

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

# НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

науково-технічний журнал



№ 43/2023



Застосування нейромережевого формування архітектурних особливостей в цивільній інженерії с. 12

Післявоєнна відбудова Маріуполя за допомогою BIM-технологій на прикладі «Приазовського державного технічного університету» с. 54

Метод цілочислового нормування процесу підсилення залізобетонних рам каркасних будівель с. 60



Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 21943-11843ПР від 31.03.2016 р.

Внесено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі технічних наук зі спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування», 192 «Будівництво та цивільна інженерія» на підставі Наказу МОН України від 7.03.2020 р. № 409 та 051 «Економіка», 073 «Менеджмент» на підставі Наказу МОН України від 02.07.2020 р. № 886.

Науково-технічний журнал заснований у січні 2001 року.

Співзасновниками є: Академія будівництва України (АБУ), ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» (ДП «НДІБВ») та Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА).

Видається НДІБВ 2 рази на рік.

Для співробітників науково-дослідних та проектних інститутів, спеціалістів будівельних організацій, викладачів і студентів вищих навчальних закладів.

#### **Редакційна колегія:**

**Григоровський П. Є.**, головний редактор, д.т.н., проф.;  
**Молодід О. С.**, заступник головного редактора, к.т.н., доцент;  
**Барабаш М. С.**, д.т.н., с.н.с.;  
**Беленкова О. Ю.**, к.е.н., доцент;  
**Гончаренко Д. Ф.**, д.т.н., проф.;  
**Данченко Ю. М.**, к.т.н., проф.;  
**Менейлюк О. І.**, д.т.н., проф.;  
**Радкевич А. В.**, д.т.н., проф.;  
**Рижакова Г. М.**, д.е.н., проф.;  
**Стеценко С. П.**, д.е.н., проф.;  
**Тугай О. А.**, д.т.н., проф.;  
**Хижняк В. О.**, к.е.н., доцент.

#### **Зарубіжні члени редколегії:**

**Дзвігол Хенрік**, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;  
**Котовіч Януш**, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;  
**Кузьор Олександра**, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International (Республіка Польща).

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату  
за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

www.ntinbuilding.ndibv.org.ua; editor@ntinbuilding.ndibv.org.ua; тел. +38 (066) 642 61 92

Літературний редактор Н.В. Славогородська

Технічний редактор І.В. Азанова

Художнє оформлення А.С. Юдашкіна

Комп'ютерна верстка та графіка Н.С. Кузнєцова

Затвержено до друку Вченою радою інституту, протокол № 3 від 14.12.2023 р.

Редакція не несе відповідальність за достовірність наведеної в статтях інформації

Адреса редколегії журналу:

03110, Київ, МСП, пр. В. Лобановського, 51

УДК 728.1.012.185

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.1>**Деркач С.І.**

аспірант кафедри теорії, історії архітектури та синтезу мистецтв,

Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, м. Київ

ORCID ID: 0009-0006-4380-4924

## ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

***Анотація.** У статті розглядається новий підхід до модернізації житлової забудови, враховуючи досягнення цілей сталого розвитку і вирішення їх задач. Пропонується модернізація багатоквартирної житлової забудови не лише з точки зору енергоефективності. Адже задачами сталих міст і громад є інклюзивність та захист населення. Всі цілі сталого розвитку пов'язані між собою. Вирішення одних задач напряму пов'язано з вирішенням інших. Тому, коли мова йде про засади сталого розвитку треба враховувати всі взаємопов'язані цілі і вирішувати питання модернізації багатоквартирної житлової забудови з урахуванням потреб сьогоденних і майбутніх поколінь та захист навколишнього середовища. Підхід до регенерації житлової забудови різних країн надав підґрунтя для інноваційного погляду щодо модернізації житлового фонду України. Аналіз державних будівельних норм та змін в законодавстві підтверджує актуальність модернізації багатоквартирної житлової забудови України з точки зору енергоефективності та необхідності захисних споруд – укриттів для населення, як частина вирішення задач сталого розвитку та необхідність у захисті мешканців міст, та розвиток містобудування з позиції нових вимог. Нестабільна воєнно-політична, економічна та екологічна ситуація потребує розгляду модернізації житлової забудови з позиції урахування всіх задач сталого розвитку і розвиток сталих інклюзивних, захищених та привабливих міст, що підвищують і розвивають рівень економічного та соціального добробуту, та збереження первинних енергетичних ресурсів та захист довкілля в тому числі наземної флори і фауни. Ці задачі можливо вирішити при умові створення програм і проектів модернізації з урахуванням енергоефективності, як збереження довкілля за рахунок зменшення викидів вуглекислого газу; інклюзивності і захисту, як регенерація житлових будинків з урахуванням будівництва укриттів (захисних кімнат) та відновлення внутрішнього і зовнішнього вигляду будинку для підвищення ринкової вартості квадратних метрів та підвищення якості життя мешканців. Відновлення експлуатаційних характеристик житлового фонду України, строк яких закінчився, прямим чином впливає на економічний розвиток міст. Підвищення економічного і соціального добробуту населення є невід'ємною задачею сталого розвитку.*

***Ключові слова:** сталий розвиток, модернізація, багатоквартирні будинки, житлова забудова, регенерація.*

**Постановка проблеми.** Враховуючи збройний конфлікт на території України та досягнення цілей сталого розвитку до 2030 року [1] і реалізація їх задач, модернізація багатоповислої житлової забудови потребує інноваційного підходу до вирішення відновлення, регенерації та приведення житлових будинків до сучасних будівельних норм і вимог щодо енергоефективності. Інклюзивність та захист населення на сьогоднішній день є невід'ємною частиною сталого розвитку та ситуації в державі. На сьогоднішній день досягнення цілей сталого розвитку розглядається, як правило, з точки зору енергоефективності, як зменшення викидів вуглецю

і захист навколишнього середовища. Метою регенерації будинків у багатьох країнах світу є досягнення цілі покращення добробуту та економічного зростання, як підвищення ринкової вартості квартир шляхом відновлення і покращення експлуатаційних характеристик та зовнішнього і внутрішнього стану будівлі. Переважним чином без уваги залишається інклюзивність. А також безпека, коли мова йде про Україну. Дослідження змін до законодавчої бази України, змін в будівельних нормах, порядку денного сталого розвитку до 2030 року дало поштовх до розгляду модернізації багатоквартирних житлових будинків з інноваційної точки зору, що поєднує енерго-

ефективність, інклюзивність і захист та поліпшення якості житлових умов.

Житловий фонд країни є її надбанням. Країни з пострадянською спадщиною житлової забудови мають спадщину у вигляді, переважно, панельних будинків забудови 70–90-х років 20 століття. Україна не є винятком. Більша частина забудови припадає саме на масове будівництво в ці роки. Такі будинки та забудови років до 70-х вже не відповідають сучасним будівельним нормам та частково мають експлуатаційний знос та відносяться до аварійних чи старих (ветхих). Проблема полягає в тому, що така житлова забудова рідко підлягала плановим ремонтним роботам і не може відповідати навіть нормам експлуатації. Тому регенерація є невід'ємною частиною відновлення житлового фонду. Керуючись засадами сталого розвитку житлові будинки і міста мають бути безпечними і інклюзивними. Енергоефективність, як безпека навколишнього середовища, шляхом зменшення викидів вуглекислого газу. Створення якісних і більш сприятливих та безпечних умов проживання, як інклюзивність і захист населення. Якісний, з точки зору комфорту проживання та відповідності сучасним потребам, стандартам і будівельним нормам прямим чином пливають на економічне зростання, а від економічного добробуту країни залежить реалізація модернізаційних проектів з точки зору фінансової спроможності.

Відсутність комплексних програм модернізації багатоквартирних будинків, а також їх уніфікованість, що не відповідає індивідуальним потребам будинку, як програми енергоефективності, призводить до часткового відновлення будинку, та відповідно частковому досягненню сталих міст і громад, а також іншим суміжним цілям сталого розвитку.

Концепція інноваційного підходу на засадах сталого розвитку, як стала модернізація багатоквартирної житлової забудови, забезпечить не лише енергоефективність, як захист навколишнього середовища і заощадження на оплаті комунальних послуг, а й інклюзивні і безпечні будинки, привабливі до зручного і якісно вищого рівня проживання та забезпечення умов експлуатації відповідно до сучасного законодавства та державних будівельних норм. Відновлення житлової забудови на засадах сталого розвитку забезпечить відновлення і регенерацію житлових кварталів і мікрорайонів, що є невід'ємною частиною

міст, які потребують розвитку сталої урбанізації. Вирішення житлових умов мешканців будинку забезпечить частково вирішення задач сталого розвитку міст і громад, як урбанізація.

Існуючі програми з модернізації не покривають всі цілі сталих міст і громад. Плановий ремонт частин і інженерних вузлів будинків не покриває потреби будинку, прибудинкової території і кварталів та мікрорайонів в інклюзивності. Враховуючи, сучасну проблему збройної агресії, захист населення в тому числі інклюзивна доступність до захисних споруд має велике значення з точки зору необхідності та сталого розвитку.

Без створення індивідуальних сучасних програм і проектів до них для модернізації певних груп багатоквартирної житлової забудови не можливо досягти сучасних потреб, а тим більше цілей сталого розвитку і забезпечити потреби майбутніх поколінь. Великої уваги потребують не лише самі житлові будинки, а й масиви, які, як правило забудовані однотипними будівлями певних років забудови. Тому модернізацію багатопверхових будинків та створення програм і проектів для них доцільніше розглядати, як модернізацію кварталів і масивів, що складають масову житлову забудову.

**Аналіз останніх досліджень.** Всі останні дослідження розглядають питання регенерації як енергоефективність, чи відновлення будинку задля привабливого і якісного життя, з точки зору підвищення ринкової вартості квадратних метрів квартири. Дослідження соціальної забудови на замовлення Європейського Союзу на прикладі Франції, Бельгії та Італії показало велику необхідність у комплексному підході до модернізації житлової забудови в тому числі і з залученням співвласників до процесу. Необхідність такого залучення аргументується важливістю вивчення їх потреб та потреб районів, як розвиток міст і попередження деградації кварталів. Зазначається, що для комплексного підходу до регенерації міського середовища і модернізації житла залученість мешканців і вивчення місцевих умов життя сприяє будівництву та взаємовигідному підходу до розробки архітектурно-планувального рішення. Відмічається, що спільні підходи до розвитку громадського простору кварталів та регенерацію соціального житла, що орієнтовані на сталий розвиток, рідко зустрічаються [2]. Особлива

увага приділяється обговоренню енергоефективності та запобіганню деградації житлових кварталів зі старою житловою забудовою, яка не відповідає сучасним житловим потребам і має не лише непривабливий вигляд, а й відноситься до некомфортного внутрішнього середовища будинку і прилеглої території. Відповідно до засад сталого розвитку розглядають саме модернізацію житлових будинків з точки зору енергоефективності. Адже в пострадянських країнах залишилась велика спадщина енергоефективних панельних будинків забудови 50–90-х років 20-го століття. Тому саме панельним будинкам приділяється найбільша увага при обговоренні теми модернізації. Енергоефективність старої житлової забудови радянської спадщини особливо широко обговорюється дослідниками на прикладах пострадянських країн, в тому числі і країн Європейського Союзу адже панельна забудова складає значний відсоток енергоефективних будинків. Енергоефективні будинки потребують значних фінансових витрат на опалення та потребують значних витрат енергоресурсів, що в свою чергу впливає на кількість викидів вуглецю. Зазначається, що багато багатоквартирних будинків знаходяться в особливо поганому теплотехнічному стані і витрати енергії на опалення значні. Застаріла теплопостачальна інфраструктура та поганий теплотехнічний стан будинків викликає занепокоєння, як перешкода у збереженні довкілля, що є одним із завдань сталого розвитку. При цьому зазначаються перешкоди для модернізації, як юридичні так і технічні фактори. Без уваги не залишається соціальний і фінансовий аспект, що перешкоджає модернізації. Як правило це проявляється у неспроможності співвласників співфінансування модернізаційних процесів [3]. Аналіз можливостей до співфінансування енергоефективності власними коштами чи за рахунок кредиту доводить неготовність співвласників до модернізації житлових будинків. Як перешкоди відмічаються фінансові питання, проблеми з організацією та недостатньою з підтримкою з боку держави [4]. Модернізація енергоефективності розглядається з одного боку, як необхідність для зменшення витрат на опалення; з іншого боку, як державна ініціатива щодо досягнення цілей сталого розвитку у захисті навколишнього середовища, за рахунок зменшення викидів вуглекислого газу і зменшення споживання первинних енергоресурсів.

Але, як правило, обговорюються саме спірні питання щодо неготовності співвласників на співфінансування чи взагалі їх спроможності [5]. Висвітлюється думка щодо відсутності економічної вигоди – значні витрати співвласників на модернізацію не достатньо покриваються в майбутньому у вигляді заощаджень [6]. Обговорюються перешкоди не лише фінансові, а й технічні і соціальні бар'єри у контексті реконструкції будівель [7]. Проблему низьких темпів модернізації житлової забудови у частині енергоефективності пропонується вирішувати шляхом глибокої регенерації. В тому числі створення привабливих і комфортних архітектурно-планувальних рішень для запобігання деградації мікрорайонів зі старою житловою забудовою та відзначається незадовільний стан будинків [8]. Економічний розвиток міст, як комфортні житлові умови та здорожчання квадратних метрів розглядається також і в розрізі врахування сучасних вимог до житла і цілей сталого розвитку [9]. Пропонуються і шукають варіанти відновлення житлових будинків, як трансформація, шляхом модернізації житлового фонду [10]. Неспроможність співвласників щодо співфінансування та недостатня підтримка і фінансування модернізаційних проектів енергоефективності державою стосується також України [11]. Відмічаються проблеми і з організаційної точки зору, які викликають не лише погіршення житлових умов, а й викликають погіршення екологічного клімату будинку за рахунок руйнування матеріалів через недоробки чи зупинення проекту [12]. Проблематика модернізації житлової забудови розглядається на прикладах не лише пострадянських країн. Приклад Швеції також відмічає необхідність у регенерації і модернізації застарілого житлового фонду, а також проблеми з бажанням власників співфінансувати модернізацію [13]. Пропонується модель для кондомініумів (по відношенню до України це ОСББ) щодо регенерації і обслуговування будинків, а також обґрунтування оплати обслуговування співвласниками [14]. Розгляд модернізації саме на засадах сталого розвитку, як енергоефективність і інклюзивність розглядається доволі рідко. Але автори підкреслили необхідність розгляду питання в такому контексті [15, 16]. Європейський Союз взяв на себе зобов'язання щодо економії та зниження викидів вуглецю в атмосферу, зменшення використання первинних енерго-

ресурсів та розумне і стійке інклюзивне зростання. Тому розглядається питання суперечливості і підтримки сталого відродження міст. Звертається увага на ключові показники в цьому контексті. В скандинавських країнах також є потреба в модернізації житлового фонду. Зазначається, що модернізація має покладатися на стійкість економічну і соціальну та екологічність. При дослідженні дискусій щодо модернізації залишається питання інклюзивності, як ключовий аспект у досягненні сталості міст. Стосовно України – невідзначеним питанням є безпека населення при розробці модернізаційних проектів.

