

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розглянуто актуальні проблеми управління якістю будівельного виробництва в умовах цифрової трансформації галузі, зростання складності організаційно-технологічних процесів та підвищення вимог до якості будівельної продукції, дотримання вартості й термінів реалізації будівельних проєктів. Обґрунтовано, що традиційні підходи до управління якістю, засновані переважно на постфактум-контролі та фрагментарному використанні інформації, не забезпечують належного рівня керованості процесів будівництва та не дозволяють своєчасно запобігати появі дефектів, повторних робіт і відхилень від проєктних рішень.

Метою дослідження є обґрунтування та розроблення науково-методичних підходів до інтеграції цифрових технологій у систему управління якістю будівельного виробництва з формуванням цифрово інтегрованої системи, що забезпечує безперервний контроль якості на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта. Методологічною основою дослідження є системний, процесний та ризик-орієнтований підходи, що дозволяють розглядати якість як динамічний результат взаємодії управлінських, організаційних і технологічних рішень.

У роботі удосконалено методичні положення взаємодії системи управління якістю з організаційно-технологічними процесами будівництва шляхом їх цифрового узгодження. Запропоновано послідовність етапів реалізації науково-методичного підходу до формування цифрово інтегрованої системи управління якістю, яка забезпечує синхронізацію вимог до якості з процесами планування та виконання будівельних робіт, а також створює умови для переходу від реактивного до проактивного управління якістю. Особливу увагу приділено ризик-орієнтованому підходу як інструменту попередження дефектів і зниження невизначеності в управлінських рішеннях.

Сформульовано практичні рекомендації щодо впровадження цифрових технологій у систему управління якістю будівельних підприємств з урахуванням нормативно-правових і стандартізаційних вимог. Результати дослідження свідчать, що застосування запропонованого підходу сприяє підвищенню стабільності показників якості будівельної продукції, зменшенню ризиків повторних робіт, оптимізації термінів будівництва та підвищенню ефективності управління будівельним виробництвом в умовах цифровізації.

Ключові слова: *нормативно-правове забезпечення, євроінтеграція, будівельне виробництво, організація будівництва, цифровізація, управління якістю, будівельне виробництво, BIM-технології, організація будівництва, ризик-орієнтований підхід, цифрові технології, управління проєктами., організаційно-технологічні процеси, адміністрування будівництвом.*

Вступ. Сучасний етап розвитку будівельної галузі характеризується зростанням вимог до якості будівельної продукції, ефективності використання ресурсів, дотримання нормативних вимог і скорочення термінів будівництва. Водночас

будівельне виробництво залишається однією з найбільш складних та ризиконебезпечних сфер, де помилки в управлінні якістю призводять до значних техніко-економічних втрат, зниження безпеки об'єктів і подорожчання проєктів.

Традиційні методи управління якістю будівельного виробництва, що ґрунтуються переважно на паперовій документації, періодичних перевірках і фрагментарному контролі, не відповідають сучасним темпам і складності будівельних процесів. Вони не забезпечують належного рівня прозорості, оперативності прийняття управлінських рішень і прогнозування відхилень у якості виконання робіт.

У цих умовах особливого значення набуває інтеграція цифрових технологій (BIM-моделювання, цифрові платформи управління проєктами, електронний контроль якості, автоматизовані системи моніторингу, аналітика великих даних) у систему управління якістю будівельного виробництва, оскільки цифровізація дозволяє забезпечити безперервний контроль якості на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта, формувати єдиний інформаційний простір для всіх учасників будівельного процесу, зменшити кількість дефектів, переробок і технологічних помилок, підвищити обґрунтованість управлінських рішень і прогнозування ризиків.

Актуальність теми також зумовлена переходом будівельної галузі до ризик-орієнтованих і процесних підходів до управління якістю, що передбачає тісну інтеграцію систем управління якістю з інформаційними та цифровими технологіями. В умовах євроінтеграційних процесів і гармонізації національних стандартів із міжнародними (ISO, EN) цифрові інструменти стають ключовим чинником забезпечення відповідності будівельної продукції встановленим вимогам.

Незважаючи на активне впровадження окремих цифрових рішень у практику будівництва, питання системної інтеграції цифрових технологій саме в управління якістю будівельного виробництва залишаються недостатньо опрацьованими. Це зумовлює необхідність комплексного наукового дослідження методів, механізмів і моделей такої інтеграції з урахуванням організаційних, технологічних і економічних аспектів.

