

DOI: [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49\(2\).159-170](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.49(2).159-170)

УДК 624.131.3:681.5:004.8

Р.Б. Степанюк

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РЕКОНСТРУКЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНИХ РЕГЛАМЕНТІВ

У статті обґрунтовано актуальність впровадження інтелектуальних інформаційних систем (ІС) у процеси реконструкції інженерних споруд як важливого напрямку цифрової трансформації будівельної галузі. Сучасні виклики, серед яких технічне старіння критичної інфраструктури, високий ступінь зношеності конструкцій, зростання вимог до надійності, стійкості та енергоефективності, потребують впровадження комплексного підходу до управління реконструктивними заходами. У дослідженні доведено, що реконструкція споруд неможлива без етапу попереднього технічного моніторингу, обстеження та оцінки залишкового ресурсу конструкцій, що передбачено чинними нормативними документами: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016, ДБН В.1.2-14:2018 та ДБН А.3.1-5:2016. Показано, що ці документи прямо визначають необхідність інтеграції стадій оцінки технічного стану в загальний цикл реконструкції.

У статті запропоновано системну класифікацію типів інженерних споруд за функціональним призначенням, що є основою для подальшого технологічного моделювання їх реконструкції з урахуванням нормативно-правової бази. Узагальнення міжнародного досвіду та аналітичних прогнозів (зокрема McKinsey, ABC) демонструє, що без цифровізації та масштабної перепідготовки кадрів будівельна галузь не зможе адекватно відповісти на зростаючі виклики. Отже, застосування ІС у процесах реконструкції розглядається не як опціональна інновація, а як обов'язковий інструмент для забезпечення надійності, безпеки та технологічної відповідності інженерних споруд у нових умовах. Використання ІС — зокрема, BIM/CIM-моделювання, автоматизованих систем управління, алгоритмів машинного навчання, цифрових сенсорів і платформ спільного середовища даних (CDE) — дозволяє підвищити ефективність прийняття рішень, забезпечити точність реконструктивних рішень та знизити витрати на всіх етапах. ІС активно застосовуються на стадіях обстеження, проектування, виконання робіт і післяреконструкційного моніторингу, що забезпечує неперервність інформаційних потоків, оперативну реакцію на ризики,

ефективну логістику та довгострокову експлуатаційну придатність споруд.

Ключові слова: *інженерні споруди, реконструкція, експлуатаційна придатність, організаційно-технологічне моделювання, інтелектуальні інформаційні системи, технічне обстеження, цифрові технології, залишковий ресурс, моніторинг, будівельне виробництво, відновлення інфраструктури, автоматизоване проектування.*

Вступ. Незважаючи на численні виклики, з якими стикається будівельна галузь на шляху до цифрової трансформації — включаючи фрагментованість учасників проєктного процесу, нестачу ІТ-кадрів, низький рівень цифрової компетентності персоналу та застарілі регламенти — галузь демонструє зростаючу готовність до впровадження цифрових технологій, що підтверджується як техніко-технологічними зрушеннями, так і зміною підходів до організації будівельного виробництва. У центрі цифрової модернізації сьогодні — використання таких технологій, як інформаційне моделювання (BIM, CIM), автоматизовані системи управління будівельними процесами, цифрові платформи спільного середовища даних (CDE), а також інструменти на базі штучного інтелекту, IoT і big data. Впровадження цих рішень забезпечує можливість управління об'єктом на всіх стадіях його життєвого циклу — від проєктування до демонтажу — з високою точністю, прозорістю та адаптивністю.