**Мета роботи.** Мета роботи полягає в аргументованому наданні інноваційної концепції щодо сталої модернізації багатоквартирної житлової забудови. Концепція полягає в тому, що необхідно розробити інноваційні програми сталої модернізації житлової забудови з урахуванням засад сталого розвитку. При розробці програм і проектів до них необхідно вирішити задачі сталих міст і громад та досягти інших суміжних цілей сталого розвитку в контексті сталої модернізації багатоповислової житлової забудови, а також розробити архітектурно-планувальні рішення, відповідно до сучасних будівельних норм, і інженерно-технічні заходи щодо цивільного захисту. Поділ будинків на групи має велике значення для створення індивідуальних проектів для певної житлової забудови, що відповідає схожим архітектурно-планувальним рішенням, але є універсальними для аналогічної забудови на території України та інших країн з однотипною забудовою. Надбання пострадянської масової житлової забудови необхідно регенерувати до умов придатних для експлуатації та модернізувати відповідно до засад сталого розвитку, а також врахувати сучасні потреби, щодо захисту населення відповідно до нових змін в законодавстві і державних будівельних нормах України відносно інженерно-технічних заходів цивільного захисту. Інноваційний підхід до модернізації багатоквартирної житлової забудови є необхідним не лише з точки зору захисту населення через збройну агресію, що не має гарантій повторення у майбутньому, а також задля досягнення цілей розвитку сталої урбанізації та інших суміжних цілей сталого розвитку. Інклюзивність, яка є невід'ємною частиною сталих міст і громад, є частиною досягнення цілей захисту населення. Енергоефективність будинків є необ-

хідною умовою для досягнення цілі відповідального споживання енергоресурсів та захисту навколишнього середовища. Мова йде не тільки про сучасні потреби, а й про орієнтир на безпечне і здорове суспільство та навколишнє середовище у майбутньому. Без комплексного і інноваційного підходу до модернізації житлової забудови неможливо досягти не лише цілей сталого розвитку урбанізації, а також інших суміжних цілей і вирішення задач сталого розвитку. Безпека населення на сьогоднішній день є невід'ємною частиною планування міст. Тому захисні споруди, чи як пропонується кімнати чи приміщення при модернізації багатоповислової житлової забудови є необхідною умовою не лише з точки зору досягнення цілей сталого розвитку, як безпека населення, а й необхідність відповідно до чинного законодавства та змін в будівельних нормах. Архітектурно-планувальне рішення, при модернізації житлової забудови, має орієнтуватися на засади сталого розвитку та сучасні потреби в захисті і відповідних житлових умовах.

**Результати досліджень.** Методом аналізу останніх публікацій виявлено бачення, аспекти, перспективи та спірні і проблемні питання в модернізації житлової забудови. Орієнтир на законодавчу і нормативну базу України надає аналіз необхідності певних процесів. Анонімне опитування представників Об'єднання співвласників багатоквартирних будинків та співвласників визначило проблематику щодо модернізації житлової забудови. Опитування визначає основну проблему в неспроможності співфінансування модернізаційних проектів, що підтверджується досвідом інших країн. Кількісний та якісний аналіз статистичних даних та обговорень надав можливість визначення основних потреб житлової забудови.

Потреби в модернізації житлової забудови виявлені не лише в пострадянських країнах зі схожим спадком старої масової панельної забудови, а й в інших країнах. Старий, енергоефективний та невідповідний сучасним потребам і будівельним стандартам житловий фонд, що потребує відновлення є проблемою всіх країн світу. Країни Європейського Союзу не є виключенням.

Сталий розвиток міст і громад та досягнення інших цілей сталого розвитку, вирішення задач яких є невід'ємною основою для досягнення економічного і соціального роз-

витку міст. Модернізація багатоквартирних житлових будинків є частиною сталого розвитку міст. Вирішення питання лише енергоефективності є недостатнім для досягнення цілей сталої урбанізації. Враховуючи зміни в законодавстві України, щодо інженерно-технічних заходів цивільного захисту та змін в державних будівельних нормах, треба звертати увагу при модернізації житлової забудови не лише на енергоефективність, а також на захист населення. Станом на сьогодні це пріоритет не лише з точки зору соціального захисту, а й законодавчої бази і норм [17, 18]. Інклюзивність також є невід'ємним завданням сталого розвитку міст.

Світова практика регенерації житлового фонду говорить про два шляхи відновлення: реновація чи нова забудова на місці демонтованого старого будинку. В більшості випадків перевага віддається саме реновації. Модернізації старої забудови, в тому числі панельній, приділяється велика увага. Наприклад Сінгапур відновив житлову забудову з нетрів до сучасних будинків переважним чином за рахунок модернізації [19].

Анонсовано «Безбар'єрне відновлення» через переважну відсутність неадаптованого фізичного оточення для потреб людей в тому числі з обмеженими фізичними можливостями [20]. Також зазначається притягнення до відповідальності при порушенні норм під час регенерації і будівництві нової забудови. Законодавство України також регулює комплексну модернізацію старої житлової забудови [21].

Досвід Ізраїлю демонструє особливий підхід до захисту населення при відновленні житлового фонду. Загальнонаціональний проект ТАМА 38 передбачає регенерацію житлових будинків для підвищення якості і забезпечення безпеки квартир [22, 23]. Обов'язком забудовника при регенерації житлового будинку є будівництво мамад – захисних кімнат.

Враховуючи заміни в законодавстві України, зміни сучасних будівельних норм та засади сталого розвитку, необхідна інноваційна концепція до програм і проектів модернізації багатоквартирних житлових будинків. Адже на сьогоднішній день в Україні існують програми лише щодо енергоефективності. Велике значення для реалізації концепції має залученість держави та інших зацікавлених сторін, в тому числі забудовників. Як показує іноземний досвід, в тому числі Ізраїлю, дер-

жава виступає ініціатором заохочення забудовників до участі і реалізації проектів модернізації.

Переважаю у всіх країнах з пострадянською спадщиною житлової забудови, основне масове будівництво припадало на період від 70-х до початку 90-х років ХХ століття. Україна не є виключенням. Відповідно до останніх статистичних даних України на цей період припадає більша половина всього житлового фонду України [24]. Кількість забудови у відсотковому значенні зображено на рисунку 1.

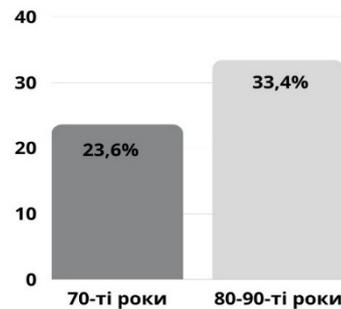


Рис. 1. Житловий фонд України 70-90-х років ХХ століття

Саме такі будинки мають архітектурно-планувальну схожість, що дає можливість створення уніфікованого проекту, але з врахуванням індивідуальних особливостей при розробці модернізаційних проектів і архітектурно-планувальних рішень. Переважна частина таких будинків не має закінченого експлуатаційного строку, але не відповідає сучасним потребам і нормам енергоефективності та якості житлових умов. Тому з точки зору сталого розвитку і законодавства України, відповідно до захисту населення, інноваційна концепція включає програму і її проекти з урахуванням енергоефективності, інклюзивності та безпеки. Концепція зображена на рисунку 2.



Рис. 2. Інноваційна концепція модернізації житлової забудови

Основними напрямками є:

- архітектурно-планувальне рішення щодо інклюзивності і створення сучасних привабливих внутрішніх і зовнішніх житлових умов;

- інженерно-технічні заходи щодо індивідуального захисту – створення захисних кімнат на прикладі Ізраїлю;

- будівельні роботи щодо відновлення технічного стану будівлі відповідно до сучасних державних будівельних норм;

- ремонтні роботи для відновлення технічних характеристик: заміна і ремонт зношених інженерних комунікацій і частин будинку;

- роботи, спрямовані на енергоефективність.

Виконання всіх запропонованих робіт є запорукою модернізації багатоквартирної житлової забудови на засадах сталого розвитку та з урахуванням потреб, відповідно до законодавства і військово-політичної ситуації в Україні.

**Висновки.** Внесення змін в законодавство та державні будівельні норми сприятиме реалізації модернізації багатоповерхової житлової забудови. Необхідність реновації житлового фонду України є очевидною. Велика кількість будинків потребує реновації – майже весь житловий фонд України. Це будинки, що не відповідають сучасним нормам будівництва та потребують ремонту, в силу закінченого строку експлуатації чи планових ремонтних робіт частин та інженерних елементів будинку. Частина цих житлових споруд є старими (ветхими) чи аварійними. Без проведення ремонтних робіт та модернізації шляхом архітектурного планування щодо інклюзивності і захисту та інженерного рішення щодо енергоефективності, досягнути цілей сталого розвитку урбанізації неможливо. Основна частина житлової забудови відноситься до 70–90-х років 20 століття і це більше половини від всього житлового фонду України. Саме ці будинки є типовими панельними проектами радянських часів, які в своїй більшості ще не мають закінченого експлуатаційного строку і тому потребують найбільшої уваги з точки зору сталої модерні-

зації. Саме до такої однотипної масової забудови слід розробити універсальні програми, але врахувати індивідуальні потреби будинків. Таким чином проекти будуть уніфіковані для певної категорії житлової забудови, що має схожі архітектурно-планувальні рішення, але з урахуванням індивідуальних особливостей будинку, з точки зору інженерного і будівельного рішення. Забудову до 70-х років слід розглядати окремо, як будинки, які вже мають закінчений строк експлуатації та переважним чином складають п'яти поверхову забудову без ліфту, та мають концептуально інше архітектурно-планувальне рішення. Підхід до таких будинків має бути іншим та включати варіант демонтажу і нової забудови у випадку відсутності можливості розробки проекту регенерації з урахуванням будівельних норм та сталого розвитку.

Комплексний підхід до сталої модернізації багатоповерхової житлової забудови дозволить не лише відновити зношений технічний стан будинків, а й дозволить покращити стан кварталів та масивів з застарілою житловою забудовою, що забезпечить розвиток сталих міст. Сталі міста і громади, як частина сталого розвитку, потребують інноваційної концепції, щодо архітектурно-планувальних рішень та модернізації технічно-інженерних елементів житлової забудови. У розрізі містобудування на засадах сталого розвитку, необхідно приділити увагу інклюзивному і безпечному розвитку прибудинкової території, житлових кварталів і масивів. Стала модернізація дозволить не лише забезпечити відповідні житлові умови, а й покращити благоустрій міст та забезпечити його розвиток. Інноваційний і сталий підхід до модернізації багатоквартирної житлової забудови забезпечить сталий розвиток міст і громад, підвищить економічний розвиток і урбанізаційний розвиток. Аналіз регенерації житлової забудови показав односторонній модернізаційний підхід лише як енергоефективність. Комплексний підхід до модернізації житлової забудови є запорукою досягнення цілей сталого розвитку та забезпечення сьогоденних потреб у безпеці.

### Література

1. General Assembly (2015). *Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (No.70/1). UNFPA. [https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/Resolution\\_A\\_RES\\_70\\_1\\_EN.pdf](https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/Resolution_A_RES_70_1_EN.pdf) (дата звернення 04.10.2023).
2. Aernouts, N., Maranghi, E. & Ryckewaert, M. (Eds.) (2020). *The regeneration of large-scale Social Housing estates. Spatial, territorial, institutional and planning dimensions*. Brussels: Soholab, 191 p. [https://jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2017/06/soholab\\_report1.pdf](https://jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2017/06/soholab_report1.pdf) (дата звернення 04.10.2023).