Таким чином, існує потреба підвищення якості будівельної продукції, зниження вартості та термінів будівництва, а також забезпечення сталого розвитку будівельної галузі в умовах цифрової трансформації, що підтверджує актуальність дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз наукових публікацій свідчить про еволюційний розвиток підходів до управління якістю та організації будівельного виробництва в умовах цифрової трансформації галузі. У ранніх працях акцент зроблено на формуванні системного та процесного підходів до управління якістю будівельної продукції, де якість розглядається як інтегральний результат планування, організації, контролю та коригування будівельних процесів [1, 11, 14]. Такі дослідження заклали методологічні засади сучасних систем управління якістю в будівництві, орієнтованих на відповідність нормативним вимогам і забезпечення стабільних характеристик продукції.

Подальші наукові розвідки демонструють перехід від класичних моделей управління якістю до використання цифрових інструментів і інформаційних технологій. Зокрема, впровадження BIM-технологій розглядається як ефективний інструмент оптимізації ресурсів, зниження витрат, мінімізації помилок і покращення координації між учасниками будівельного процесу [2, 9]. BIM-моделювання дозволяє забезпечити інтегрований контроль якості на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта – від проєктування до експлуатації.

Важливим напрямом досліджень є цифрова трансформація будівельних і проектних підприємств, яка розглядається не лише як технічне оновлення, а як комплексна зміна управлінських, організаційних і виробничих процесів [3, 6, 7]. У цих працях наголошується, що цифровізація сприяє підвищенню прозорості управління, обґрунтованості управлінських рішень та адаптивності підприємств до змін зовнішнього середовища, водночас виявляючи низку бар'єрів – нормативні обмеження, дефіцит компетенцій і фінансові ризики.

Окрему групу становлять дослідження, присвячені формуванню цифрових екосистем та моделей організації будівництва на основі інтеграційного підходу. У них обґрунтовується доцільність поєднання BIM, ERP, IoT та аналітичних платформ у єдиний інформаційний простір управління будівельними проектами [5, 8, 16]. Запропоновані цифрові моделі організації будівництва та SMART-управління дозволяють узгодити цілі, ресурси, терміни та показники якості, що є ключовим чинником підвищення ефективності будівельного виробництва.

Значна увага в сучасних працях приділяється питанням нормативного забезпечення якості та технічної прийнятності будівельної продукції. Досліджено проблеми сертифікації, оцінювання відповідності та впровадження європейських регламентів і стандартів у національну систему технічного регулювання [10, 12, 13, 17, 20]. У цих роботах якість будівельної продукції розглядається як результат узгодженої роботи системи стандартизації, сертифікації та державного контролю, доповненої цифровими інструментами управління даними.

Важливий науковий внесок також зроблено у сфері інноваційних моделей організації та економічної оцінки будівельного виробництва, де цифрові технології розглядаються як основа підвищення технологічної та економічної ефективності процесів [14, 16, 18, 19]. Ці дослідження демонструють взаємозв'язок між якістю, вартістю та термінами реалізації будівельних проєктів і підтверджують доцільність інтегрованого підходу до управління.

У підсумку літературний аналіз показує, що сучасні наукові дослідження спрямовані на перехід від фрагментарного контролю якості до інтегрованих цифрових систем управління якістю будівельного виробництва, які поєднують організаційні, технологічні, економічні та нормативні складові. Водночас залишається актуальною проблема формування цілісної методології інтеграції цифрових технологій у систему управління якістю будівництва, що зумовлює необхідність подальших наукових досліджень у цьому напрямі.

Метою дослідження є обґрунтування та розроблення науково-методичних підходів до інтеграції цифрових технологій у систему управління якістю будівельного виробництва з метою підвищення якості будівельної продукції, ефективності організації будівельних процесів, зниження вартості та оптимізації термінів будівництва.

Основна частина. Сучасні умови функціонування будівельної галузі характеризуються зростанням складності будівельних процесів, багаторівневістю взаємодії учасників будівельного виробництва та підвищенням вимог до якості будівельної продукції на всіх етапах її життєвого циклу. У цих умовах традиційні підходи до управління якістю, що базуються переважно на постфактум-контролі та фрагментарному використанні інформації, виявляються недостатньо ефективними та не забезпечують своєчасного реагування на відхилення у якості виконання будівельних робіт.