Нинішній стан галузі вже створює об'єктивну потребу у цифрових рішеннях. Сучасні будівельні проєкти характеризуються високим рівнем складності, багатоформатною взаємодією учасників, жорсткими строками реалізації та значними вимогами до техніко-економічного моніторингу. Відповідно, цифровізація стає не опцією, а необхідністю для підвищення ефективності, якості та контролю. Окрім технологічних зрушень, дедалі більше підприємств галузі демонструють готовність інвестувати у цифрові інструменти. Зростає кількість стартапів у сфері будівельних технологій, посилюється інтерес до цифрового управління ресурсами, до автоматизації логістики на будівельному майданчику, а також до впровадження цифрових паспортів будівель. У державному секторі запускаються цифрові реєстри та кадастрові системи, що додатково стимулює цифровізацію процесів у приватному будівництві. Водночас, вирішення проблем, пов'язаних із кадровим забезпеченням, підвищенням цифрової культури на підприємствах, адаптацією нормативної бази до нових реалій та забезпеченням доступу до ІТ-інфраструктури — залишається стратегічним завданням. Проте вже сьогодні будівельна галузь демонструє потенціал для трансформації: наявність технологічної бази, актуалізація цифрових компетенцій, попит на цифрову аналітику та активна участь у міжнародних ініціативах є свідченням того, що галузь

готова до змін. Цифровізація в будівництві переходить із теоретичної площини у прикладну, формуючи нову архітектоніку управління, яка орієнтована на точність, ефективність і стійкість.

Мета статті — обґрунтувати необхідність і розкрити підходи до організаційно-технологічного моделювання процесів реконструкції та відновлення експлуатаційної придатності інженерних споруд із застосуванням інтелектуальних інформаційних систем, а також визначити шляхи підвищення ефективності управління цими процесами відповідно до сучасних нормативних вимог і викликів цифрової трансформації будівельної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У праці [1] автори **Тонкачєв Г. М., Молодід О. С., Молодід О. О.** досліджують **методику впровадження нових конструктивно-технологічних рішень** у будівництво, зокрема в контексті відновлення будівельних конструкцій. Робота акцентує увагу на алгоритмічності рішень, етапності розробки та впровадження нових технологій, а також оцінці їх впливу на довговічність і стійкість конструкцій. У межах цієї статті наголошується на необхідності врахування не лише фізико-механічних характеристик матеріалів, але й організаційно-технологічних параметрів, які суттєво впливають на ефективність реконструктивних рішень. Ці положення логічно корелюють із положеннями сучасної статті [2], де також підкреслюється роль моделювання та цифрових технологій у забезпеченні ефективності рішень щодо реконструкції споруд. ґрунтовне аналітичне підґрунтя [3-5] дозволяє перейти від емпіричних спостережень до формалізації технологічних процесів [6-7], що і є передумовою до їх цифрового відображення в системах типу BIM або CIM. Таким чином, ці положення доповнюють дослідження, викладене у сучасній статті, підкреслюючи необхідність включення фізико-технологічних характеристик у цифрову модель реконструкції; виступають змістовною теоретико-прикладною базою для формування цифрових технологій моделювання реконструктивних рішень; актуалізують потребу в багатofакторному аналізі як на етапі розробки технічного рішення, так і в процесі експлуатації відновлених споруд. Об'єднання цих підходів із можливостями інтелектуальних інформаційних систем дозволяє вийти на новий рівень управління життєвим циклом реконструйованих інженерних об'єктів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Інженерні споруди — це технічні об'єкти, що створюються для забезпечення інфраструктурних, комунікаційних, транспортних, гідротехнічних, енергетичних, оборонних або спеціалізованих функцій. Вони можуть бути наземними, підземними, надводними або підводними, виконувати постійну чи тимчасову функцію, а також працювати в умовах впливу складних техногенних або природних чинників.

Перш ніж розглядати класифікацію інженерних споруд за їх функціональним призначенням, доцільно окреслити загальні підходи до визначення цього поняття, закріплені у вітчизняних нормативно-правових документах та стандартах у сфері будівництва (табл. 1).