3. Stankevičius, V., Karbauskaitė, J., Burlingis, A., Šadauskienė, J., Morkvėnas, R. Expanding the possibilities of building modernization: case study of Lithuania. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2018. № 20(6), 819-828. <http://doi.org/10.3846/13923730.2014.929599>
4. Streimikiene, D., Balezentis, T. Willingness to Pay for Renovation of Multi-Flat Buildings and to Share the Costs of Renovation. *Energies*. 2020. № 13(11), 2721. <https://doi.org/10.3390/en13112721>
5. Napiórkowska-Baryła, A., Witkowska-Dąbrowska, M., Świdnyńska, N. Financing of Activities Increasing the Energy Efficiency of Residential Buildings in Poland. *European Research Studies Journal*. 2014. №25(1), С. 690-712.
6. Groh, A., Kuhlwein, H., Bienert, S. Does Retrofitting Pay Off? An Analysis of German Multifamily Building Data. *Journal of Sustainable Real Estate*. 2014. № 12(1), С. 95-112. <https://doi.org/10.1080/19498276.2022.2135188>
7. D'Oca, S., Ferrante, A., & Op't Veld, P. Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects. *Buildings*. 2018. № 8(12), С. 174. <https://doi.org/10.3390/buildings8120174>
8. Sendi, R., Kerbler, B. The Evolution of Multifamily Housing: Post-Second World War Large Housing Estates versus Post-Socialist Multifamily Housing Types in Slovenia. *Sustainability*. 2021. № 13(18), 10363. <https://doi.org/10.3390/su131810363>
9. Piekarski, M., Bajda, Ł., Gotkowska, E. Transformation of Socialist Realistic Residential Architecture into a Contemporary Sustainable Housing Habitat—General Approach and the Case Study. *Sustainability*. 2021. № 13(23), 13486. <http://doi.org/10.3390/su132313486>
10. Murzabayeva, K., Lapshina, E., Tuyakayeva, A. Modernization of the Living Environment Space Using the Example of an Urban Array of Residential Buildings from the Soviet Period in Almaty. *Buildings*. 2022. № 12(17), 1042. <http://doi.org/10.3390/buildings12071042>
11. Kiris, S. Implementation of energy efficient principles in management of an apartment building in Ukraine. *Three Seas Economic Journal*. 2021. № 2(3), С. 6-21. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-3-3>
12. Соколенко В.М., Голоднов О.І., Соколенко К.В., Філагьєв М.В. Умови та фактори негативних наслідків реконструкції – теплової модернізації міських будівель. *Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво*. 2020. № 1(54), С. 87-92. <http://doi.org/10.26906/znp.2020.54.2278>
13. Mjörnell, K., Femenías, P., Annadotter, K. Renovation Strategies for Multi-Residential Buildings from the Record Years in Sweden—Profit-Driven or Socioeconomically Responsible? *Sustainability*. 2019. № 11(24), 6988; <https://doi.org/10.3390/su11246988>
14. Bucóń, R., Czarnigowska, A. A model to support long-term building maintenance planning for multifamily housing. *Journal of Building Engineering*. 2021. №44, 103000. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103000>
15. Cronhjort, Y., le Roux, S. Sustainability indicators for building modernization and urban regeneration. Conference: SB13 Oulu Sustainable Procurement in Urban Regeneration and Renovation. Northern Europe and North-West Russia May 21–25, 2013, Volume: Conference proceedings, Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, № 22, pp. 531-538. [http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC26684.pdf](http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26684.pdf)
16. Cronhjort, Y., le Roux, S. Sustainability Indicators for Building Modernization and Urban Renewal. Conference: World Sustainable Building 2014 Barcelona Volume: World Sustainable Building 2014 Barcelona Conference - Conference Proceedings. 2014. № 3. [http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC28236.pdf](http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC28236.pdf)
17. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій (Закон України). № 2486-IX від 29 липня 2022 р. Вилучено з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2486-20#Text> (дата звернення 04.10.2023).
18. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту. Будстандарт. Сервіс документів онлайн. Вилучено з [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=104666](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=104666) (дата звернення 04.10.2023).
19. Urban Redevelopment Authority. A Singapore Government Agency Website. Вилучено з <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Resources/Ideas-and-Trends/Redevelopment-Conservation-Zero-Sum-Game> (дата звернення 04.10.2023).
20. Безбар'єрне відновлення. Міністерство інфраструктури України. Вилучено з [https://mtu.gov.ua/files/%D0%9C%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B8%2012.02.2023%20\(2\).pdf](https://mtu.gov.ua/files/%D0%9C%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B8%2012.02.2023%20(2).pdf) (дата звернення 04.10.2023).
21. Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду (Закон України), № 525-V від 22 грудня 2006 року. Верховна рада України. Законодавство України. Вилучено з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/525-16#Text> (дата звернення 04.10.2023).
22. Інформація про планування (מיתכנח). Вилучено з <https://mavat.iplan.gov.il/SV1> (дата звернення 05.10.2023).
23. Управління плануванням. Вилучено з <https://www.gov.il/he/departments/iplan/govil-landing-page> (дата звернення 05.10.2023).
24. Statistics Ukraine. Statistical publication. Вилучено з [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2021/zb/07/zb\\_cdhhd\\_21.pdf](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/zb_cdhhd_21.pdf) (дата звернення 05.10.2023).

### References

1. General Assemble (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (No.70/1). UNFPA. Retrieved November 04, 2023, from [https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/Resolution\\_A\\_RES\\_70\\_1\\_EN.pdf](https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/Resolution_A_RES_70_1_EN.pdf)
2. Aernouts, N., Maranghi, E. & Ryckewaert, M. (Eds.) (2020). *The regeneration of large-scale Social Housing estates. Spatial, territorial, institutional and planning dimensions*, Brussels: Soholab, 191 p. Retrieved November 04, 2023, from [https://jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2017/06/soholab\\_report1.pdf](https://jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2017/06/soholab_report1.pdf)
3. Stankevičius, V., Karbauskaitė, J., Burlingis, A., Šadauskienė, J., Morkvėnas, R. (2014). Expanding the possibilities of building modernization: case study of Lithuania. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(6), 819-828. <http://doi.org/10.3846/13923730.2014.929599>

4. Streimikiene, D., Balezentis, T. (2020). Willingness to Pay for Renovation of Multi-Flat Buildings and to Share the Costs of Renovation. *Energies*, 13(11), 2721. <https://doi.org/10.3390/en13112721>
5. Napiórkowska-Baryła, A., Witkowska-Dąbrowska, M., Świduńska, N. (2022). Financing of Activities Increasing the Energy Efficiency of Residential Buildings in Poland. *European Research Studies Journal*, 25(1), 690-712.
6. Groh, A., Kuhlwein, H., Bienert, S. (2022). Does Retrofitting Pay Off? An Analysis of German Multifamily Building Data. *Journal of Sustainable Real Estate*, 12(1), 95-112. <https://doi.org/10.1080/19498276.2022.2135188>
7. D'Oca, S., Ferrante, A., & Op't Veld, P. (2018). Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects. *Buildings*, 8(12), 174. <https://doi.org/10.3390/buildings8120174>
8. Sendi, R., Kerbler, B. (2021). The Evolution of Multifamily Housing: Post-Second World War Large Housing Estates versus Post-Socialist Multifamily Housing Types in Slovenia. *Sustainability*, 13(18), 10363. <https://doi.org/10.3390/su131810363>
9. Piekarski, M., Bajda, Ł., Gotkowska, E. (2021). Transformation of Socialist Realistic Residential Architecture into a Contemporary Sustainable Housing Habitat—General Approach and the Case Study. *Sustainability*, 13(23), 13486. <http://doi.org/10.3390/su132313486>
10. Murzabayeva, K., Lapshina, E., Tuyakayeva, A. (2022). Modernization of the Living Environment Space Using the Example of an Urban Array of Residential Buildings from the Soviet Period in Almaty. *Buildings*, 12(17), 1042. <http://doi.org/10.3390/buildings12071042>
11. Kiris, S. (2021). Implementation of energy efficient principles in management of an apartment building in Ukraine. *Three Seas Economic Journal*, 2(3), 6-21. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-3-3>
12. Sokolenko, V.M., Golodnov, O.I., Sokolenko, K.V., Filat'iev, M.V. (2020). The conditions and factors of negative consequences of reconstruction - thermal modernization of buildings, *Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering*. 1(56), 87-99, <http://doi.org/10.26906/znp.2020.54.2278>
13. Mjörnell, K., Femenías, P., Annadotter, K. (2019). Renovation Strategies for Multi-Residential Buildings from the Record Years in Sweden—Profit-Driven or Socioeconomically Responsible? *Sustainability* 11(24), 6988; <https://doi.org/10.3390/su11246988>
14. Bucoń, R., Czarnigowska, A. (2021). A model to support long-term building maintenance planning for multifamily housing. *Journal of Building Engineering*, Vol. 44, 103000. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103000>
15. Cronhjort, Y., le Roux, S. (2013). Sustainability indicators for building modernization and urban regeneration. Conference: SB13 Oulu Sustainable Procurement in Urban Regeneration and Renovation. Northern Europe and North-West Russia May 21–25, 2013, Volume: Conference proceedings, Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, 22, pp. 531-538. [http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC26684.pdf](http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC26684.pdf)
16. Cronhjort, Y., le Roux, S. (2014). Sustainability Indicators for Building Modernization and Urban Renewal. Conference: World Sustainable Building 2014 Barcelona Volume: World Sustainable Building 2014 Barcelona Conference - Conference Proceedings - Volume 3. [http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB\\_DC28236.pdf](http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB_DC28236.pdf)
17. Pro vnesennia zmin do deiakyh zakonodavchyh aktiv Ukrainy schodo zabezpechennia vymog cyvilnogo zahystu pid chas planuvania ta zabudovy terytoriy (Law of Ukraine) № 2486-IX, 29.07.2022 Retrieved November 04, 2023, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2486-20#Text>
18. DBN B.2.2-5:2023 Zahysni sporudy cyvilnogo zahystu. Budstandart. Retrieved November 04, 2023, from [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=104666](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=104666)
19. Urban Redevelopment Authority. A Singapore Government Agency Website. Retrieved November 04, 2023, from <https://www.ur.gov.sg/Corporate/Resources/Ideas-and-Trends/Redevelopment-Conservation-Zero-Sum-Game>
20. Bezbar'ierne vidnovlennia. Ministerstvo infrastruktury Ukrainy. Retrieved November 04, 2023, from [https://mtu.gov.ua/files/%D0%9C%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B8%2012.02.2023%20\(2\).pdf](https://mtu.gov.ua/files/%D0%9C%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%BD%D1%84%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B8%2012.02.2023%20(2).pdf)
21. Pro kompleksnu rekonstrukciu kvartaliv (mikroraioniv) zastarilogo zhytlovogo fondu (Law of Ukraine), № 525-V, 22.12.2006. Verhovna Rada Ukrainy. Zakonodavstvo Ukrainy. Retrieved November 04, 2023, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/525-16#Text>
22. Planning information (יניונח עדימ). Retrieved November 05, 2023, from <https://mavat.ipan.gov.il/SV1>
23. Planning Administration. Retrieved November 05, 2023, from <https://www.gov.il/he/departments/ipan/govil-landing-page>
24. Statistics Ukraine. Statistical publication. R Retrieved November 05, 2023, from [https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2021/zb/07/zb\\_cdhd\\_21.pdf](https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/zb_cdhd_21.pdf)

## INNOVATIVE APPROACH TO MODERNIZATION OF RESIDENTIAL BUILDING ON THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**Abstract.** *The article considers a new approach to the modernization of residential buildings, taking into account the achievement of the goals of sustainable development and solving their problems. Modernization of multi-apartment residential buildings is proposed not only from the point of view of energy efficiency. After all, the tasks of sustainable cities and communities are inclusiveness and protection of the population. All the goals of sustainable development are interconnected. The solution of some problems is directly related to the solution of others. Therefore, when it comes to the principles of sustainable development, it is necessary to take into account all interrelated goals and solve the issue of modernization of multi-apartment residential buildings taking into account the needs of today's*

*and future generations and environmental protection. The approach to the regeneration of residential buildings in different countries provided the basis for an innovative approach to the modernization of the housing stock of Ukraine. The analysis of state building regulations and changes in legislation confirms the relevance of modernization of multi-apartment residential buildings in Ukraine from the point of view of energy efficiency and the need for protective structures, as part of solving the problems of sustainable development and the need to protect city residents, and the development of urban planning from the standpoint of new requirements. The unstable military-political, economic and environmental situation requires consideration of the modernization of residential construction from the standpoint of taking into account all the tasks of sustainable development and the development of sustainable inclusive, protected and attractive cities that increase and develop the level of economic and social well-being, and the preservation of primary energy resources and environmental protection in including terrestrial flora and fauna. These problems can be solved under the condition of creating modernization programs and projects taking into account energy efficiency, as well as preserving the environment by reducing carbon dioxide emissions; inclusiveness and protection, such as the regeneration of residential buildings taking into account the construction of protective structures (protective rooms) and the restoration of the interior and exterior of the building to increase the market value of square meters and improve the quality of life of residents. Restoration of the operational characteristics of the housing stock of Ukraine, the term of which has expired, directly affects the economic development of cities. Increasing the economic and social well-being of the population is an integral task of sustainable development.*

**Key words:** *sustainable development, modernization, multi-apartment buildings, residential development, regeneration.*

**Derkach S.I.**

Postgraduate Student at the Department of Theory, History of Architecture and Synthesis of Arts, National Academy of Fine Arts and Architecture, Kyiv

**Доненко В.І.**

д.т.н., професор кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування,  
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ

**Кулік М.В.**

к.т.н., доцент кафедри будівельного виробництва та управління проектами,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

**Бобраков А.А.**

к.т.н., доцент кафедри будівельного виробництва та управління проектами,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

**Іваненко Д.С.**

аспірант кафедри будівельного виробництва та управління проектами,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

## **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ В ЦИВІЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ**

***Анотація.** Дослідження спрямоване на використання нейронних мереж для створення нових архітектурних прийомів у цивільному будівництві. Ми прагнемо стимулювати їх розвиток, ґрунтуючись на нейронних мережах та штучному інтелекті, з метою поліпшення якості та ефективності будівельних проектів. Використання нейронних мереж дозволяє фахівцям-проектувальникам створювати інноваційні архітектурні концепції, оптимізувати використання людських ресурсів та впроваджувати архітектурні прийоми, зробивши будівництво стійким, підійшовши до нього з точки зору креативності.*

*Можливості використання нейронних мереж у сучасному будівництві та архітектурному дизайні надають потужний інструмент для покращення продуктивності. Однією з перспектив є можливість створення нових архітектурних стилів та дизайну будівель, використовуючи нейронні мережі. Сьогодні ми вже спостерігаємо використання нейромереж для аналізу та розпізнавання різних архітектурних елементів на основі зображень. Це дозволяє створювати нові дизайнерські концепції та архітектурні рішення, враховуючи кращі риси різних стилів. Інженери, архітектори та дизайнери можуть користуватися цими аналітичними інструментами для покращення своїх проектів, забезпечуючи правильні пропорції будівельних елементів, використання орнаментів та оптимальне розташування просторів.*

*Використання нейронних мереж в процесі оптимізації проектування значно підвищує продуктивність та точність цього процесу. Завдяки цьому можна зменшити витрати на виконання завдань та уникнути необхідності залучення додаткових дизайнерських послуг.*

*Завдяки подальшому навчанню нейронних мереж на наборі даних архітектурних зображень з'являється можливість генерувати нові проекти, котрі включають в себе формальні характеристики стилів. Прикладом є перенесення декоративних деталей готичної будівлі на модерністський дизайн, тобто створення гібридного стилю, котрий поєднує характеристики обох. Автори зазначають, що успішне застосування нейронних мереж залежить від правильно введеної інформаційної складової (prompts), високоякісних даних, розробки підходів до алгоритмів введення цієї інформації для виводу потрібних моделей зображень та результатів загалом.*

***Ключові слова:** цивільна інженерія, нейронні мережі в будівництві, архітектурні особливості, нейромережеве формування.*

**Постановка проблеми.** У сфері будівництва існує нагальна потреба дослідити та оцінити потенційні можливості застосування нейронних мереж для розповсюдження їх застосування у майбутньому [1]. Нинішнім методам часто бракує витонченості та адаптивності, необхідних для задоволення мінливих вимог сучасних міських ландшафтів та сталої інфраструктури, що знижує ефект від реалізації проєктів та часто не звертає увагу на естетичну складову.