Інтеграція цифрових технологій у систему управління якістю будівельного виробництва розглядається як об'єктивна необхідність, зумовлена переходом галузі до цифрових моделей управління, орієнтованих на дані, прозорість процесів і

підвищення обґрунтованості управлінських рішень. Застосування таких інструментів, як BIM-моделювання, цифрові платформи управління проектами, автоматизовані системи контролю якості, цифрові реєстри відповідності та аналітичні модулі, створює передумови для формування єдиного інформаційного середовища управління якістю.

Разом з тим впровадження цифрових рішень у практику будівельного виробництва здебільшого має несистемний характер і не супроводжується належним науково-методичним забезпеченням. Це зумовлює необхідність обґрунтування та розроблення науково-методичних підходів до інтеграції цифрових технологій у систему управління якістю, які мають базуватися на процесному, системному та ризик-орієнтованому підходах, а також враховувати організаційно-технологічні особливості будівельного виробництва.

Науково-методичні підходи до інтеграції цифрових технологій мають забезпечувати узгодженість цілей управління якістю з функціональними можливостями цифрових інструментів, формування безперервного цифрового контролю якості, підтримку прийняття управлінських рішень у режимі реального часу та інтеграцію системи управління якістю з процесами планування, організації та контролю будівельних робіт. Реалізація таких підходів сприятиме підвищенню якості будівельної продукції, зниженню вартості усунення дефектів, скороченню термінів будівництва та підвищенню конкурентоспроможності будівельних підприємств у умовах цифрової трансформації галузі.

Ефективне управління якістю будівельного виробництва в умовах цифрової трансформації потребує формування цілісної концептуальної основи, що забезпечує узгодженість управлінських рішень, організаційно-технологічних процесів та інформаційних потоків. Така основа має базуватися на поєднанні системного, процесного та ризик-орієнтованого підходів, які у сукупності створюють методологічне підґрунтя для інтеграції цифрових технологій у систему управління якістю.

З позицій системного підходу система управління якістю будівельного виробництва розглядається як складна відкрита система, що складається з взаємопов'язаних підсистем організаційного, технологічного, нормативного та інформаційного характеру. Якість будівельної продукції формується в результаті взаємодії цих підсистем, а не як сукупність ізольованих контрольних заходів.

Інтеграція цифрових технологій у таку систему дозволяє сформуванню єдиного інформаційного простору управління якістю, у межах якого забезпечується безперервний обмін даними між учасниками будівельного процесу, узгодження управлінських дій і простежуваність рішень. Цифрові платформи, BIM-моделі, електронні реєстри та аналітичні системи виступають системоутворювальними елементами, що підвищують керованість, адаптивність і надійність системи управління якістю в цілому.

Процесний підхід передбачає трактування управління якістю як сукупності взаємопов'язаних процесів, орієнтованих на створення будівельної продукції з наперед заданими якісними характеристиками. Кожен етап будівельного виробництва — проєктування, підготовка, виконання робіт, контроль, введення в експлуатацію — розглядається як окремий процес із визначеними входами, виходами, показниками результативності та відповідальними суб'єктами.

Цифрові технології забезпечують формалізацію й автоматизацію цих процесів, що дає змогу перейти від епізодичного контролю до безперервного управління якістю. Інформаційне моделювання, цифрові графіки виконання робіт, електронний облік результатів контролю та інтегровані інформаційні системи дозволяють синхронізувати процеси управління якістю з процесами організації будівництва.

Таким чином, процесний підхід у поєднанні з цифровими інструментами створює умови для підвищення результативності та відтворюваності якісних результатів будівельного виробництва.

Ризик-орієнтований підхід є необхідним елементом сучасної системи управління якістю, оскільки будівельне виробництво характеризується високим рівнем технологічних, організаційних і економічних ризиків. У межах цього підходу якість розглядається як функція своєчасного виявлення, оцінювання та управління ризиками, що можуть призвести до відхилень від установлених вимог.