Таблиця 1

Нормативні документи щодо визначення та класифікації інженерних споруд

Повна назва документа	Пункт / стаття	Зміст щодо терміна
ДСТУ Б А.1.1-1:2013. Система стандартів у галузі будівництва. Основні терміни та визначення понять	Розділ 2, термін "Інженерна споруда"	Інженерна споруда — будівельна система, що не належить до будівель і виконує технічні функції: транспортні, гідротехнічні, енергетичні, комунікаційні, захисні тощо.
Класифікація видів об'єктів будівництва (КВОБ), Наказ Міністерства № 39 від 06.11.2018	Код 2 – Інженерні споруди (згідно з СТС/СС)	Інженерні споруди класифікуються окремо від будівель; включають мости, дороги, трубопроводи, гідроспоруди тощо.
ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво	Додатки А, Б	Інженерні споруди виокремлені як об'єкти, що потребують спеціальної проектної документації згідно з технічним призначенням.
Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності»	Ст. 1, Ст. 29	Інженерні споруди згадуються як об'єкти будівництва, що враховуються у містобудівній документації та при визначенні зонування територій.
ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці і дороги населених пунктів	Розділ 4	Інженерні транспортні споруди класифікуються як мости, шляхопроводи, естакади, підземні переходи тощо.
Наказ Міністерства № 109 від 13.07.2017. Порядок визначення класу наслідків	Додаток 2	Інженерні споруди підлягають класифікації за класом наслідків (СС1–СС3) залежно від їх призначення та потенційної небезпеки.

Узагальнено автором

У низці аналітичних звітів компанії McKinsey & Company [8] системно підкреслюється надзвичайно низький рівень витрат на інформаційні технології в будівельній галузі. Зокрема, у звіті "Imagining construction's

digital future", оприлюдненому в червні 2016 року, зазначено, що витрати на інформаційні технології в будівельному секторі становлять менше 1 % від загальної виручки компаній, незважаючи на появу значної кількості програмних рішень, орієнтованих саме на цей сектор. Це твердження чітко окреслює цифрову відсталість будівництва як галузі в глобальному вимірі, і демонструє системну недооцінку потенціалу IT-інструментів в управлінні будівельними проектами, проектуванні та контролі процесів.

Відповідно до національного стандарту ДСТУ Б А.1.1-1:2013, інженерна споруда — це об'єкт, який не належить до житлових чи громадських будівель, однак виконує спеціалізовані технічні функції, зокрема транспортні, гідротехнічні, енергетичні, комунікаційні або захисні. Подібний підхід відображено й у Класифікації видів об'єктів будівництва (КВОб), яка виокремлює інженерні споруди в окрему категорію, відмінну від будівель, що відображає їх функціональну та конструктивну специфіку

Актуальність систематизації таких споруд обумовлена як потребою в уніфікації проектних та експлуатаційних вимог, так і необхідністю забезпечення сталого функціонування критичної інфраструктури. Крім того, при розробленні містобудівної документації, реалізації інфраструктурних проектів чи проведенні технічної інвентаризації важливо мати чітке розуміння функціонального поділу інженерних споруд, що впливає на вибір технічних рішень, матеріалів, методів будівництва й експлуатації. У контексті комплексного підходу до аналізу технічного середовища сучасного будівництва пропонується докладна класифікація інженерних споруд за ознакою їх призначення (табл.2). Такий поділ дозволяє структурувати інформацію про об'єкти за функціональною ознакою, виявити особливості їх конструктивного виконання, умови експлуатації та відповідні технічні вимоги.

Інженерні споруди відрізняються високою складністю конструктивних рішень, оскільки повинні забезпечувати надійність, довговічність, стійкість до навантажень і впливу зовнішнього середовища. Вони часто працюють в умовах підвищеного ризику: вібрацій, агресивних середовищ, перепадів температур, сейсмічної активності, тому при їх проектуванні застосовуються спеціальні нормативи, методики інженерних розрахунків і засоби технічного моніторингу.

Інтелектуальні інформаційні системи (ІС) стають невід'ємною складовою сучасного підходу до реконструкції інженерних споруд, забезпечуючи об'єктивність, точність і оперативність управлінських і технічних рішень. Їх застосування охоплює всі етапи реконструктивного процесу — від первинного обстеження до післяреконструкційного моніторингу.

Реконструкція інженерної споруди неможлива без попереднього комплексного обстеження та оцінки її технічного стану. Це є

обов'язковим передпроектним етапом, підкріпленим вимогами ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [9], який визначає порядок проведення обстежень, та ДБН В.1.2-14:2018 [11], що регламентує принципи забезпечення конструктивної безпеки. На цьому етапі використовуються сенсорні системи, цифрові сканери, інтелектуальні алгоритми аналізу дефектів і машинне навчання для оцінки залишкового ресурсу конструкцій.