Традиційні практики цивільного будівництва покладаються на ручні процеси проектування і не можуть повною мірою використовувати нейронні мережі на практиці. Тому існує нагальна потреба в усуненні цих обмежень та застосуванні нейронних мереж для покращення архітектурних особливостей будівель.

**Аналіз останніх досліджень.** Концепція «грамотності в галузі штучного інтелекту» [2], яка визначає розуміння основних методів і принципів ШІ, має особливу актуальність у будівельній галузі. З огляду на зростаючу роль штучного інтелекту в оптимізації процесу проектування, управлінні проєктами та обслуговуванні інфраструктури, фахівці в галузі будівництва повинні оволодіти цією методологією, щоб використовувати потенціал штучного інтелекту для реалізації інноваційних, ефективних і економічно вигідних будівельних проєктів.

Перевага дифузійної моделі полягає в її здатності асимілювати попередні знання, отримані з величезних наборів даних, що містять парні зображення і текстові описи [3]. Використовуючи великий обсяг інформації, закодованої в зображеннях і текстових даних, дифузійна модель не тільки покращує розуміння архітектурних елементів, але й прокладає шлях до інновацій у проектуванні стійких, адаптивних і естетично привабливих структур. Ця синергія між інсайтами на основі даних і творчим архітектурним баченням обіцяє переосмислити ландшафт сучасного будівельного дизайну, відкриваючи еру передових, екологічно свідомих і візуально вражаючих архітектурних елементів.

Наукова робота [4] відрізняється від поширених практик автоматизації проектування, які часто зосереджуються на окремих аспектах проектування, оскільки вперше пропонує комплексний наскрізний підхід до генерації дизайну. Завдяки впровадженню моделі дифузії тексту в зображення, вона руйнує тра-

диційний устрій в процесі проектування, підвищуючи його ефективність та заповнюючи порожнечу креативності, яка перешкоджала традиційним методам.

У проведеному дослідженні [5] вітчизняні науковці прийшли до висновку, що штучні нейронні мережі успішно використовуються для вирішення складних завдань у будівництві та управлінні ним. Ці мережі дозволяють прогнозувати, оцінювати, приймати рішення, оптимізувати процеси та систематизувати інформацію в нелінійних умовах. Отримані результати можуть служити основою для подальшого використання нейромереж у будівництві і сприяти покращенню управління та вирішенню складних завдань галузі.

**Формулювання цілей статті.** Запропонувати новаторський підхід до розробки зовнішнього вигляду будівельних проєктів, базуючись на текстових описах, який спрямований на дослідження можливостей використання нейронних мереж для генерації дизайну цивільних будівель. Метою даної роботи є підвищення ефективності проектування завдяки інтеграції технологій нейронних мереж у будівельні організації.

**Виклад основного матеріалу.** Використання штучного інтелекту в будівництві революціонує цю галузь. Партнерство між інженерами та фахівцями з інформатики відкриває безліч можливостей для покращення продуктивності та зниження витрат на будівельні проєкти. Штучний інтелект допомагає виявляти ефективніші шляхи використання ресурсів, спростовує складні завдання та допомагає раціонально розподілити робочу силу. У результаті цього співробітництва галузь стає більш продуктивною та конкурентоспроможною. Застосування штучного інтелекту в будівництві змінює парадигму галузі та сприяє її ефективному розвитку [6].

Для реалізації поставленої мети наукової роботи необхідно проаналізувати нові підходи до контекстної складової на основі нейронних мереж. Пропонується виконати дослідження шляхом створення фотокарточок у архітектурних напрямках на базі найбільш придатного для цього інструментарію MidJourney. Результати трансформаційного вираження архітектурних рис: функціонального та хайтек стилів двох рухів авангарду, модернізму, а також аналізу творчих процесів.

Почати треба з визначення відмінних рис зазначених архітектурних стилів.

Так, для напрямку авангарду відмінністю є максимально технологічне та ергономічне штучне місце існування людини, в свою чергу, для функціонального стилю проголошено функцію єдиним безперечним джерелом формоутворення. Спостерігається відмова від декору через його утилітарну недоцільність, заперечення звичних з часів Ренесансу композиційних принципів.

Велике значення для функціоналізму є дані сучасної науки, що дозволяють конструювати максимально технологічне та ергономічне штучне місце існування людини. Архітектура прирівнюється до промислового дизайну.

Для інформаційної складової за даним стилем у MidJourney будуть використовуватись наступні текстові, смислові тригери:

- прості геометричні форми (simple geometric shapes);
- паралелепіпед (parallelepiped);
- циліндр (cylinder);
- напівциліндр (half cylinder);
- гладка поверхня фасаду без будь-якого декору, зі стрічковим або суцільним склінням (smooth surface of the facade without any decor, with strip or continuous glazing);
- плоска експлуатована покрівля (flat operated roof);
- будівля піднята над землею на спеціальних конструкціях (the building is raised above the ground on special structures);
- пандуси замість сходів (ramps instead of stairs);
- скупість обробки (stinginess of processing).

Такий підхід спрямований на вдосконалення та усунення недоліків наявних аналітичних інструментів для розміщення складних систем з точки зору залучених команд, складних вимог, інтегрованих технологічних інтерфейсів та великого обсягу інформації, яку необхідно координувати і ефективно інтегрувати між відповідальними сторонами [7].

Нейромережі здатні аналізувати та інтегрувати велику кількість архітектурних даних, допомагаючи розробникам створювати складні стилі. Вони можуть враховувати вимоги замовників та забезпечувати оптимальну координацію між стейкхолдерами, що дозволяє створювати архітектурні рішення, які відповідають сучасним вимогам та інтегрованим технологічним інтерфейсам.

З метою оптимізацію вихідних зображень та досягнення найкращих результатів гене-

рації необхідна невелика кількість доопрацювання тексту та прискіплива увага до деталей. Цей раціональний підхід значно зменшує обсяг навчальних даних і тривалість процесу навчання.

Після налаштування та генерації з'являється можливість для архітекторів без особливих зусиль генерувати комплексні набори архітектурних проєктних пропозицій у великій кількості.

Фахівці можуть просіювати ці різноманітні варіанти дизайну, тим самим підвищуючи не лише ефективність процесу проектування, але й сприяючи створенню середовища появи нових ідей та інновацій. Розширення творчого потенціалу особливо цінне в контексті будівельних проєктів, де свіжі, самобутні дизайнерські концепції можуть призвести до створення новаторських і знакових будівель, які здивують цілий світ.

Розглядаючи зазначені у тематиці наукової роботи архітектурні стилі, можна відзначити, що для напрямку модернізму відмінністю є прямолінійні форми, чисті поверхні, позбавлені декору, вільний внутрішній простір, навісні фасади, котрі приховують несучі конструкції та звільняють простір на рівні землі.

Хай-тек виражає перевагу високотехнологічного виробництва над природою. Це архітектура великих бізнес-корпорацій, які стверджують себе за допомогою нової монументальності, повністю позбавленої ретроспективних асоціацій і спрямованої швидше на образи наукової фантастики.

За допомогою концепції щодо штучного інтелекту [8], ми можемо сприяти поширенню думки серед студентського товариства та навчати здобувачів освіти розуміти принципи та використовувати технології, доступні на сьогоднішній день, для створення інноваційних архітектурних рішень.

Для інформаційної складової за даним стилем у MidJourney будуть використовуватись наступні текстові, смислові тригери:

- голий конструктивний каркас будівлі (the bare structural frame of the building);
- геометрична ясність великої форми (geometric clarity of a large form);
- чисті поверхні без деталізації (clean surfaces without details);
- пластичний мінімалізм (plastic minimalism);
- щедре використання скла та металу (generous use of glass and metal);

– інноваційне інженерне оснащення, яке не ховається від глядача, а також стає елементом дизайну (innovative engineering equipment, which does not hide from the viewer, and also becomes an element of design).

Для вхідного контрольного запиту (рис. 1) у MidJourney було задано два запити з їх подвійним генеруванням, які стосувалися безпосередньо архітектурних стилів функціоналізму та хай-теку на базі головного текстового запиту «адміністративна будівля» та єдиного геометрично-утворюючого текстового запиту «п'ятиповерхова», фінальний запит набув наступних форм:

1. /imagine prompt: five-story administrative building in the style of functionalism

2. /imagine prompt: five-story high-tech administrative building

Розширена грамотність у цій сфері дозволяє фахівцям не лише використовувати технології нейронних мереж, але і критично оцінювати їхні можливості та обмеження.

Ці інновації можуть стати регулярними елементами процесу проектування у майбутньому, допомагаючи архітекторам та будівельникам використовувати потенціал інновацій.

Важливо відзначити, що розуміння ролі нейронних мереж у будівництві підкреслюється дослідженням [9]. З цього можна зробити висновок, що так само, як нейронні мережі, можна використовувати для вивчення взаємозв'язку між міцністю бетону на стиск і змінними в суміші в інженерній справі, їх також можна застосувати для створення зовнішнього вигляду будівель. Змінюється принцип роботи, проте ця можливість залишається для досягнення поставленої мети. Це підтверджує важливість використання нейронних мереж та їх варіативність у різних аспектах будівництва (як конструктивної, так і дизайнерської частин).

Використання точної дифузії в нашому дослідженні відкриває можливості для популяризації методів генеративного дизайну, що призвело до значного підвищення ефективності та креативності дизайну інтер'єру. Ця інноваційна модель здатна модернізувати створення зовнішнього вигляду та додає нові архітектури особливості, гарантуючи, що згенерований контент точно відповідає специфікаціям і цілям проекту (при попередньому написанні необхідних умов).



Рис. 1. Візуалізація п'ятиповерхової адміністративної будівлі MidJourney: у стилі функціоналізму (1) та у хай-тек стилі (2)

Новаторський підхід до генерації нових моделей слугує каталізатором для підвищення рівня креативності в галузі дизайну інтер'єру. Він дає можливість створювати безліч різноманітних зовнішніх просторів, кожен з яких ретельно пристосований до унікальних вимог проекту.

Наше дослідження продемонструвало зміну парадигми в дизайні зовнішнього вигляду будівель, де поєднання тонко налаштованих моделей дифузії викликає творчий ренесанс і підвищує ефективність зусиль архітектора.

Перед вводом запиту, були виставлені наступні налаштування: Mj version 5.1; High quality (2x cost); Style very high.

Далі, для аналізу та дослідження формального вираження двох архітектурних стилів, що розглядаються та представлені у статті (рис. 2), були задані наступні текстові команди з їх потрійним генеруванням кожного:

1. /imagine prompt: five-story administrative building, simple geometric shapes, parallelepiped, cylinder, semi-cylinder, smooth surface of the facade without any decoration, with strip or continuous glazing, flat operated roof, the building is raised above the ground on special structures, ramps instead of stairs, sparse finishing

2. /imagine prompt: five-story administrative building, bare structural frame of the building, geometric clarity of large form, clean surfaces without detail, plastic minimalism, generous use of glass and metal, innovative engineering equipment that does not hide from the viewer, and also becomes an element of design

Для аналізу отриманих результатів візуалізації кожний із заданих геометрично-просторових, оздоблювальних та формальних елементів, що дотичний до відповідного архітектурного стилю та брав участь, як вхідний інформаційний елемент, у вигляді тексту було виписано у таблицю 1 та таблицю 2 для перевірки відповідності творчих результатів цим текстовим смисловим тригерам.

Згідно з отриманими результатами зі створення зображень, було з'ясовано, що майже всі перелічені текстові запити навіть з їх повторним генеруванням не мали декотрих архітектурних елементів, що були задані у стильовому контексті до них. Так, для архітектурного стилю функціоналізму не було згенеровано архітектурних елементів (конструкцій), які могли нагадувати за своєю формою циліндр або напівциліндр.



Рис. 2. Візуалізація п'ятиповерхової адміністративної будівлі MidJourney за більш детальними характерними та притаманними рисами функціоналізму (1) або у хай-тек стилі (2)

Таблиця 1. Результати формального вираження ШІ (функціоналізм)

Архітектурний стиль	Текстові, смислові тригери	Вихідні результати MidJourney		
		I-й результат	II-й результат	III-й результат
Функціоналізм	прості геометричні форми	+	+	+
	паралелепіед	+	+	+
	циліндр	-	-	-
	напівциліндр	-	-	-
	гладка поверхня фасаду без будь-якого декору, зі стрічковим склінням	+	+	+
	плоска експлуатована покрівля	+	+	+
	будівля піднята над землею на спеціальних конструкціях	+	+	+
	пандуси замість сходів	-	-	-
	скупість обробки	+	+	+

Таблиця 2. Результати формального вираження ШІ (хай-тек)

Хай-тек	голий конструктивний каркас будівлі	+	+	+
	геометрична ясність великої форми	+	+	+
	чисті поверхні без деталізації	+	+	+
	пластичний мінімалізм	+	+	+
	щедре використання скла та металу	+	+	+
	інноваційне інженерне оснащення, не ховається від глядача, а також стає елементом дизайну	-	-	-

Також не прослідковується зміна елементів: пандус замість сходів. Треба зазначити, що конкретних потрібних результатів можна досягнути, змінивши пріоритети до вхідних текстових смислових тригерів, переставляючи їх місцями та задавши пріоритет потрібному слову (поняттю) за допомогою символів «::2».