Інтеграція цифрових технологій значно розширює можливості ризик-орієнтованого управління якістю. Використання цифрових моделей та аналітичних інструментів дозволяє здійснювати прогнозування дефектів, оцінювати ймовірність та наслідки відхилень у якості виконання робіт, а також підтримувати прийняття управлінських рішень щодо превентивних заходів. Цифровізація забезпечує перехід від реактивного усунення наслідків до проактивного управління якістю на основі аналізу ризиків.

Поєднання системного, процесного та ризик-орієнтованого підходів формує концептуальні засади інтеграції цифрових технологій у систему управління якістю будівельного виробництва. Системний підхід забезпечує цілісне бачення об'єкта управління, процесний — упорядкованість і логіку управлінських дій, а ризик-орієнтований — стійкість системи до невизначеності та негативних впливів. Застосування цифрових технологій у межах цієї концепції створює науково-методичне підґрунтя для побудови ефективної, адаптивної та орієнтованої на якість системи управління будівельним виробництвом.

Запропоновано модель реалізації підходу до формування цифрово інтегрованої системи управління якістю будівельного виробництва

Етап 1. Діагностичний (аналітико-оцінювальний)

Мета: визначення вихідного стану системи управління якістю та рівня цифрової зрілості.

Вхідні параметри:

- структура існуючої системи управління якістю;
- організаційно-технологічні процеси будівельного виробництва;
- нормативно-правові та стандартизаційні вимоги;
- наявні цифрові інструменти та інформаційні системи;
- статистика дефектів і невідповідностей.

Вихідні параметри:

- оцінка ефективності чинної системи управління якістю;
- перелік ключових проблем і «вузьких місць»;
- ідентифіковані ризики якості;
- рівень готовності до цифрової інтеграції.

Етап 2. Концептуально-цільовий

Мета: формування концепції цифрово інтегрованої системи управління якістю.

Вхідні параметри:

- результати діагностичного етапу;
- стратегічні цілі будівельного підприємства;
- вимоги зацікавлених сторін;
- політика у сфері якості та цифрового розвитку.

Вихідні параметри:

- сформульовані цілі та завдання управління якістю;

- принципи системної, процесної та ризик-орієнтованої інтеграції;
- критерії результативності системи;
- концептуальна модель цифрово інтегрованої системи.

Етап 3. Проектно-методичний

Мета: розроблення методичного забезпечення цифрово інтегрованої системи управління якістю.

Вхідні параметри:

- концептуальна модель системи;
- опис процесів життєвого циклу будівельного об'єкта;
- нормативні вимоги до якості;
- ідентифіковані ризики.

Вихідні параметри:

- структура цифрово інтегрованої системи управління якістю;
- формалізовані процеси управління якістю за етапами життєвого циклу;
- методи контролю, оцінювання та аналізу якості;
- алгоритми управління ризиками якості.

Етап 4. Інтеграційно-цифровий

Мета: впровадження цифрових інструментів у систему управління якістю.

Вхідні параметри:

- методичні положення та алгоритми управління;
- BIM-моделі будівельних об'єктів;
- цифрові платформи управління проектами;
- інформаційні ресурси підприємства.

Вихідні параметри:

- єдине цифрове середовище управління якістю;
- інтегровані бази даних і цифрові модулі контролю;
- автоматизовані канали збору та оброблення даних про якість;
- цифрові інтерфейси для підтримки управлінських рішень.

Етап 5. Реалізація безперервного контролю якості

Мета: забезпечення безперервного контролю якості на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта.

Вхідні параметри:

- цифрові дані виконання будівельних робіт;
- результати виробничого контролю та випробувань;
- цифрові індикатори якості;
- дані авторського і технічного нагляду.

Вихідні параметри:

- оперативна інформація про стан якості;
- виявлені відхилення та невідповідності;
- цифрові сигнали ризиків якості;
- аналітичні звіти для управління.

Етап 6. Ризик-орієнтоване управління та коригування

Мета: проактивне управління якістю на основі аналізу ризиків.

Вхідні параметри:

- результати безперервного контролю якості;
- оцінки імовірності та наслідків ризиків;

- історичні дані дефектів і відхилень.

Вихідні параметри:

- рішення щодо превентивних і коригувальних заходів;
- скориговані організаційно-технологічні рішення;
- оновлені параметри процесів управління якістю;
- зменшення ризиків дефектності.

