих практиках прийняття проектних рішень, організаційних, та програмних інструментах.

Такий інструментарій – плагін проектного рішення (ППР) матиме на меті сприяти підвищенню продуктивності проектних організацій – пришвидшенню розробки проектної документації із збереженням або підвищенням якості проектних робіт, необхідністю збереження інтелектуального потенціалу галузі, та його масштабування в умовах цифровізації

Якість організації проектного процесу для Блоку 1 «*Нормативно-регламентна валідність*» з точки зору дотримання державних норм та стандартів демонструє *Кексперт - коефіцієнт експертної валідності*.

$$K_{\text{експерт}} = \frac{N_{\text{заув}}}{N_{\text{заг}}} \quad (1)$$

$N_{\text{заув}}$  – кількість зауважень, отриманих від експертної організації;

$N_{\text{заг}}$  – загальна кількість перевірених нормативних параметрів.

Оцінка *техніко-операційної досконалості* проекту (Блок 2) може бути здійснена за допомогою *коефіцієнту операційної чистоти* ( $K_{\text{чист}}$ ), який вимірює обсяг технічного браку в проекті, який виникає через людський фактор.

$$K_{\text{чист}} = 1 - \frac{E_{\text{кол}} + E_{\text{запит}}}{T_{\text{ел}}} \quad (2)$$

$E_{\text{кол}}$  – кількість виявлених колізій (перетинів) в проекті (моделі);

$E_{\text{запит}}$  – кількість запитів від будівельників на уточнення документації (свідчить про неясність проекту);

$T_{\text{ел}}$  – загальна кількість елементів у проекті (моделі)

*Коефіцієнт інформаційної повноти моделі*  $K_{\text{цифр}}$  є ключовим індикатором для Блоку 4 «*Інформаційно-цифрова зрілість*». Він вимірює, наскільки фактичне наповнення цифрової моделі даними відповідає вимогам замовника, зафіксованим у нормативних документах проекту.

Відповідно до міжнародного стандарту ISO 19650 [9], інформація розглядається через призму LOIN (Level of Information Need — Рівень інформаційної потреби). Отже, розрахунок цього коефіцієнта базується на співвідношенні фактично валідованих параметрів до нормативно необхідних.

Базова формула розрахунку:

$$K_{\text{цифр}} = \frac{P_{\text{валід}}}{P_{\text{заг}}} \quad (3)$$

де:

$P_{\text{валід}}$  – кількість атрибутів (параметрів) елементів моделі, які не лише заповнені, а й успішно пройшли автоматичну валідацію на відповідність заданому типу даних (наприклад, артикул, межа вогнестійкості, теплопровідність).

$P_{\text{заг}}$  – загальна кількість параметрів, які вимагаються від проектною організації на даній стадії проектування згідно з EIR (Exchange Information Requirements) або ВЕР (BIM Execution Plan).

Показник для оцінки *споживчо-ціннісної придатності* проектною документації (Блок 3) в загальному випадку має враховувати ступень задоволення очікувань замовника. Проте особливістю такої оцінки, як вже було зазначено вище, є те, що вона має бути здійснена в де-кілька етапів – після розробки проектною документації – при її затвердженні, після завершення будівництва – коли замовник бачить реалізований результат розробки документації, і на третьому етапі – в процесі експлуатації, коли можуть бути виявлені дефекти та недоліки проекту. Тобто оцінка споживчої якості полягає в тому, що вона розтягнута в часі. Замовник не може повною мірою оцінити "якість креслень" – він оцінює функціональність об'єкта, яка розкривається лише на етапах будівництва та експлуатації.

Отже, статичний коефіцієнт тут не підходить. Потрібен динамічний (або багатоетапний) показник, який дозволить оцінювати *споживчо-ціннісну придатність* протягом усього життєвого циклу проекту.

Пропонується здійснювати таку оцінку за допомогою *багатоетапного коефіцієнту споживчої цінності*  $K_{\text{сп.цін}}$ .