Тут символ «::» є роздільником, «2» означає, що це слово (поняття) буде у два рази важливішим. Наприклад, зміна підказки на «cylinder::2» робить слово «циліндр» у два рази пріоритетним для генерації на зображенні.

За своєю природою технології мають свої межі. Для детального отримання результатів

потрібно роботи кілька десятків генерацій з певними уточненнями текстових понятійних тригерів.

**Висновки.** Зараз, завдяки нейромережеві генерації тексту, можливо створювати архітекторам концепції дизайн-проектів цивільних будівель. Однак у майбутньому, з урахуванням цих можливостей, важливою проблемою може стати генерація будівельних конструкцій.

Використання штучного інтелекту на сьогодні для багатьох фахівців є інструментом який може надихати та безпосередньо оптимізувати роботу, формуючи повне уявлення через текстові описи про архітектурний образ споруди за декілька хвилин. У нейро-

мережового живопису є різні обмеження, які потрібно аналізувати для їх можливого подолання у майбутньому.

Проведене дослідження сприяє загальному розумінню алгоритму створення архітектурних стилів за допомогою нейронних мереж та їх взаємозв'язку з творчою реакцією, особливо у контексті будівництва. За результатами можна зазначити, що застосування нейронних мереж в будівельній галузі відіграє важливу роль у збереженні майбутньої архітектурної творчості. Складність цього взаємозв'язку між штучним інтелектом і творчим потенціалом людини залишається предметом подальших досліджень.

Для отримання точних результатів та практичного застосування потрібні додаткові детальні дослідницькі експерименти. Таким чином, порівняння опублікованих досліджень у цій області з простими експериментами є потенційним завданням.

Збільшена та докладна документація AI-Art і творчого процесу людини, включаючи розуміння архітектури, використання кольору, а також фізіологічний профіль і настроїв фахівців, враховуючи стать, вік і психологічний стан, сприятиме більш точному порівнянню різних процесів. Це, в свою чергу, може сприяти загальному розумінню творчих процесів у сфері архітектурного проектування.

Метою дослідження було визначити, чи обмежують або сприяють AI-Art стратегії у творчості, пов'язаній з архітектурною складовою. Майбутні дослідження щодо того, як можна концептуально використовувати

AI-Art для створення нових матеріалів та методів текстур, є важливими і варто провести їх в галузі будівництва.

Дослідження також виявило потребу в розвитку грамотності у використанні нейронних мереж та у вивченні того, як безпечно використовувати такі інструменти. Також важливо розуміти, що творчість не може бути повністю автоматизованою, принаймні на даний момент. Тому необхідно враховувати виклики, які вносять нові технології, і забезпечити захист творчого потенціалу. Питання про те, чи сприятлива ця демократизація творчості для людства, залишається відкритим.

Кожне нове програмне забезпечення в архітектурній галузі передалене у якості удосконалення основного інструментарію архітектора. Незалежно від того, чи розглядаємо ми Revit, ArchiCAD або 3D Max, всі вони служать одній меті: надати архітекторам зручні та ефективні інструменти станом на XXI сторіччя.

Архітектори минулого століття не могли уявити собі існування програм, які могли б перетворити їхні ідеї на складні тривимірні проекти. Можливо, у найближчі 30 років штучний інтелект та нейронні мережі стануть таким же звичним інструментом, як і наведений вище софт. При цьому необхідно відзначити, архітектор, дизайнер чи інженер-будівельник збережуть свою роль у якості спеціалізованого професіонала, відповідального за пошук оптимальних рішень та втілення їх у реальність. Комп'ютер залишиться безцінним помічником, що допомагає в процесі пошуку цих рішень.

### Література

1. Liu S, Chang R, Zuo J, Webber RJ, Xiong F, Dong N. Application of artificial neural networks in construction management: Current status and future directions. *Applied Sciences*. 2021 Oct 15;11(20):9616.
2. Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Huber, P. (2016, October). Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university. *In 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.
3. Aditya Ramesh, Prafulla Dhariwal, Alex Nichol, Casey Chu, & Mark Chen. (2022). Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents. *arXiv 2022*, arXiv:2204.06125.
4. Park, B.H.; Hyun, K.H. Analysis of pairings of colors and materials of furnishings in interior design with a data-driven framework. *J. Comput. Des. Eng.* 2022, 9, 2419–2438.
5. Журавель О.Ю., Вельмагіна Н.О. Штучні нейронні мережі в оцінці вартості будівельних. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування*. Випуск 106-2018, м. Дніпро. С. 52-57.
6. Київська К. І. Аналіз застосування штучного інтелекту в BIM-технологіях [Текст] / К. І. Київська, С. В. Цюцюра, М. Б. Кулеба // *Управління розвитком складних систем* – 2020. – № 43. – С. 97 – 103, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.43.97-103.
7. Чернишев Д.О. Впровадження технології моделювання інформаційних об'єктів на етапах життєвого циклу [Текст] / Д.О. Чернишев, К.І. Київська, С.В. Цюцюра, М.І. Цюцюра, В.В. Гоц // *Управління розвитком складних систем*. – 2019. – № 40. – С. 140 – 146; dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11969076.
8. Davy Tsz Kit Ng, Jac Ka Lok Leung, Samuel Kai Wah Chu, Maggie Shen Qjao. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
9. How M-L, Hung WLD (2019). Educing AI-Thinking in Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) Education. *Education Sciences*, 9(3), 184. DOI:10.3390/educsci9030184.
10. Jaruga-Rozdolska A. (2022). Artificial intelligence as part of future practices in the architect's work: MidJourney generative tool as part of a process of creating an architectural form. *Architectus*, 3(71), 95-104. DOI:10.37190/arc220310

### References

1. Liu S, Chang R, Zuo J, Webber RJ, Xiong F, Dong N. Application of artificial neural networks in construction management: Current status and future directions. *Applied Sciences*. 2021 Oct 15;11(20):9616.
2. Kandlhofer, M., Steinbauer, G., Hirschmugl-Gaisch, S., & Huber, P. (2016, October). Artificial intelligence and computer science in education: From kindergarten to university. *In 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-9). IEEE.
3. Aditya Ramesh, Prafulla Dhariwal, Alex Nichol, Casey Chu, & Mark Chen. (2022). Hierarchical Text-Conditional Image Generation with CLIP Latents. *arXiv 2022*, arXiv:2204.06125.
4. Park, B.H.; Hyun, K.H. Analysis of pairings of colors and materials of furnishings in interior design with a data-driven framework. *J. Comput. Des. Eng.* 2022, 9, 2419–2438.
5. Zhuravel O.Yu., Velmagina N.O (2018). Shtuchni neyronni merezhi v ocinci vartosti budivelnih. [Artificial neural networks in the valuation of construction projects]. *Budivnictvo, materialoznavstvo, mashinobuduvannya*, 106, 52-57.
6. Kiyivska K. I. Analiz zastosuvannya shtuchnogo intelektu v BIM-tehnologiyah [Analysis of the use of artificial intelligence in BIM technologies]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 43, 97–103.
7. Chernishev D.O. Vprovadzheniya tehnologiyi modelyuvannya informacijnih ob'yektiv na etapah zhittyevogo ciklu [ыбы]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 40, 140–146.
8. Davy Tsz Kit Ng, Jac Ka Lok Leung, Samuel Kai Wah Chu, Maggie Shen Qiao. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
9. How M-L, Hung WLD (2019). Educating AI-Thinking in Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM) Education. *Education Sciences*, 9(3), 184. DOI:10.3390/educsci9030184.
10. Jaruga-Rozdolska A. (2022). Artificial intelligence as part of future practices in the architect's work: MidJourney generative tool as part of a process of creating an architectural form. *Architectus*, 3(71), 95-104. DOI:10.37190/arc220310

## APPLICATION OF NEURONET FORMATION OF ARCHITECTURAL FEATURES IN CIVIL ENGINEERING

**Abstract.** *The research is aimed at using neural networks to create new architectural techniques in civil engineering. We aim to stimulate their development, relying on neural networks and artificial intelligence, to improve the quality and efficiency of construction projects. The use of neural networks allows architectural designers to create innovative architectural concepts, optimize the use of human resources, and implement architectural techniques, making construction sustainable and creative. The possibilities of using neural networks in modern construction and architectural design provide a powerful tool for improving productivity. One of the perspectives is the possibility of creating new architectural styles and building designs using neural networks. Today, we already observe the use of neural networks for the analysis and recognition of various architectural elements based on images. This allows for the creation of new design concepts and architectural solutions, taking into account the best features of different styles. Engineers, architects, and designers can use these analytical tools to enhance their projects, ensuring the correct proportions of building elements, the use of ornaments, and optimal spatial arrangements.*

*The use of neural networks in the optimization of design significantly enhances the productivity and accuracy of this process. This allows for a reduction in task execution costs and avoids the need for additional design services.*

*Furthermore, through further training of neural networks on a dataset of architectural images, the ability to generate new projects with formal style characteristics emerges. An example of this is transferring decorative details from a Gothic building to a modernist design, creating a hybrid style that combines characteristics of both. The authors note that the successful application of neural networks depends on the correct input of informational components (prompts), high-quality data, the development of approaches to algorithmically inputting this information to produce the desired image models and overall results.*

**Key words:** *civil engineering, neural networks in construction, architectural features, neural network shaping.*

**Donenko V.I.**

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Civil Engineering,  
Urbanism and Spatial Planning,  
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv

**Kulik M.V.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Construction  
Production and Project Management,  
National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia

**Bobrakov A.A.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Construction  
Production and Project Management,  
National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia

**Ivanenko D.S.**

Postgraduate Student at the Department of Construction Production and Project Management,  
National University Zaporizhzhia Polytechnic, Zaporizhzhia

УДК 693.542.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.3>**Назаренко О.М.**

к.т.н., доцент, завідувач кафедри «Будівельне виробництво та управління проектами»,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

**Левченко Н.М.**

д.держ.упр., професор кафедри «Будівельне виробництво та управління проектами»,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

**Резниченко А.О.**

здобувач кафедри «Будівельне виробництво та управління проектами»,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

**Березовська А.О.,**

асистент кафедри «Будівельне виробництво та управління проектами»,  
Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

## ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ ДОМІШОК НА ПОКАЗНИКИ ҐРУНТОЦЕМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЇ DSM

**Анотація.** У статті констатовано, що пріоритетним напрямком відбудови України є будівництво нових об'єктів за новітніми менш інвестиційно- та ресурсномісткими технологіями, зокрема, за технологією DSM (Domain-Specific Modeling). Розкрито суть даної технології та наголошено, що результатом її застосування є трансформація породи в ґрунтоцементний масив, який протягом незначного часу набуває високої міцності і протифільтраційних характеристик. Підкреслено переваги та недоліки технології DSM. Акцентовано, що якщо в теплий період року можливо досягнення необхідних покращених показників ґрунтоцементу додавши більше самого цементу, або за рахунок збільшення потужності бурової установки під час буріння для отримання гомогенної структури, то при низьких температурах зробити це значно важче. Розглянуто можливість значного покращення властивостей ґрунтоцементних паль та доведення їх структури до більш однорідної маси у вигляді монолітної плити за рахунок комплексних домішок. Досліджено перелік заходів щодо отримання ґрунтів із необхідною міцністю завдяки додаванню спеціальних комплексних домішок. Обґрунтовано та перевірено під час експерименту конструктивно-технологічне рішення щодо додавання до ґрунтоцементу, зокрема, пластифікаторів. Наведено експериментальні дані технічних властивостей ґрунтоцементу до та після використання комплексних домішок з додаванням пластифікаторів, заснованих на полікарбоксилаті, що відповідають ДСТУ Б.В.2.7-171:2008 «Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ)». Обґрунтовано, що ґрунтоцементні палі з додаванням пластифікаторів забезпечують зміцнення (стабілізацію) ґрунту та сприяють мінімальному усадженню фундаментів. Визначено перспективи подальших досліджень щодо виготовлення ґрунтоцементних паль з низьким вмістом цементу, які забезпечать як прискорення термінів твердіння ґрунтоцементної суміші, так і збільшення гідроізоляційних властивостей паль.  
**Ключові слова:** ґрунтоцемент, палі, гомогенність, технологія, пластифікатор, міцність, гідроізоляція, фундамент.

**Постановка проблеми.** Внаслідок військової агресії РФ проти України зруйновано та пошкоджено велику кількість виробничих об'єктів. Серйозно постраждали і житлові

будинки та цивільна інфраструктура. Тож, наразі пріоритетним напрямком відбудови України є будівництво нових об'єктів за новітніми менш інвестиційно- та ресурсномісткими

технологіями [1]. І однією з таких є технологія із застосуванням ґрунтоцементних конструкцій (паль).

**Аналіз останніх досліджень** свідчить, що питання використання у будівництві ґрунтоцементних конструкцій досліджується науковцями досить активно, втім підходи щодо їх вивчення досить різняться. Зокрема, Савицький М.В., Бендерський Ю.Б., Новіченко Н.В., Бабенко М.М. та Коваль А.С. [2] розглядають застосування ґрунтоцементних конструкцій за екопідходом, тобто як елемент екобудівництва. Кірічек Ю.О. [3] досліджує ґрунтоцементні конструкції за параметричним підходом, завдяки застосуванню якого науковцем встановлено вплив параметрів ґрунтоцементу на роботу системи «споруда – фундамент – ґрунтоцементна основа» та доведено доцільність застосування ґрунтоцементних конструкцій для зміцнення слабких, водонасичених та лесових І типу просідання ґрунтах [4]. Зоценко М.Л., Петраш Р.В., Петраш О.В., Попович Н.М. [4] при вивченні ґрунтоцементних конструкцій керуються техпідходом, Новицький О.П. та Солонін О.С. [5] – ресурсоефективним, що дозволило визначити вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу. Відтак, навіть цей короткий аналіз свідчить про те, що ґрунтоцементні конструкції набувають все більшої популярності та широкого застосування, як ефективний і економічний метод підсилення ґрунтової основи недостатньої міцності. Втім, процес над їх вдосконаленням постійно триває, що саме і підкреслює актуальність обраної для дослідження тематики.