Етап 7. Оцінювально-аналітичний та адаптаційний

Мета: оцінювання ефективності системи та її подальше вдосконалення.

Вхідні параметри:

- показники якості будівельної продукції;
- економічні та часові параметри реалізації проєктів;
- результати управлінських рішень.

Вихідні параметри:

- оцінка ефективності цифрово інтегрованої системи;
- висновки щодо рівня досягнення цілей якості;
- рекомендації з удосконалення системи;
- адаптована модель цифрової інтеграції.

Узагальнююча характеристика моделі

Запропонована формалізована модель забезпечує логічну послідовність реалізації науково-методичного підходу, простежуваність результатів на кожному етапі та безперервний інформаційний і управлінський контури якості впродовж усього життєвого циклу будівельного об'єкта.

Удосконалення методичних положень взаємодії системи управління якістю з організаційно технологічними процесами будівництва базується на необхідності переходу від фрагментарного контролю результатів до інтегрованого управління якістю, безпосередньо пов'язаного з процесами планування, організації та виконання будівельних робіт. У традиційних системах управління якістю контроль часто ізольований від організаційно технологічних рішень, що призводить до запізнілого виявлення дефектів, повторних робіт і відхилень від проєктних рішень.

Удосконалення методичних положень передбачає інтеграцію функцій управління якістю в структуру організаційно технологічних процесів будівництва шляхом їх цифрового узгодження. При цьому кожен етап будівельного процесу розглядається як носій потенційних ризиків якості, що підлягають ідентифікації, оцінюванню та управлінню в режимі реального часу. Такий підхід забезпечує формування єдиного управлінського контуру, у межах якого якість стає керованим параметром виробничого процесу, а не лише об'єктом перевірки.

Цифрова інтеграція системи управління якістю з організаційно технологічними процесами дозволяє забезпечити:

- синхронізацію вимог до якості з календарно технологічними планами виконання робіт;
- цифрове закріплення контрольних точок якості в структурі будівельних процесів;
- оперативний зворотний зв'язок між результатами контролю та управлінськими рішеннями;
- превентивне виявлення причин можливих дефектів і відхилень ще на стадії виконання робіт.

У межах удосконалених методичних положень система управління якістю трансформується з реактивної в проактивну, орієнтовану на попередження

дефектів, зменшення обсягів повторних робіт та мінімізацію ризиків відхилень від проєктних рішень. Це досягається завдяки інтеграції цифрових моделей організації будівництва, інформаційного моделювання будівельних об'єктів і цифрових інструментів моніторингу якості в єдину систему управління.

Формування практичних рекомендацій щодо впровадження цифрових технологій у систему управління якістю будівельних підприємств з урахуванням нормативно правових і стандартизаційних вимог

Формування практичних рекомендацій щодо впровадження цифрових технологій у систему управління якістю будівельних підприємств має здійснюватися з урахуванням чинних нормативно правових актів, вимог технічного регулювання, національних і гармонізованих європейських стандартів. Впровадження цифрових рішень без урахування нормативної бази може призвести до формального використання технологій без досягнення очікуваного підвищення якості будівельної продукції.

Перед впровадженням цифрових технологій необхідно провести аудит відповідності внутрішніх процедур управління якістю вимогам чинного законодавства та стандартів. Цифрові інструменти повинні бути адаптовані до вимог систем оцінювання відповідності, сертифікації та технічної прийнятності будівельної продукції.

Рекомендовано здійснювати поетапне впровадження BIM технологій, цифрових платформ управління проєктами та електронних систем контролю якості з їх подальшою інтеграцією у внутрішню систему управління якістю підприємства. Це дозволяє уникнути фрагментарного використання цифрових рішень і забезпечити їх системний ефект.

Цифрові технології мають бути інтегровані в існуючі бізнес процеси підприємства з урахуванням ролей і відповідальності учасників будівельного виробництва. Рекомендується визначати відповідальних осіб за цифровий супровід процесів управління якістю на кожному етапі будівництва.

Впровадження цифрових технологій доцільно орієнтувати на процеси з найбільшим рівнем ризиків дефектності та відхилень від проєктних рішень. Це забезпечує максимальний ефект від цифровізації та сприяє підвищенню результативності управління якістю.