Він розраховується як зважена сума оцінок на трьох різних етапах – прийняття та затвердження проектної документації, завершення будівництва та експлуатації об'єкта:

$$K_{\text{сп.цін.}} = K_{\text{сп.цін.}}^{\text{ПД}} \cdot v_1 + K_{\text{сп.цін.}}^{\text{Б}} \cdot v_2 + K_{\text{сп.цін.}}^{\text{Е}} \cdot v_3 \quad (4)$$

де  $v_1, v_2, v_3$  – вагові коефіцієнти значущості кожного етапу (сума яких дорівнює 1).

На етапі прийняття та затвердження проектної документації оцінюється "паперова" (або цифрова) відповідність розробленого проекту початковому задуму. *Коефіцієнт споживчої цінності на етапі прийняття та затвердження проектної документації*  $K_{\text{сп.цін.}}^{\text{ПД}}$  визначається як ступінь відповідності ключових параметрів (корисна площа, розрахункова вартість CAPEX, функціональне зонування) очікуванням замовника. Якщо проект ідеально відповідає завданню,  $K_{\text{сп.цін.}}^{\text{ПД}} \rightarrow 1$ .

На етапі завершення будівництва оцінюється фізична реалізація задуму (відповідність "очікування" та "реальності"). Часто об'єкт, збудований за кресленнями, просторово або естетично не задовольняє замовника через неможливість повноцінно уявити його на стадії 2D-креслень. *Коефіцієнт споживчої цінності на етапі завершення будівництва*  $K_{\text{сп.цін.}}^{\text{Б}}$  визначається через індекс кількості вимушених змін, ініційованих замовником безпосередньо на будмайданчику через "нерозуміння" проектних рішень на першому етапі.

На етапі експлуатації оцінюється довгострокова життєздатність проектних рішень. Саме тут виявляються приховані дефекти проектування (неправильний розрахунок інсоляції, неефективна система вентиляції, незручна логістика будівлі) та реальні експлуатаційні витрати (ОРЕХ).

*Коефіцієнт споживчої цінності на етапі експлуатації*  $K_{\text{сп.цін.}}^{\text{Е}}$  розраховується за формулою:

$$K_{\text{сп.цін.}}^{\text{Е}} = \frac{\text{ОРЕХ}_{\text{пл}}}{\text{ОРЕХ}_{\text{факт}}} \cdot (1 - K_{\text{дефект}}), \text{ де} \quad (5)$$

де  $\text{ОРЕХ}_{\text{пл}}$  – закладені в проекті витрати на утримання,  $\text{ОРЕХ}_{\text{факт}}$  – фактичні витрати, а  $K_{\text{дефект}}$  – індекс експлуатаційних дефектів, причиною яких є проектні помилки.

*Інтегральний показник якості* проектної документації розраховується за наступною формулою:

$$I_q = K_{\text{експерт}} \cdot w_1 + K_{\text{чист}} \cdot w_2 + K_{\text{сп.цін.}} \cdot w_3 + K_{\text{цифр}} \cdot w_4 \quad (6)$$

Вагові коефіцієнти ( $w_1, w_2, w_3, w_4$ ) визначаються в залежності від типу об'єкта, пріоритету замовника тощо. Наприклад, для житла преміум класу важливіша «споживча якість» а для атомної станції – «відсутність технічних помилок».

Інтеграція динамічного *коефіцієнту споживчої цінності* (який розтягнутий у часі) до загального індексу якості вимагає переходу від статичної до динамічної оцінки. Оскільки ми не можемо виміряти експлуатаційні дефекти на етапі затвердження проектної документації, інтегральний показник якості має

трансформуватися з «одноразової оцінки» у функцію часу, яка уточнюється в процесі реалізації проєкту.

Оскільки значення  $K_{сп.цін}^B$  та  $K_{сп.цін}^E$  невідомі на стадії проєктування, пропонується розглядати інтегральний показник якості проєктної документації у двох станах: прогнозованому та фактичному.