**Мета роботи** полягає у обґрунтуванні доцільності застосування комплексних добавок (пластифікаторів) при виготовленні ґрунтоцементних паль з низьким вмістом цементу, які забезпечать як прискорення термінів твердіння ґрунтоцементної суміші, так і збільшення гідроізоляційних властивостей палі.

**Результати дослідження.** Зміцнення (стабілізація) ґрунту є одним із найскладніших і трудомістких процесів у всій будівельній індустрії, оскільки вимагає правильного визначення як наявних на ділянці факторів, що згубно впливають на монолітність ґрунту (зокрема, рихлість ґрунтового покриву, кут схилу, сусідство ґрунтових вод, імовірність зсувів, осипання тощо), так і складу комплексних домішок у ґрунт. Тож, беручи до уваги особливості інженерно-геологічних умов Запорізького регіону, а саме Гуляйпільської

аккумулятивної лесової рівнини, що виділяється в межах Запорізької рівнини Українського кристалічного щита, де ґрунти з достатньою несучою здатністю розташовані значно нижче відмітки поверхні, зазначимо, що для улаштування такого типу фундаментів використовують забивні, буронабивні, ін'єкційні палі. Але на сьогоднішній день все більшою альтернативою використання бетонних паль є безвибурні ґрунтоцементні елементи (палі) за технологією DSM.

Технологія DSM з виготовлення ґрунтоцементних паль базується на концепції покращення міцнісних якостей ґрунтів шляхом їх змішування з в'язучими матеріалами (зокрема, цементним розчином з додаванням пластифікатору, цементно-зольною суспензією, бентонітової суспензії тощо). Виготовлення ґрунтоцементних паль за даною технологією передбачає відсутність щебеня, піску та дозволяє виконувати покращення міцнісних та деформаційних характеристик існуючого ґрунту при механічному змішуванні його з водоцементним розчином або іншим проектним в'язучим за допомогою бурового інструменту [6].

Суть даної технології полягає в зміцненні ґрунту шляхом зміни його фізико-механічних властивостей під впливом струменя цементного розчину з додаванням у нього комплексних домішок, тобто руйнування породи з одночасним перемішуванням ґрунту і стабілізуючого розчину в форматі *mix-in-place* (англ. «змішування на місці») (рис. 1).

Результатом застосування такої технології стає трансформація породи в ґрунтоцементний масив, що набуває за нетривалий час високу міцність і протифільтраційні характеристики. Відтак, дана технологія не тільки відрізняється ефективністю, але і дозволяє економити ресурси, одночасно виконуючи дві технологічні операції. За своєю будовою буровий інструмент для виготовлення та улаштування ґрунтоцементних паль відрізняється від стандартного через наявність каналу для подачі стабілізуючого розчину. Досягнувши кінця шнека, бетонний розчин подається у внутрішній простір монітора – спеціального пристрою, сполученого з буровим долотом. Монітор обладнаний форсунками, що перетворюють енергію високого тиску в кінетичну енергію потоку, що руйнує і перемішує породу [6].

Виходячи з вищевикладеного, застосування ґрунтоцементних паль за технологією DSM має наступні переваги:

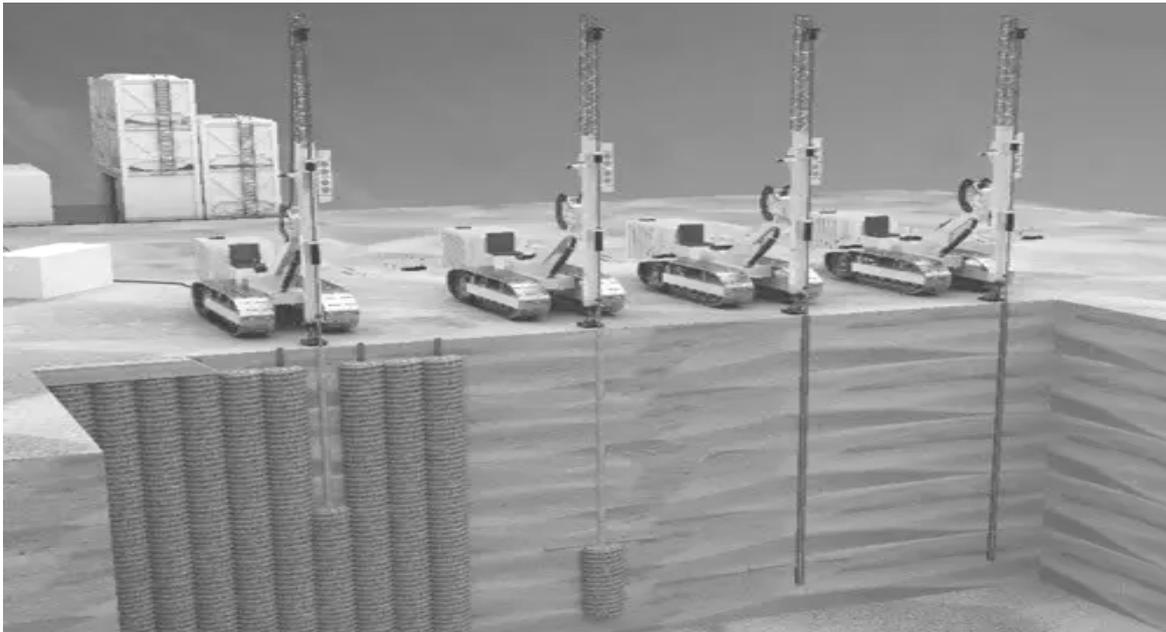


Рис. 1. Виготовлення безвибурих ґрунтоцементних елементів (паль) за технологією DSM [6]

- відсутність вібрацій, що дозволяє застосовувати в місцях з високою концентрацією будівель і в житлових районах;
- економічні через скорочення витрат на 15–20% від загальної вартості будівництва, а відтак, і зростання рентабельності виготовлення фундаменту;
- екологічні через відсутність бурових відходів та вивезення ґрунту з місця робіт;
- часові через прискорене твердіння ґрунтоцементної суміші;
- незначне осідання тощо.

Втім, якщо в теплий період року можливо досягнення необхідних покращених показників ґрунтоцементу додавши більше самого цементу, або за рахунок збільшення потужності бурової установки під час буріння для отримання гомогенної структури, то при низьких температурах зробити це значно важче. Саме в ці періоди слід додавати пластифікатор для отримання вище перелічених властивостей ґрунтоцементних конструкцій. Пластифікатори за своєю структурою володіють високою адсорбційною здатністю, добре «уживаються» з марками цементу, незважаючи на їх різний мінералогічний склад. Підвищують текучість цементної суміші, що в подальшому сприяє більш ретельному перемішуванню ґрунту з цементом та отриманню конструкції з однорідною структурою в перетині. В якості пластифікатору був обраний SikaPlast®-520 на основі полікарбоксілату, який відповідає ДСТУ Б. В.2.7-171:2008

«Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ)» [7].

Фізико-хімічні характеристики пластифікаторів наведені у таблиці 1.

**Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості пластифікаторів [8]**

Найменування характеристики	Показники
Основа	полікарбоксілат
Щільність, кг/л	1,155±0,02
Рівень рН	5,0±1,0
Концентрація розчину, %	35,0±1,5
Вміст хлоридів, %	0,1
Вміст лугів (Na <sub>2</sub> O-екв), %	1,0

Ґрунт, що використовувався для досліджень та безпосередньо в якому проводились роботи з виготовлення ґрунтоцементних паль, був відібраний безпосередньо з глибини до 10,0 м з будівельного майданчика, призначеного для будівництва силосів V=10300.00м<sup>3</sup> зі зберігання насіння соняшнику за проектом «Реконструкція об'єкту приймання та підготовки до переробки насіння соняшника», що реалізувався ПАТ «Запорізький оліяжиркомбінат» м. Запоріжжя.

Джерелом для визначення характеристик ґрунтів був наданий Технічний звіт з інженерно-геологічних вишукувань. Звіт було виконано ТОВ НДПВІ «Полтаваагропроект» [9].

**Таблиця 2. Розрахункові значення фізико-механічних властивостей ґрунтів [9]**

Характеристики	Од. вим.	Номери ІГЕ, значення					
		1	2	3	4	5	6
Питома вага ґрунтів, $\gamma_{II}$	кН/м <sup>3</sup>	-	15.6	16.7	17.5	18.4	19.8
		-	17.4	17.6	18.2	-	-
Питоме зчеплення, $c_{II}$	МПа	-	0.017	0.021	0.32	0.29	0.002
Кут внутрішнього тертя, $\varphi_{II}$	Град.	-	20	17	16	18	32
Модуль деформації природного стану, E	МПа	-	7.0	9.5	13.5	11.0	35.0
Модуль деформації заданого стану, E	МПа	-	5.5	8.0	12.0	11.0	35.0

У геологічній будові під сучасним насипом ІГЕ 1 представлений комплекс четвертинних відкладень лесової формації ІГЕ 2-4, які підстилаються комплексом порід верхнього неогену заплавно-руслової фації – ІГЕ 5-6. У відкладах ділянки за стратиграфічними ознаками, гранулометричним складом і фізико-механічними властивостями виділено 5 інженерно-геологічних елементів (ІГЕ), в межах яких товща є статистично однорідною по складу і властивостям. Розрахункові значення фізико-механічних властивостей ґрунтів, що були досліджені, наведено у таблиці 2.

За результатами інженерно-геологічних вишукувань було виконано оцінку геоморфологічних умов, геологічних і гідрогеологічних факторів в сфері взаємодії споруд із геологічним середовищем, геологічних процесів, що негативно впливають на умови будівництва і експлуатації споруд, за якою надана категорія складності інженерно-геологічних умов друга (середньої складності).

На ділянці свердловинами викритий єдиний безнапірний водоносний горизонт, рівень якого (РГВ) встановився в період вишукувань (вересень 2017р.) на глибинах 10,0-14,0 м від поверхні землі. Водовміщуючими є ґрунти ІГЕ 5-6. Територія класифікується як техногенно невідтоплюєма за природними причинами. Можливі сезонні коливання рівня з амплітудою до 1,5м [9].

Сумарна просадка суглинків ІГЕ 2-3, розвинених до глибини 10,5 м, склала 14,86 см. Отже, категорія ґрунтових умов по просадності – друга. В цих умовах з метою усунення просадних властивостей ґрунтів рекомендується застосовувати такі заходи:

– ущільнення просадних ґрунтів попереднім замочуванням;

– застосування палих фундаментів з повною прорізкою просідної товщі;  
– водозахисні заходи [9].

За результатами геологічних досліджень був визначений наступний склад ґрунтів з відповідними фізико-хімічними властивостями (рис. 2).

Задля досягнення необхідного ущільнення та зміцнення ґрунту, підготовки його для улаштування фундаментної плити та отримання значного економічного ефекту були обрані ґрунтоцементні елементи (палі). За основу та приклад для визначення впливу комплексних домішок на властивості ґрунтоцементних конструкцій було взято дослідження, проведене на подібному будівельному майданчику зі схожим складом ґрунтів [10].

Для проведення дослідів відібраний певний об'єм контрольного складу ґрунтової суміші та визначені показники за його характеристиками. Результати наведено в таблиці 3.

**Таблиця 3. Показники готової речовини (авторське дослідження)**

Характеристики готового розчину	Зміст розчину
Рухомість готового розчину, мм	≥280
Рухомість готового розчину через 2 години, мм	≥280
Щільність готового розчину, кг/м <sup>3</sup>	1590
Водовідділення (по масі), %	14
Вихід цементного каменю, %	83,0
Водоцементне відношення розчину	0,8

З даної таблиці видно, що показники готового розчину не відповідають нормативним даним, а водовідведення перевищено більш ніж у шість разів. Вихід цементного каменю є меншим на 17%.