Ефективність впровадження цифрових технологій значною мірою залежить від рівня підготовки персоналу. Рекомендовано впроваджувати програми навчання з цифрового управління якістю, що охоплюють як технічні, так і управлінські аспекти використання цифрових інструментів.

Реалізація зазначених рекомендацій дозволяє сформувати функціональну, нормативно обґрунтовану та адаптивну систему управління якістю будівельних підприємств, орієнтовану на зниження ризиків дефектів, скорочення повторних робіт і забезпечення відповідності будівельної продукції проєктним та нормативним вимогам в умовах цифрової трансформації галузі.

Ризик-орієнтований підхід у системі управління якістю будівельного виробництва полягає у цілеспрямованому врахуванні невизначеностей і потенційних загроз, що можуть негативно впливати на відповідність будівельної продукції проєктним, технічним і нормативним вимогам. На відміну від традиційних підходів, які зосереджені переважно на фіксації та усуненні вже виявлених дефектів, ризик-орієнтований підхід передбачає випереджальне управління якістю шляхом прогнозування можливих відхилень і запобігання їх виникненню ще на стадії виконання будівельних процесів.

У межах цього підходу якість будівельної продукції розглядається як динамічна категорія, що формується під впливом комплексу організаційних, технологічних,

ресурсних і управлінських факторів упродовж усього життєвого циклу будівельного об'єкта. Відповідно, управління якістю набуває характеру безперервного процесу, орієнтованого на ідентифікацію критичних елементів будівельного виробництва, у яких імовірність виникнення дефектів або невідповідностей є найбільш значущою.

Ризик-орієнтований підхід передбачає систематичне виявлення ризиків якості, оцінювання їх імовірності та потенційних наслідків, а також ранжування за рівнем критичності з метою концентрації управлінських зусиль на найбільш уразливих процесах і операціях. Така логіка управління дозволяє формувати превентивні заходи, спрямовані на зниження ймовірності виникнення дефектів, мінімізацію потреби в повторних роботах і скорочення відхилень від проектних рішень.

Особливого значення ризик-орієнтований підхід набуває в умовах цифрової трансформації будівельного виробництва. Використання цифрових технологій суттєво розширює можливості реалізації цього підходу за рахунок інтеграції даних про якість, хід виконання робіт і результати контролю в єдине інформаційне середовище. Цифрові інструменти забезпечують оперативний моніторинг параметрів якості, простежуваність змін та своєчасний зворотний зв'язок між результатами контролю й управлінськими рішеннями.

Застосування ризик-орієнтованого підходу в поєднанні з цифровими технологіями дозволяє перейти від реактивного управління якістю до проактивної моделі, у межах якої рішення приймаються на основі аналізу потенційних відхилень і тенденцій розвитку ризиків. Це створює передумови для підвищення стабільності якісних параметрів будівельної продукції, оптимізації використання ресурсів та забезпечення відповідності будівельних об'єктів установленим вимогам упродовж усього життєвого циклу.

Таким чином, ризик-орієнтований підхід у системі управління якістю будівельного виробництва слугує методологічною основою формування адаптивного, інформаційно насиченого та ефективного управлінського контуру, здатного своєчасно реагувати на зміни умов будівництва та забезпечувати стале підвищення якості в умовах цифрової трансформації галузі.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що цифрова трансформація будівельної галузі об'єктивно зумовлює необхідність перегляду традиційних підходів до управління якістю будівельного виробництва. Зростання складності організаційно-технологічних процесів, багатосуб'єктність будівельних проектів, підвищення вимог до якості та відповідності будівельної продукції нормативним і проектним вимогам роблять неефективними фрагментарні та переважно постфактум-орієнтовані системи контролю якості.

Інтеграція цифрових технологій в систему управління якістю будівельного виробництва має розглядатися не як окремий технічний захід, а як комплексна управлінська трансформація, що охоплює всі етапи життєвого циклу будівельного об'єкта. Запропонований підхід базується на поєднанні системного, процесного та ризик-орієнтованого підходів, що дозволяє забезпечити цілісність управління якістю, узгодженість управлінських рішень і стійкість системи до внутрішніх та зовнішніх ризиків.