Таблиця 2

Класифікація інженерних споруд за призначенням

Тип інженерної споруди	Приклади та призначення
Транспортні споруди	Мости (автомобільні, залізничні, пішохідні, комбіновані); Тунелі (метрополітену, автомобільні, залізничні); Віадуки, естакади, шляхопроводи; Аеродроми, злітно-посадкові смуги, ангарні комплекси.
Гідротехнічні споруди	Дамби, греблі; Канали; Шлюзи, водозливи, гідроелектростанції (ГЕС); Портові споруди (причали, моліві стіни, доки).
Енергетичні споруди	ТЕЦ, АЕС, ГЕС; Вітрові та сонячні електростанції; Підстанції, лінії електропередач (ЛЕП); Газорозподільні та нафтоперекачувальні станції, магістральні трубопроводи.
Комунальні споруди (мережі життєзабезпечення)	Мережі водопостачання та водовідведення; Системи теплопостачання; Газо- та електромережі; Сміттєпереробні комплекси, станції очищення стоків, полігони ТПВ.
Інженерні споруди спеціального призначення	Фортифікаційні споруди (укриття, бліндажі, капонири); Космодроми, радіотелескопи, підземні лабораторії; Захисні інженерні споруди (протизсувні стінки, протилавинні галереї, протиселеві бар'єри).
Промислові інженерні споруди	Димові труби, градирні, резервуари, силоси, складські платформи; Фундаменти великогабаритного обладнання, естакади комунікацій; Промислові дренажні та вентиляційні шахти.
Підземні інженерні споруди	Метрополітен, інженерні колектори, каналізаційні тунелі; Шахти, підземні склади, сховища, бункери, укриття.

Узагальнено автором

Дані з обстеження автоматично обробляються, інтерпретуються та інтегруються у цифрові моделі, які потім використовуються для проектування.

У ДБН А.3.1-5:2016 «*Організація будівельного виробництва*» [12] визначено, що цей нормативний документ є чинним і надає загальні вимоги до організації виробництва під час **реконструкції**, капітального ремонту або технічного переоснащення будинків, будівель, споруд та лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури. Зокрема, у розділі «Сфера застосування» чітко зазначено, що реконструкція входить до сфери дії норм і підлягає обов'язковому регулюванню ДБН А.3.1-5:2016. Цей документ встановлює, що організація будівельного виробництва під час реконструкції вимагає розроблення **Проекту організації будівництва (ПОБ)** та **Проекту виконання робіт (ПВР)** із врахуванням обстеження об'єкта, умов його виконання, галузевої специфіки та особливостей матеріально-технічного забезпечення. Зокрема, у пункті 4.3 зазначено, що при реконструкції діючих об'єктів необхідно дотримуватися вимог безпеки, включно з оцінкою технічного стану об'єкта, врахуванням погіршення міцності конструкцій та забезпеченням їх стійкості в процесі робіт — тобто етап обстеження і попередньої технічної оцінки є обов'язковим перед початком робіт із реконструкції. Таким чином, ДБН А.3.1-5:2016 нормативно фіксує включення **моніторингу та оцінки технічного стану** інженерних споруд як невід'ємного етапу у процесі реконструкції. Спираючись на ці положення і інтегруючи їх у цифрову платформу управління реконструкцією, можна забезпечити надійність, безпеку та відповідність робіт чинним нормам на всіх стадіях будівельного процесу.

Під час проектної фази ІС забезпечують формування інформаційних моделей об'єкта реконструкції (на основі BIM/CIM), дозволяють проводити багатоваріантний аналіз проектних рішень, здійснювати прогнозування поведінки конструкцій після реконструкції та інтегрувати нормативні вимоги у структуру проекту, що забезпечує високу якість проектної документації, а також дозволяє значно скоротити терміни погодження та реалізації.