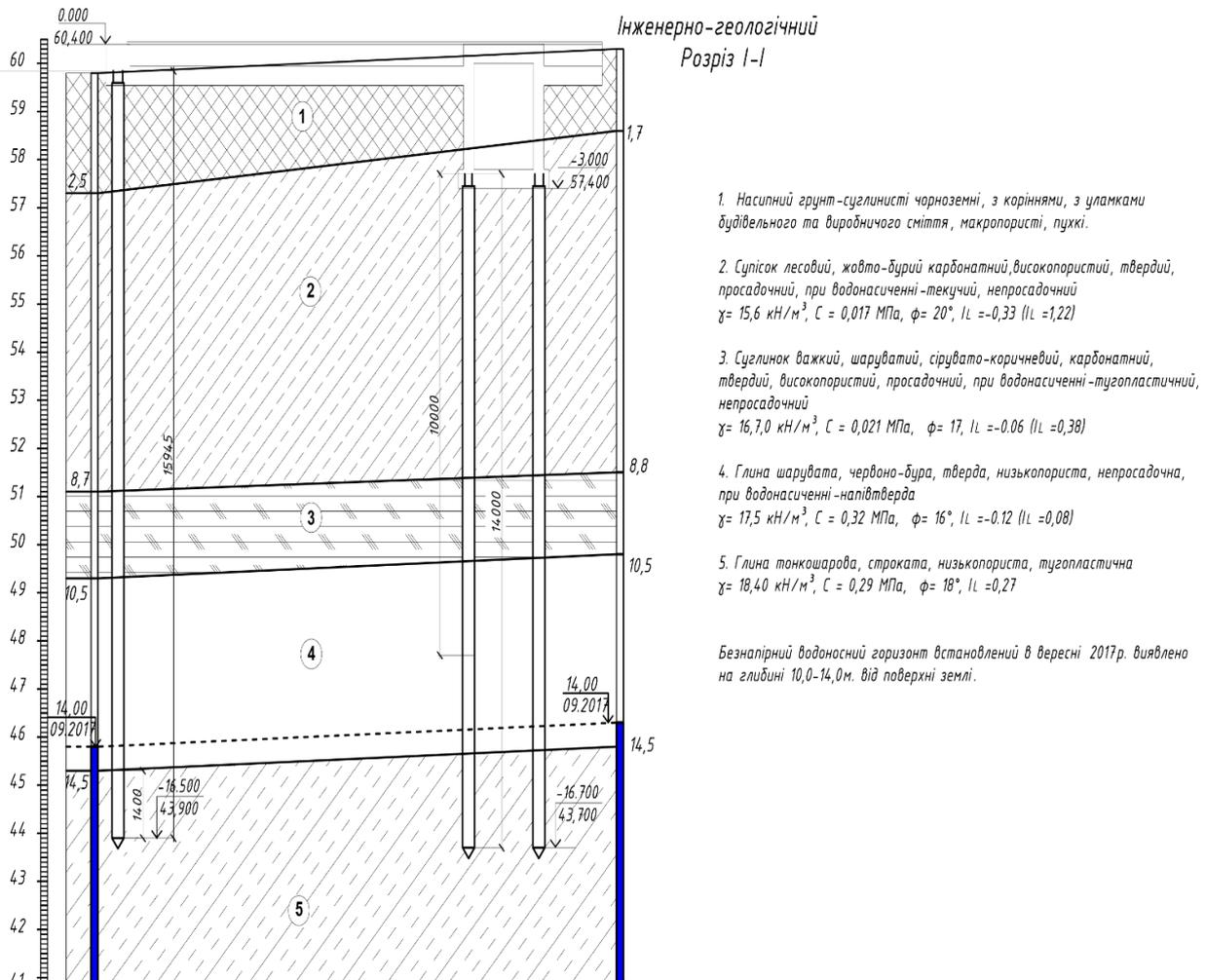


Рис. 2. Інженерно-геологічний розріз із визначеними фізико-хімічними властивостями ґрунтів [9]

Розглянемо властивості компонентів готового розчину та розчину з пластифікатором. У якості в'язучого використовувався портландцемент ПЦ II/A-III-500 з нижче-зазначеними технічними характеристиками (табл. 4). Порівняння компонентів готового розчину з додаванням пластифікатору надано у табл. 5.

**Таблиця 4. Технічна характеристика портландцементу ПЦ II/A-III-500 [11]**

Технічна характеристика	Показник
Межа міцності на здавлення	59,9 МПа
Межа міцності на вигин	до 6,4 МПа
Щільність	3200 кг/м <sup>3</sup>
Робоча температура	від -60°С до +300°С
Початок схоплювання	після 180 хв.
Клінкер	80% – 94%
Вміст гранульованого шлаку	6% – 20%

**Таблиця 5. Порівняння компонентів готового розчину з додаванням пластифікатору (авторське дослідження)**

Характеристики готового розчину	Витрати компонентів, кг/м <sup>3</sup>	
	Контрольний зміст	Зміст з пластифікатором
В'язуче – Портландцемент ПЦ II/A-III-500, кг	885	800
Бентонітовий порошок, кг	0	20
Пластифікатор SikaPlast® -520	0	2% від маси цементу
Вода затворення ГОСТ 23732-79	710	715

**Таблиця 6. Показники готового розчину з вмістом пластифікатору (авторське дослідження)**

Характеристики готового розчину	Контрольний зміст	Зміст з пластифікатором
Рухомість готового розчину, мм	≥280	245
Рухомість готового розчину через 2 години, мм	≥280	230
Щільність готового розчину, кг/м <sup>3</sup>	1580	1590
Водовідділення (по масі), %	14	1,7
Вихід цементного каменю, %	83,0	95-98
Водоцементне відношення розчину	0,8	0,89

При застосуванні пластифікатору SikaPlast® -520 вдалося досягнути такого змісту ґрунтоцементної суміші, при якій збільшувалась здатність даної суміші до диспергації, розчеплення та подрібнення крупних часток ґрунту на більш мілкі і досягнення більшої гомогенності ґрунтоцементного каменю.

На будівельному майданчику при виготовленні ґрунтоцементних паль було відібрано два зразки ґрунтоцементної суміші, з додаванням пластифікатору та без його присутності. Суміш була подрібнена та виведена буровою установкою зсередини свердловини. Час роботи шнека бурової установки з однаковою кількістю обертів за хвилину становив 20 хвилин для кожного зразка суміші. Порівняльний аналіз якості перемішування та набирання міцності зразків надано в табл. 7 та табл. 8 відповідно. Якість перемішування визначали за втратою маси залишків нерозмішаного ґрунту.

**Таблиця 7. Якість перемішування ґрунтоцементної суміші (авторське дослідження)**

Розчин	Показник
Контрольна суміш	Після 20 хвилин роботи бурової установки склад неподрібненого ґрунту склав 35%
Суміш з пластифікатором SikaPlast®-520	Після 20 хвилин роботи бурової установки склад неподрібненого ґрунту склав 12%

Для визначення стандартних характеристик розчину керувались ВСН 132-92. Умови зберігання зразків відповідали державним нормам. В період твердіння та набирання міцності експериментальні зразки проходили випробування на міцність (межу міцності на стиск). Результати досліджень надано в табл. 8.

**Таблиця 8. Результати фізико-механічних випробувань ґрунтоцементного розчину (авторське дослідження)**

Вид ґрунтоцементної суміші	Міцність зразків, МПа		
	2 доби	4 доби	7 діб
	R <sub>сж</sub>	R <sub>сж</sub>	R <sub>сж</sub>
Контрольний зразок	2,5	3,3	4,8
Зразок з пластифікатором	3,0	5,7	6,8

Існують випадки, коли дослідження проводяться без готового розчину ґрунтоцементу. В таких випадках для надання розчину показників більш подібних до реальних, в суміш додають глини або суглинки.

**Висновки.** За рахунок застосування пластифікаторів при виготовленні ґрунтоцементних паль в холодну пору року вдалося досягнути більшої їх щільності та однорідності за складом, і в той же час підвищити показники розчину:

- зниження водовідділення розчину до максимального мінімуму;
- вивід ґрунтоцементного каменю майже на 100%;
- покращення гомогенності за складом ґрунтоцементної палі;
- отримання прискореного набору міцності в порівнянні з контрольним зразком;
- покращення реологічних властивостей цементного розчину;
- відсутність хлоридів;
- прискорення темпів набору ґрунтоцементної палі;
- зниження вбирання цементного розчину в ґрунт.

Після виконання серії випробувань та досліджень визначено, що застосування пластифікаторів на основі полікарбоксилату, а саме SikaPlast®-520, дозволяє покращити характеристики ґрунтоцементного розчину з подальшим виготовленням з нього більш якісної та покращеної за міцністю характеристиками палі.

*Література*

1. Левченко Н.М., Бейнер П.С., Бейнер Н.В. Реконструкція будівель з використанням ВІМ технологій при відновленні міст в Україні. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2022. № 4(99). С. 64-70.
2. Савицький М.В., Бендерський Ю.Б., Новіченко Н.В., Бабенко М.М. та Коваль А.С. Технології виробництва матеріалів та конструкцій з використанням ґрунтобетону в малоповерховому екобудівництві. *Будівництво. Матеріалознавство. Машинобудування*. Серія: Інноваційні технології життєвого циклу об'єктів житлово-цивільного, промислового та транспортно-призначення. 2014. Вип.77. С. 182-194.
3. Кірічек Ю.О., Комісаров Г.В. Конструкції з ґрунтоцементу для зведення фундаментів будівель і споруд. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 3. С. 51-57.
4. Зоценко М.Л., Петраш Р.В., Петраш О.В., Попович Н. М. Забезпечення ефективної роботи підземних конструкцій інженерних споруд, які виготовлені з ґрунтоцементу. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, конструкції та споруди*. Рівне : НУВГП, 2016. Вип. 33. С. 276-282.
5. Новицький О.П., Солонін О.С. Вплив пластифікуючих добавок на міцність ґрунтоцементу. *Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка*. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. 2012. Вип. 4(2). С. 171-177.
6. Сучасні технології Menard. URL: <https://menard.com.ua/> (дата звернення 10.10.2023).
7. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (EN 934-2:2008, NEQ). URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=56328](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56328) (дата звернення 13.10.2023).
8. AKS-YUG SYSTEMA TOV. URL: <https://systema.dp.ua/> (дата звернення 24.10.2023).
9. ТОВ "НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ПРОЄКТНО-ВИШУКУВАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ" ПОЛТАВАГРОПРОЄКТ. URL: <https://www.agropro.in.ua/> (дата звернення 06.11.2023).
10. Комплексна добавка для струйної цементації. URL: <https://prezi.com/ktmthql1ouwf/presentation> (дата звернення 13.11.2023).
11. ДСТУ Б В.2.7-46-96. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. Зміна № 1 (32326). URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=4871](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=4871) (дата звернення 13.11.2023).

*References*

1. Levchenko N.M., Beiner P.S., Beiner N.V. (2022). Reconstruction of buildings using VIM technologies during the reconstruction of cities in Ukraine. *Metallurgy and heat treatment of metals*. Vol. 4(99). Pp. 64-70.
2. Savytskyi M.V., Benderskyi Y.B., Novichenko N.V., Babenko M.M. and Koval A.S. (2014). Technologies for the production of materials and structures using precast concrete in low-rise eco-construction. *Construction. Materials science. Engineering*. Series: Innovative technologies of the life cycle of residential, civil, industrial and transport objects. Vol. 77. Pp. 182-194.
3. Kirichek Yu.O., Komissarov G.V. (2019). Soil-cement constructions for building foundations of buildings and structures. *Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*. Vol. 3. Pp. 51-57.
4. Zotsenko M.L., Petrash R.V., Petrash O.V., Popovych N.M. (2016). Ensuring the effective operation of underground structures of engineering structures made of soil cement. *Resource-economical materials, constructions, constructions and buildings*. Rivne: NUVHP. Vol. 33. Pp. 276-282.
5. Novitsky O.P., Solonin O.S. (2012). Influence of plasticizing additives on the strength of soil cement. *Collection of scientific papers Poltava National Technical University named after. Y. Kondratyuk*. Vol. 4(2). Pp. 171-177.
6. Modern technologies Menard. URL: <https://menard.com.ua/> (date of application 10.10.2023).
7. DSTU B V.2.7-171:2008 Construction materials. Additives for concrete and building structures. General technical specifications (EN 934-2:2008, NEQ) URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=56328](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56328) (date of application 13.10.2023).
8. AKS-YUG SYSTEMA TOV. URL: <https://systema.dp.ua/> (date of application 24.10.2023).
9. POLTAVAGROPROEKT RESEARCH AND DESIGN INSTITUTE. URL: <https://www.agropro.in.ua/> (date of application 06.10.2023).
10. Complex additive for jet cementation. URL: <https://prezi.com/ktmthql1ouwf/presentation> (date of application 13.10.2023).
11. DSTU B V.2.7-46-96. Construction materials cements for general construction purposes technical specifications (32326) URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=4871](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=4871) (date of application 13.10.2023).

## THE INFLUENCE OF COMPLEX ADMIXTURES ON INDICATORS OF SOIL-CEMENT STRUCTURES USING DSM TECHNOLOGY

**Abstract.** *The article stated that the priority direction of the reconstruction of Ukraine is the construction of new facilities using the latest less investment- and resource-intensive technologies, in particular, the DSM (Domain-Specific Modeling) technology. The essence of this technology is revealed and it is emphasized that the result of its application is the transformation of the rock into a soil-cement massif, which acquires high strength and anti-filtration characteristics within a short period of time. Advantages and disadvantages of DSM technology are highlighted. It is emphasized that if in the warm period of the year it is possible to achieve the necessary improved indicators of soil cement by adding more cement itself, or by increasing the power of the drilling rig during drilling*

*to obtain a homogeneous structure, then at low temperatures it is much more difficult to do so. The possibility of significantly improving the properties of soil-cement piles and bringing their structure to a more homogeneous mass in the form of a monolithic slab due to complex additives was considered. The list of measures to obtain soils with the necessary strength due to the addition of special complex additives was studied. During the experiment, the constructive-technological decision regarding the addition of plasticizers to soil-cement, in particular, was substantiated and verified during the experiment. Experimental data on the technical properties of soil cement before and after the use of complex admixtures with the addition of polycarboxylate-based plasticizers, which correspond to DSTU B.V.2.7-171:2008 "Building materials. Additives for concrete and mortars. General technical conditions (EN 934-2:2008, NEQ)". It is well-founded that soil-cement piles with the addition of plasticizers provide strengthening (stabilization) of the soil and contribute to minimal settlement of the foundations. Prospects for further research on the production of soil-cement piles with a low cement content have been determined, which will ensure both acceleration of the hardening time of the soil-cement mixture and an increase in the waterproofing properties of the piles.*

**Key words:** *soil cement, piles, homogeneity, technology, plasticizer, strength, waterproofing, foundation.*

**Nasarenko O.M.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Construction Production and Project Management,  
National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Zaporizhzhia

**Levchenko N.M.**

Doctor of Science in Public Administration, Professor at the Department of Construction Production and Project Management,  
«Zaporizhzhia Polytechnic» National University, Zaporizhzhia

**Reznychenko A.O.**

Master Student at the Department of Construction Production and Project Management,  
«Zaporizhzhia Polytechnic» National University, Zaporizhzhia

**Berezovska A.A.**

Assistant at the Department of Construction Production and Project Management,  
National University "Zaporizhzhia Polytechnic", Zaporizhzhia