Удосконалено методичні положення взаємодії системи управління якістю з організаційно-технологічними процесами будівництва шляхом їх цифрового узгодження. Визначено, що якість будівельної продукції формується безпосередньо в процесі виконання будівельних робіт, а тому система управління якістю повинна бути інтегрованою у виробничі процеси, а не функціонувати ізольовано від них. Такий підхід забезпечує перехід від реактивного виявлення дефектів до

проактивного управління якістю, орієнтованого на попередження відхилень від проєктних рішень.

Запропоновано науково-методичний підхід до формування цифрово інтегрованої системи управління якістю дозволяє забезпечити безперервний контроль якості на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта, підвищити прозорість процесів управління та обґрунтованість управлінських рішень. Інтеграція BIM-технологій, цифрових платформ управління проєктами, електронних систем контролю та аналітичних інструментів створює єдиний інформаційний простір, у межах якого забезпечується простежуваність якісних параметрів будівельної продукції.

Важливим результатом дослідження є обґрунтування доцільності застосування ризик-орієнтованого підходу в системі цифрового управління якістю. Управління ризиками якості, інтегроване з цифровими інструментами моніторингу та аналізу, дозволяє своєчасно виявляти потенційні загрози виникнення дефектів, повторних робіт і порушень термінів будівництва, а також формувати превентивні управлінські рішення.

Ефективність цифровізації значною мірою залежить від її узгодженості з вимогами технічного регулювання, системами оцінювання відповідності та внутрішніми регламентами підприємств. Поетапне впровадження цифрових рішень, розвиток цифрових компетенцій персоналу та фокусування на процесах з найбільшими ризиками дефектності забезпечують максимальний практичний ефект від цифрової інтеграції.

Результати дослідження підтверджують, що формування цифрово інтегрованої системи управління якістю будівельного виробництва є ефективним інструментом підвищення якості будівельної продукції, зниження ризиків дефектів і повторних робіт, оптимізації термінів будівництва та підвищення конкурентоспроможності будівельних підприємств. Запропоновані методичні положення та практичні рекомендації можуть бути використані в діяльності будівельних і проєктних організацій, а також у подальших наукових дослідженнях, спрямованих на розвиток цифрових систем управління будівельним виробництвом.

Список літератури:

1. Чуприна Ю. А. Сучасні методи управління якістю у будівництві // Управління розвитком складних систем. – 2011. – Вип. 7. – С. 135–137.
2. Доненко В. І., Іщенко С. В., Вакулюк Ю. В. BIM-технології як метод оптимізації використання ресурсів у будівельній галузі // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах ринкових відносин. – Київ : КНУБА, 2019. – Вип. 41. – С. 141–147.
3. Дубінін Д. В. Цифрова трансформація українських будівельних та проєктних підприємств: перешкоди та можливості // Управління розвитком складних систем. – 2023. – Вип. 56. – С. 131–137. – DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.131-137>.
4. Ключко А. А. Цифрові технології в галузі архітектури і будівництва // Управління розвитком складних систем. – 2021. – Вип. 48. – С. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.61-68>
5. Кричевська Ю. В., Рижакова Г. М., Шпаков А. В., Поколенко В. О., Приходько Д. М. Цифрова екосистема в будівельному девелопменті: концептуально-теоретичні аспекти трансформації та управлінські імперативи // Управління розвитком складних систем. – 2024. – Вип. 60. – С. 174–182. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.174-182>
6. Марченко О. В., Коляденко Р. І. Цифрова трансформація будівельного

бізнесу: тенденції та перспективи // Цифрова економіка та економічна безпека. – 2023. – № 4. – С. 20–26. – DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.4-4>.

7. Бондаренко Д. В., Калашнікова К. Ю. Цифровізація будівельної галузі України: аналіз стану, проблем та перспектив розвитку // Економіка та суспільство. – 2024. – Вип. 65. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-2>.

8. Дружинін М. О., Степанюк Р. В., Гергі М. В., Малихін М. О., Сторожук О. О., Костенко Д. С. Цифрові моделі організації будівництва на ґрунті інтеграційного підходу та SMART-управління // Управління розвитком складних систем. – 2024. – Вип. 60. – С. 165–173. – DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.60.165-173>.

9. Войтович В. В. Вплив BIM-технологій на ефективність управління будівництвом // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2025. – Вип. 71. – С. 646–657. – DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.71.646-657>.