На етапі виконання будівельно-монтажних робіт інтелектуальні системи застосовуються для автоматизованого управління процесами, контролю якості, цифрового документування та координації логістичних потоків. Використання цифрових платформ спільного середовища даних (CDE) дає змогу синхронізувати всі дії учасників будівництва, мінімізувати помилки та пришвидшити реагування на непередбачувані ситуації.

Після завершення реконструкції інтелектуальні інформаційні системи забезпечують технічний моніторинг у режимі реального часу. Вони дають змогу вести цифровий паспорт об'єкта, здійснювати довгостроковий контроль за поведінкою конструкцій, виявляти ранні ознаки деградації або перевантаження елементів, генерувати аналітичні звіти. Відповідно до ДСТУ Б В.1.2-12:2009 [11], об'єкти після реконструкції підлягають

паспортизації та моніторингу, що в сучасних умовах реалізується саме за допомогою ІС.

Проект ДБН В.1.2-14:2018 [10] «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд», чітко поширює свою дію на процеси реконструкції будь-яких будівель та інженерних споруд, зокрема коли змінюється конструктивна схема об'єкта або з'являються додаткові елементи — тобто включає ситуації реконструкції. Важливим положенням є розділ 10 «Оцінювання технічного стану», де зазначено, що технічний стан споруд підлягає обов'язковій оцінці в разі реконструкції або капітального ремонту, особливо коли передбачаються зміни конструктивної схеми або з'являються додаткові навантаження. Це прямо вказує на включення етапу обстеження та оцінки технічного стану до реконструкційних процедур. Таким чином, ДБН В.1.2-14:2018 встановлює, що реконструкція інженерних споруд повинна супроводжуватися обов'язковим технічним обстеженням та оцінкою наявної конструкції, особливо якщо проект передбачає зміни у структурі. Це нормативне положення підкреслює важливість попереднього аналізу перед початком будь-яких реконструктивних заходів і обґрунтовує застосування цифрових інформаційних систем для діагностики, моніторингу та управління ризиками.

З огляду на зазначене, інтелектуальні інформаційні системи не лише підтримують процес реконструкції, а й трансформують його, дозволяючи перейти від інтуїтивних і фрагментарних рішень до інтегрованого, цифрово керованого середовища. Вони забезпечують безперервний обіг даних, скорочення витрат, підвищення безпеки та контрольованість кожного етапу. У сучасних умовах їх застосування розглядається не як інноваційна опція, а як необхідна складова ефективного управління реконструкцією інженерних споруд.

Висновки. У межах дослідження обґрунтовано, що реконструкція інженерних споруд є багаторівневим процесом, який вимагає чітко структурованого організаційно-технологічного підходу, інтеграції нормативних вимог та сучасних інформаційних рішень. Впровадження інтелектуальних інформаційних систем (ІС), зокрема BIM-технологій, систем моніторингу, алгоритмів штучного інтелекту та цифрових платформ керування даними, значно підвищує ефективність та якість реконструктивних робіт, починаючи від обстеження технічного стану і до післяреконструкційного контролю. У статті доведено, що чинна нормативна база (ДБН В.1.2-14:2018, ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016, ДБН А.3.1-5:2016) прямо передбачає необхідність включення процесів обстеження, оцінки залишкового ресурсу та моніторингу як ключових етапів реконструкції. Водночас, сучасна будівельна галузь, з огляду на глобальні цифрові виклики, перебуває на етапі трансформації, що вимагає адаптації до нових методів проектування та управління технічним станом об'єктів.

Застосування ІС дозволяє мінімізувати ризики, підвищити точність технічних рішень, забезпечити безперервність інформаційних потоків між усіма учасниками проекту та гарантувати відповідність реконструйованих споруд сучасним вимогам безпеки, стійкості та функціональності.

Подальші наукові розвідки доцільно спрямувати на: розроблення галузевих цифрових регламентів застосування ІС у реконструкції споруд різного призначення (транспортних, гідротехнічних, комунальних тощо); моделювання ризик-орієнтованих підходів до технічного моніторингу із використанням систем штучного інтелекту; удосконалення структури проектної документації реконструкції з урахуванням нових інформаційно-аналітичних інструментів; оцінку економічної доцільності впровадження ІС у реконструктивні проекти на прикладі реальних кейсів; формування цифрових компетентностей фахівців і розроблення навчально-професійних стандартів для інженерів реконструкції у контексті цифрової трансформації будівельної галузі.