Прогнозний індекс якості  $I_q^{прогн}$  розраховується в момент передачі проєктної документації замовнику. Оскільки будівництво ще не почалося, експлуатаційні та будівельні коефіцієнти приймаються за ідеальні одиниці ( $K_{сп.цін}^B = 1$  та  $K_{сп.цін}^E = 1$ ), виходячи з припущення, що проєкт ідеальний.

Це «обіцянка» замовнику. На цьому етапі оцінюється нормативно-регламентна валідність (коефіцієнт експертної валідності  $K_{експерт}$ ), техніко-операційна досконалість (коефіцієнт операційної чистоти ( $K_{чист}$ ), інформаційно-цифрова зрілість (коефіцієнт інформаційної повноти моделі  $K_{цифр}$ ).

Фактичний індекс якості  $I_q^{факт}$  розраховується після завершення будівництва та перших років експлуатації. Тепер замість ідеальних одиниць у формулу підставляються реальні дані про переробки на майданчику ( $K_{сп.цін}^B$ ) та експлуатаційні перевитрати ( $K_{сп.цін}^E$ ).

На практиці з великою ймовірністю буде існувати різниця між прогнозним та фактичним індексом якості:

$$\Delta I = I_q^{прогн} - I_q^{факт} \quad (7)$$

У традиційному (паперовому або базовому САПР) проєктуванні ця дельта завжди велика. Проєктувальники «обіцяють» високу якість, але на етапі будівництва вилазять невраховані колізії, а в експлуатації – дефекти. Фактична якість стрімко падає. Головна мета впровадження ППР та цифрових технологій полягає у мінімізації  $\Delta I$ .

Алгоритми предиктивного аналізу, експериментально-статистичне моделювання, багатокритеріальна оптимізація та інформаційне моделювання (КВЕ), ППР дозволяє ще на стадії  $I_q^{прогн}$  максимально точно симулювати процеси будівництва та експлуатації. Цифровізація робить прогнозну якість документації тотожною якості після фактичної реалізації.

**Висновки.** Проведене дослідження впливу цифровізації на продуктивність та якість проєктної діяльності дозволило сформулювати такі основні результати:

1. Доведено, що в умовах масштабних пошкоджень інфраструктури та дефіциту ресурсів традиційні методи організації проєктування вичерпали свою ефективність. Підвищення продуктивності вимагає переходу до використання цифрових інструментів для збереження та масштабування інтелектуального потенціалу галузі.

2. Запропоновано авторську інтегральну модель якості проєктної документації, яка, на відміну від класичних підходів, враховує вимоги цифровізації. Модель містить чотири взаємопов'язані складові: нормативно-регламентна валідність (Блок 1), техніко-операційна досконалість (Блок 2), споживчо-ціннісна придатність (Блок 3) та інформаційно-цифрова зрілість (Блок 4).

3. Розроблено методичний апарат для кількісного оцінювання якості. Формула інтегрального показника  $I_q$  об'єднує коефіцієнти експертної валідності, операційної чистоти, інформаційної повноти та багатоетапний коефіцієнт споживчої цінності,

що дозволяє адаптувати оцінку під пріоритети конкретного замовника.

4. Виявлено ключову проблему традиційного проектування – значну дельту  $\Delta I$  між високою прогнозною якістю документації та її фактичним (погіршеним) станом на етапах будівництва і експлуатації.

5. Обґрунтовано, що впровадження спеціалізованого інструментарію у вигляді плагінів проектних рішень (ППР) нівелює зазначену проблему. Застосування алгоритмів предиктивного аналізу дозволяє максимально точно симулювати процеси реалізації об'єкта, роблячи прогнозну якість тотожною її фактичній реалізації та суттєво підвищуючи загальну продуктивність проектної організації.