10. Каськів В. І., Скрипник А. Л., Вирожемський В. К., Ячник М. В., Зеленовський В. А. Проблемні питання забезпечення якості дорожньо-будівельних матеріалів та виробів в контексті особливостей їх сертифікації в Україні відповідно до ДСТУ EN ISO/IEC 17065:2019 та закону України «Про надання будівельної продукції на ринку». Дороги і мости. Київ, 2024. Вип. 30. С. 244–252. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.244>

11. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи: монографія / Лівінський О. М. та ін.. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 230 с

12. Скакун В. А., Запечна Ю. О., Богатюк Д. В., Галунка О. Д. Методичний підхід до розроблення та прийняття національних документів України з визначення прийнятності інноваційної будівельної продукції. Управління розвитком складних систем. Київ, 2023. No 56. С. 165 – 172, <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.165-172>.

13. Скрипник А. Л., Ячник М. В. Оцінювання відповідності інноваційних будівельних матеріалів і виробів у контексті впровадження регламенту (ЄС) № 305/2011 (CPR). Дороги і мости. Київ, 2025. Вип. 32. С. 154–166. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2025.32.154>

14. Зельцер Р. Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208.

15. Вербівська Л. В. Функціональне значення сертифікації, стандартизації та управління якістю продукції в сучасних бізнес-процесах. Економіка та суспільство. Одеса, 2023. Вип. 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-78>

16. Organizational and technological model engineering in the construction industry : collective monograph / P. Ye. Hryhorovskiy et al. Lviv – Toruń : Liha-Pres, 2019. 128 p. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-165-0/1-25>.

17. Беленкова О., Цифра Т., Казьмін О. (2023). Система визначення технічної прийнятності будівельної продукції – досвід Європи та Азії. Управління розвитком складних систем, (56), 123–130. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.56.123-130>

18. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph / Nikolaiev V.P. et al. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-167-4/62-78>

19. Сорокіна, Л. В.; Стеценко, С. П.; Гойко, А. Ф.; Измайлова, К. В.; Моголівець, А. А.; Цифра, Т. Ю.... Оліферук, С. Л.; Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою будівельного підприємства: монографія. Київ: КНУБА, 2023. 426 с.

20. Белоконь О., Фаренюк Г., Гах Н. Застосування європейських документів з визначення прийнятності за визначеними категоріями будівельної продукції. *Наука*

Yevhenia Novak

Integration of digital technologies into the quality management system of construction production

The current problems of quality management in construction production in the context of digital transformation of the industry, increasing complexity of organizational and technological processes and increasing requirements for the quality of construction products, compliance with the cost and deadlines for the implementation of construction projects are considered. It is substantiated that traditional approaches to quality management, based mainly on post-factum control and fragmentary use of information, do not provide an adequate level of control over construction processes and do not allow timely prevention of defects, rework and deviations from design solutions.

The purpose of the study is to substantiate and develop scientific and methodological approaches to the integration of digital technologies into the quality management system of construction production with the formation of a digitally integrated system that ensures continuous quality control at all stages of the life cycle of a construction object. The methodological basis of the study is the system, process and risk-oriented approaches, which allow considering quality as a dynamic result of the interaction of managerial, organizational and technological solutions.

The paper improves the methodological provisions of the interaction of the quality management system with organizational and technological processes of construction through their digital coordination. The sequence of stages of the implementation of the scientific and methodological approach to the formation of a digitally integrated quality management system is proposed, which ensures the synchronization of quality requirements with the processes of planning and execution of construction work, and also creates conditions for the transition from reactive to proactive quality management. Particular attention is paid to the risk-oriented approach as a tool for preventing defects and reducing uncertainty in managerial decisions.

Practical recommendations are formulated for the implementation of digital technologies in the quality management system of construction enterprises, taking into account regulatory and standardization requirements. The results of the study show that the application of the proposed approach contributes to increasing the stability of construction product quality indicators, reducing the risks of repeated work, optimizing construction deadlines and increasing the efficiency of construction production management in the context of digitalization.

Keywords: regulatory and legal support, European integration, construction, construction organization, digitalization, quality management, construction production, BIM technologies, construction organization, risk-oriented approach, digital technologies, project management, organizational and technological processes, construction administration.