Використана література:

1. Молодід, О. О., Тонкачєв, Г. М., & Молодід, О. С. (2018). Методика впровадження у будівництво нових конструктивно-технологічних рішень з відновлення будівельних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 37, 163-171.

2. Молодід, О. О., Шарикіна Н. В. (2019). Технологічні чинники, які впливають на експлуатаційні показники відновлених залізобетонних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 41, 3-11.

3. Kulikov, P., Ryzhakova, G., Ryzhakov, D., Malykhina, O., & Honcharenko, T. (2020). Olap-tools for the formation of connected and diversified production and project management systems. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(5), 8670-8676.

4. Chernyshev, D., Ivakhnenko, I., Ryzhakova, G., & Predun, K. (2018). Implementation of principles of biospheric compatibility in the practice of ecological construction in Ukraine. *International Journal of Engineering & Technology, UAE: Science Publishing Corporation*, 10(3.2), 2.

5. Chernyshev, D., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Petrenko, H., Chupryna, I., & Reznik, N. (2022, March). Digital administration of the project based on the concept of smart construction. In *International Conference on Business and Technology* (pp. 1316-1331). Cham: Springer International Publishing.

6. Sukach, M. K., Ryzhakova, L. M., Chernyshev, D. O., & Ivakhnenko, I. S. (2020). Fundamentals of technology transfer: a textbook. 318.

7. Ryzhakova, G., Chernyshev, D., Druzhynin, M., Petrenko, H., Savchuk, T., & Honcharenko, T. (2020). Methodological Regulation of Business Processes Reengineering in the Modern Construction Development System. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(5), 5046-5053.

8. Bughin, J., & LaBerge, L. (2016, June). *Imagining construction's digital future*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>

9. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. *Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану* [Електронний ресурс]. ДП "НДІБВ". (2016). Діє з 1.04.2017 р. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/obstezhennja_budivel_i_sporud/5-1-0-1768

10. ДБН В.1.2-14:2018. *Система забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Загальні принципи* [Електронний ресурс]. Міністерство розвитку громад та територій України. (Наказ № 198 від 02.08.2018). Діє з 1 січня 2019 р. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_1_2_14/1-1-0-1826

11. ДСТУ-Н Б В.1.2-12:2009. *Система обстеження та паспортизації будівель і споруд* [Електронний ресурс]. (2009). URL: online.budstandart.com, dbn.co.ua

12. ДБН А.3.1-5:2016 *Організація будівельного виробництва*. [На заміну ДБН А.3.1-5:2009; чинний з 2016-08-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2016. 54 с.

References

1. Molodid, O. O., Tonkacheiev, H. M., & Molodid, O. S. (2018). *Metodyka vprovadzhennia u budivnytstvo novykh konstruktivno-tehnologichnykh rishen z vidnovlennia budivelnnykh konstrukttsii* [Methodology for the introduction of new structural and technological solutions for the restoration of building structures in construction]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 37, 163–171.

2. Molodid, O. O., & Sharykina, N. V. (2019). *Tekhnologichni chynnyky, yaki vplyvaiut na ekspluatatsiini pokaznyky vidnovlennykh zalizobetonnykh konstrukttsii* [Technological factors influencing the performance indicators of restored reinforced concrete structures]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 41, 3–11.

3. Kulikov, P., Ryzhakova, G., Ryzhakov, D., Malykhina, O., & Honcharenko, T. (2020). *Olap-tools for the formation of connected and diversified production and project management systems*. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(5), 8670–8676.

4. Chernyshev, D., Ivakhnenko, I., Ryzhakova, G., & Predun, K. (2018). *Implementation of principles of biospheric compatibility in the practice of ecological construction in Ukraine*. *International Journal of Engineering & Technology*, 10(3.2), 2.