#### **Список літератури:**

1. Про будівельні норми: Закон України від 05.11.2009 р. № 1704-VI, *Голос України*. № 232 від 08.12.2009

2. <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>

3. Концепція впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій), схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. № 152-р [[https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80?find=1&text=%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C#w1\\_1](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/152-2021-%D1%80?find=1&text=%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C#w1_1)]

4. ДСТУ ISO 9000:2015. Система управління якістю. Основні положення та словник термінів. [Чинний від 01.07.2016]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 45 с.

5. Управління будівельними проєктами за допомогою інформаційної системи «Цифровий двійник» / Г. Рижакова, О. Малихін, В. Поколенко та ін. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2022. Vol. 12, Iss. 10. P. 24–33. DOI: 10.46338/ijetae1022\_03.

6. Вахович, Д. (2025). Організаційна підтримка якості проектної документації. *Будівельне виробництво*, (79), 48-52. <https://doi.org/10.36750/2524-2555.79.48-52>

7. ДБН А.2.2-3:2014 "Склад та зміст проектної документації на будівництво" із Зміною No 1 та Зміною No 2.

8. Порядок розроблення проектної документації на будівництво об'єктів: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 16.05.2011 No 45 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0651-11#Text>

9. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011р. № 3038-VI, *Голос України*. № 45 від 12.03.2011

10. ISO 19650-1:2018 (en) Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling – Part 1: Concepts and principles

#### ***Olena DEMIDOVA, Dmytro VAKHOVYCH*** ***Quality and Productivity Management of Design Activities in Construction: A Dynamic Approach and Digital Tools***

*The article explores the pressing scientific and practical problem of enhancing the productivity of design organizations and the comprehensive quality management of*

*project documentation in the context of the global digitalization of the construction industry. The relevance of the topic is driven by the urgent need for rapid and high-quality infrastructure reconstruction against the backdrop of limited qualified resources and the risk of losing unique intellectual capital due to the generational shift of designers. It is substantiated that traditional design organization methods, which rely exclusively on the intuitive experience of specialists and basic computer-aided design (CAD) systems, have exhausted their potential and cannot ensure the required level of productivity.*

*The authors propose a paradigm shift in the perception of project documentation quality, viewing it not as a static set of technically correct drawings, but as a dynamic digital asset. An original four-component integrated quality model has been developed, encompassing: regulatory and legal validity (compliance with state building codes and standards); technical and operational excellence (absence of clashes according to the 1:10:100 rule); consumer-value fitness (maximization of the economic and functional efficiency of the facility); and information-digital maturity (compliance of the level of information detail of attributive data with information modeling requirements).*

*To objectify the control process, a mathematical model of an integrated quality index  $I_q$  has been developed, formed on the basis of weighting coefficients for expert validity, operational accuracy, digital completeness, and a multi-stage coefficient of consumer value. A specific feature of the proposed methodology is the treatment of consumer quality as a time-variable value, evaluated at three stages of the project life cycle: upon documentation approval, after construction completion, and during the actual operation of the facility. The innovative concept of the "quality delta"  $\Delta I$  is introduced — representing the difference between the predictive quality index at the documentation issuance stage and the actual index during operation. It is proven that in traditional design, this delta is critically high due to the emergence of unforeseen geometric clashes and operational defects.*

*As an effective practical tool to solve this problem, the development and implementation of specialized Project Design Plugins (PDPs) based on the Knowledge-Based Engineering (KBE) methodology are proposed. It is proven that the PDP allows for the algorithmization of the implicit heuristic experience of the designer, creating tangible digital capital for the organization. The use of PDPs ensures the automated generation of solutions with built-in regulatory control (Code Checking), a priori collision-free coordination (Clash Detection), and multi-criteria optimization. The application of predictive analysis algorithms minimizes the quality delta, making the predictive indicators of the documentation identical to its actual realization. This ensures a radical reduction in the time required to review solutions, the elimination of routine operations, and an exponential growth in the overall productivity of design activities in construction.*

***Keywords: design organization productivity, project documentation quality, construction digitalization, integrated quality index, construction quality, project design plugin (PDP), multi-criteria optimization, quality delta, dynamic assessment.***