5. Chernyshev, D., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Petrenko, H., Chupryna, I., & Reznik, N. (2022, March). *Digital administration of the project based on the concept of smart construction*. In *International Conference on*

Business and Technology (pp. 1316–1331). Cham: Springer International Publishing.

6. Sukach, M. K., Ryzhakova, L. M., Chernyshev, D. O., & Ivakhnenko, I. S. (2020). *Fundamentals of technology transfer: a textbook* (318 p.).

7. Ryzhakova, G., Chernyshev, D., Druzhynin, M., Petrenko, H., Savchuk, T., & Honcharenko, T. (2020). Methodological regulation of business processes reengineering in the modern construction development system. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(5), 5046–5053.

8. Bughin, J., & LaBerge, L. (2016, June). *Imagining construction's digital future*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/imagining-constructions-digital-future>

9. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2016). *Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu* [Guidelines for the inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition]. Derzhavne pidpriemstvo “NDI budivelnoho vyrobnytstva”. https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/obstezhennja_budivel_i_sporud/5-1-0-1768

10. DBN V.1.2-14:2018. (2018). *Systema zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. Zahalni pryntsypy* [General principles of the system for ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures]. Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_1_2_14/1-1-0-1826

11. DSTU-N B V.1.2-12:2009. (2009). *Systema obsteshennia ta pasportyzatsii budivel i sporud* [System for inspection and certification of buildings and structures]. Available at: <https://online.budstandart.com>

12. DBN A.3.1-5:2016. (2016). *Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva* [Organization of construction production]. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a_3_1_5_2016/1-1-0-1770

R. B. Stepaniuk

A systemic approach to the reconstruction of engineering structures using intelligent information systems and regulatory-technical frameworks

The article substantiates the relevance of implementing intelligent information systems (IIS) in the processes of engineering structure reconstruction as an important vector of digital transformation in the construction industry. Contemporary challenges — including the technical aging of critical infrastructure, a high degree of structural wear, and increasing requirements for reliability, resilience, and energy efficiency — necessitate the adoption of a comprehensive approach to managing reconstruction activities. The study demonstrates that reconstruction is impossible without the preliminary stages of technical monitoring, inspection,

and residual life assessment of structures, as prescribed by current regulatory documents: DSTU-N B V.1.2-18:2016, DBN V.1.2-14:2018, and DBN A.3.1-5:2016. These documents clearly define the necessity of integrating technical condition evaluation into the general reconstruction cycle.

The article proposes a systemic classification of engineering structures based on functional purpose, which serves as a foundation for further technological modeling of their reconstruction in accordance with the regulatory and legal framework. A synthesis of international experience and analytical forecasts (including McKinsey and ABC) demonstrates that without digitalization and large-scale workforce retraining, the construction sector will be unable to adequately respond to growing challenges. Therefore, the use of IIS in reconstruction processes is not seen as an optional innovation, but as an essential tool to ensure the reliability, safety, and technological compliance of engineering structures under modern conditions.

The implementation of IIS — particularly BIM/CIM modeling, automated control systems, machine learning algorithms, digital sensors, and common data environment (CDE) platforms — enables more efficient decision-making, improves the accuracy of reconstruction solutions, and reduces costs at all stages. IIS are actively applied during inspection, design, construction execution, and post-reconstruction monitoring, ensuring continuity of information flows, timely risk response, efficient logistics, and long-term operational performance of structures.

Keywords: *engineering structures, reconstruction, operational suitability, organizational and technological modeling, intelligent information systems, technical inspection, digital technologies, residual resource, monitoring, construction production, infrastructure recovery, automated design.*

Посилання на статтю

АРА: Stepaniuk, R. B. (2022). Systemnyi pidkhid do rekonstruktsii inzhenernykh sporud iz vykorystanniam intelektualnykh informatsiynykh system ta normatyvno-tekhnichnykh rehlementiv [A systemic approach to the reconstruction of engineering structures using intelligent information systems and regulatory-technical frameworks]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 49(2), 159-170.

ДСТУ: Степанюк Р. Б. Системний підхід до реконструкції інженерних споруд із використанням інтелектуальних інформаційних систем та нормативно-технічних регламентів [Текст] *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 49(2). С. 159 -170.