УДК 624.072.2.012.35:539.374

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.4>**Павліков А.М.**д.т.н., професор, завідувач кафедри будівельних конструкцій,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава**Гарькава О.В.**к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій,  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

## НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ ПОВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОПОРУ СТИСНУТОЇ ЗОНИ БЕТОНУ

**Анотація.** У статті висвітлено сучасний стан методів розрахунку несучої здатності залізобетонних колон та запропоновані напрями їх удосконалення. Розроблення методу розрахунку несучої здатності залізобетонних колон здійснюється за деформаційною моделлю на основі рекомендацій чинних нормативних документів. При цьому розв'язується проблема визначення розрахункових граничних значень фібрових деформацій бетону у складі залізобетонних елементів, котрі мають ключове значення при розрахунку несучої здатності колон. Відмічено, що для обчислення названих значень деформацій для колон, котрі втрачають несучу здатність при досягненні межі текучості в розтягнутій арматурі, тобто працюють за умов великих ексцентриситетів прикладання зовнішнього навантаження, доцільним є застосування екстремального критерію міцності при умові  $\sigma_s = f_{yd}$ . Визначені аналітично на цій основі розрахункові граничні значення фібрових деформацій бетону використовуються при розрахунку несучої здатності колон. Для випадку завантаження колон зовнішнім навантаженням з малими ексцентриситетами його прикладання застосування екстремального критерію при  $\sigma_s < f_{yd}$  реалізується ітераційним шляхом. Для отримання аналітичних значень граничних розрахункових значень фібрових деформацій бетону в складі залізобетонних колон при роботі розтягнутої арматури в пружній стадії запропоновано критерій повного використання опору стиснутої зони бетону. На його основі аналітично визначенні розрахункові граничні значення фібрових деформацій бетону, котрі можуть бути використані при визначенні несучої здатності колон, що працюють з малими ексцентриситетами прикладання зовнішнього навантаження. В результаті побудована діаграма розрахункових граничних значень рівнів фібрових деформацій бетону в стиснутій зоні поперечного перерізу позацентрово стиснутого елемента прямокутного профілю при  $\sigma_s < f_{yd}$ . Для практичного використання розроблена методика визначення несучої здатності залізобетонних колон з використанням отриманих значень деформацій. Реалізація розробленої методики проілюстрована на прикладі.

**Ключові слова:** залізобетон, колона, стиск, несуча здатність, розрахунок.

**Постановка проблеми.** Серед вертикальних несучих конструкцій домінуючі позиції не втрачають залізобетонні колони, котрі як складові елементи каркасів, естакад, бункерів, силосів, водонапірних веж, градирень та інших будівель і споруд зазнають складного деформування. Залежно від схем їх завантаження в складі тих чи інших будівельних об'єктів у залізобетонних колонах можуть спостерігатись часткові випадки їх косоного деформування, а саме: плоского позацентрового стиску. При цьому для проектування колон, котрі працюють в умовах такого деформування, аналітичне розв'язання задачі

визначення їх несучої здатності повною мірою не реалізоване.

**Аналіз останніх досліджень.** При розробленні методики розрахунку несучої здатності залізобетонних колон на основі деформаційної моделі одним із ключових завдань є розв'язання задачі встановлення розрахункових граничних (конструкційних) значень деформацій бетону на рівні найбільш стиснутої фібри перерізу у момент утрати несучої здатності. На даний час при розв'язанні цієї задачі застосовуються різні підходи, найбільш широкого застосування з яких набули: визначення шуканих значень деформацій бетону в експериментів [1–3],

розрахунок цих значень на основі екстремального критерію міцності  $N_{Rd}(\epsilon_{c(1)}) = \max N_{Rd}(\epsilon_{cu})$  (де  $\epsilon_{cu}$  – деформації бетону в найбільш стиснутій фібрі перерізу залізобетонного елемента в момент досягнення максимального опору  $N_{Rd}$  дії зовнішнього поздовжнього зусилля) [4 – 7] та інші [8–11].

Застосування екстремального критерію розглянуто в роботах [6–7] для позацентрово стиснутих залізобетонних елементів з великими ексцентриситетами прикладання зовнішнього навантаження, тобто таких, у котрих в момент їх руйнування напруження в арматурі розтягнутої зони досягають межі текучості  $\sigma_s = f_{yd}$ . На цій основі аналітично визначені розрахункові граничні значення деформацій стиску бетону в залізобетонних елементах як при косому їх деформуванні, так і при позацентровому стисканні. Таким чином, розв'язані задачі визначення несучої здатності та розрахунку кількості арматури для залізобетонних елементів за наведених умов [6].

Для стиснутих неоднорідно деформованих залізобетонних елементів, у котрих при їх руйнуванні деформації розтягнутої арматури не досягають межі текучості, граничні значення фібрових деформацій бетону будуть перевищувати значення, обчислені на основі екстремального критерію при  $\sigma_s = f_{yd}$ . В цьому випадку, при досягненні бетоном граничного опору стиску  $\sigma_c = f_{cd}$  в найбільш стиснутій фібрі, значення несучої здатності елемента може зростати до певного моменту. Таке зростання може бути обумовлено збільшенням значення рівнодійної зусиль в розтягнутій арматурі (відповідно і в стиснутому бетоні), котра в цей момент працює в пружній стадії, а також зростанням плеча внутрішньої пари сил при зміщенні рівнодійної зусиль стиску в бетоні в бік найбільш стиснутого ребра як результату збільшення повноти епюри напружень.

Описане явище може бути притаманним як позацентрово стиснутим елементам з малими ексцентриситетами прикладання зовнішнього навантаження, так і переармованим згинальним елементам та елементам, армованим високоміцною арматурою.

У розрахунках несучої здатності названих елементів пошук розрахункових граничних значень фібрових деформацій бетону здійснюється ітераційним шляхом за допомогою екстремального критерію  $\partial N_{Rd} / \partial \epsilon_{c(1)} = 0$  за умови, що  $\sigma_s < f_{yd}$  [12], оскільки на сьогодні немає пропозицій щодо аналітичного їх визначення.

Викладене вище говорить про те, що для використання на практиці деформаційної моделі напружено-деформованого стану залізобетонних колон з упровадженням в неї повної діаграми стану бетону існує проблема аналітичного визначення граничних значень фібрових деформацій бетону в складі залізобетонних колон при  $\sigma_s < f_{yd}$ .

**Мета роботи.** Розробити методику розрахунку несучої здатності залізобетонних колон на основі нелінійної деформаційної моделі з використанням критерію повного використання опору стиснутої зони бетону.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Розроблення методики розрахунку несучої здатності залізобетонних позацентрово стиснутих колон виконується на основі деформаційного методу з використанням передумов, запроваджених чинними нормами [1]. При цьому для описання процесу деформування стиснутого бетону прийнято дробово-раціональну функцію  $\sigma_c - \epsilon_c$  за [1, (3.4)]. Зв'язок між напруженнями і деформаціями в арматурі описується дволінійною діаграмою з горизонтальною верхньою гілкою за [1, рис. 3.6].

Розрахункова схема зусиль, напружень і деформацій в перерізі залізобетонної колони, розроблена на основі прийнятих передумов, наведена на рисунку 1.

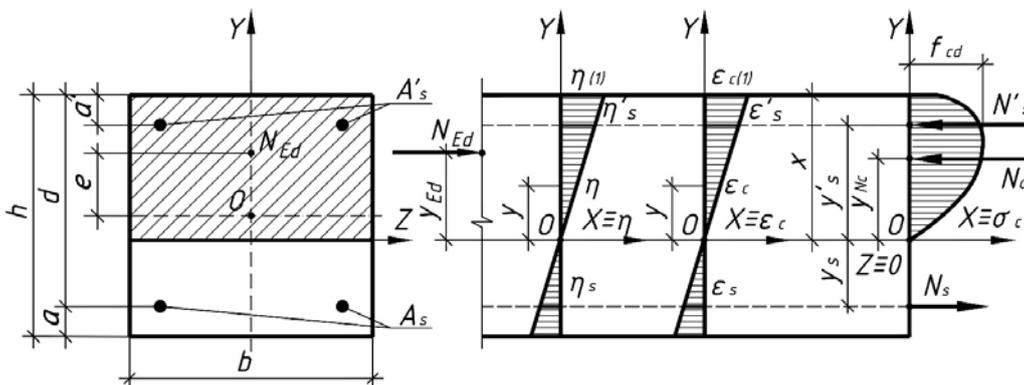


Рис. 1. Розрахункова схема до визначення несучої здатності позацентрово стиснутої залізобетонної колони

Розрахункові рівняння рівноваги у площині координатної осі  $Y$ , перпендикулярної до нейтральної лінії (рис. 1), записані у такому вигляді:

$$\sum Z = 0: N_{Ed} - N_c - N'_s + N_s = 0; \quad (1)$$

$$\sum M_B = 0: N_c(y_{Ed} - y_{Nc}) + N'_s(y_{Ed} - y'_s) + N_s(y_{Ed} - y_s) = 0, \quad (2)$$

де  $N_{Ed}$  – поздовжня сила від зовнішнього навантаження;

$N_c$  – рівнодійна напружень в бетоні стиснутої зони;

$N'_s, N_s$  – рівнодійні зусиль в стиснутій та розтягнутій арматурі відповідно;

$y_{Nc}$  – координата точки прикладання зусилля  $N_c$ ;

$y'_s, y_s$  – координата точки прикладання зусилля  $N'_s, N_s$ ;

$y_{Ed}$  – координата точки прикладання сили  $N_{Ed}$ ;

$x$  – висота стиснутої зони бетону;

$e$  – ексцентриситет прикладання зовнішньої сили  $N_{Ed}$  відносно центра інерції перерізу колони.

Закон розподілення напружень в системі координат  $XOY$  отримано з використанням функції  $\sigma_c - \varepsilon_c$  за [1, (3.4)] в [6, с. 59] у вигляді залежності

$$\sigma_n = \frac{f_{cd} \eta_{(1)} y (kx - \eta_{(1)} y)}{x (x + (k-2) \eta_{(1)} y)}, \quad (3)$$

в якій  $\eta_{(1)} = \varepsilon_{c(1)} / \varepsilon_{c1}$  – рівень деформацій стиску бетону в точці перерізу з відносною деформацією  $\varepsilon_{c(1)}$ , найвіддаленіший від нейтральної лінії (рис. 1);

$y$  – поточне значення координати в системі координат  $XOY$ ;

$x$  – висота стиснутої зони бетону.

Рівнодійна зусиль в бетоні стиснутої зони з урахуванням (3) визначається за залежністю [6, с. 158]:

$$N_c = b \int_0^x \frac{f_{cd} \eta_{(1)} y (kx - \eta_{(1)} y)}{x (x + (k-2) \eta_{(1)} y)} dy = f_{cd} b x \omega, \quad (4)$$

в якій

$$\omega = \left. \begin{aligned} & \frac{(k-1)^2 (c - \ln c - 1)}{(k-2)^3 \eta_{(1)}} - \frac{\eta_{(1)}}{2(k-2)} \text{ при } k \neq 2, \\ & \omega = \eta_{(1)} \left( 1 - \frac{\eta_{(1)}}{3} \right) \text{ при } k = 2, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де  $\omega$  – коефіцієнт повноти епюри напружень у бетоні стиснутої зони;

$$c = 1 + (k-2) \eta_{(1)},$$

Координата прикладання зусилля  $N_c$  визначається за залежністю, отриманою в [6, с. 158]

$$y_{Nc} = \frac{S_c}{N_c} = x \frac{\Phi}{\omega}; \quad (6)$$

$$S_c = b \int_0^x \frac{f_{cd} \eta_{(1)} y (kx - \eta_{(1)} y)}{x (x + (k-2) \eta_{(1)} y)} y dy = f_{cd} b x \Phi, \quad (7)$$

де

$$\Phi = \left. \begin{aligned} & \frac{(k-1)^2}{(k-2)^3} \left( \frac{k-2}{2} - \frac{1}{\eta_{(1)}} \left( 1 - \frac{\ln c}{(k-2) \eta_{(1)}} \right) \right) - \frac{\eta_m}{3(k-2)} \text{ при } k \neq 2 \\ & \Phi = \eta_{(1)} \left( \frac{2}{3} - \frac{\eta_{(1)}}{4} \right) \text{ при } k = 2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Рівнодійні зусиль в стиснутій та розтягнутій арматурі обчислюються залежно від напружень

$$N'_s = \sigma'_s A'_s, \quad (9)$$

$$N_s = \sigma_s A_s. \quad (10)$$

Напруження в арматурі визначається за дволінійним законом її деформування [1, рис. 3.6] залежно від її деформацій у перерізі колони (рис. 1):

$$\sigma'_s = E'_s \varepsilon'_s \leq f'_{yd}, \quad (11)$$

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \leq f_{yd}, \quad (12)$$

де деформації арматури:

$$\varepsilon'_s = \frac{\varepsilon_{c(1)} y'_s}{x}, \quad (13)$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{c(1)} y_s}{x}. \quad (14)$$

За критерій вичерпання несучої здатності у розрахунках може слугувати критерій повного використання опору стиснутої зони бетону залізобетонного елемента. Він за своєю фізичною сутністю є критерієм руйнування бетону стиснутої зони при максимальному значенні зусилля  $N_c$ , тобто при максимальному наповненні епюри напружень стиску. Визначення критерію реалізується шляхом дослідження функції  $N_c = f(\varepsilon_{c(1)})$ , на екстремум, що також може бути еквівалентно дослідженню функції коефіцієнта повноти епюри напружень стиску в бетоні стиснутої зони у вигляді умов:

$$\omega(\varepsilon_{co}) = \max \omega(\varepsilon_{c(1)}) \text{ або } \omega(\eta_o) = \max \omega(\eta_{(1)}), \quad (15)$$

де розрахункове граничне значення деформації бетону на стиск (або її рівень)  $\varepsilon_{co}$  ( $\eta_o = \varepsilon_{co} / \varepsilon_{c1,cd}$ ) перевищує значення деформацій  $\varepsilon_{cu}$  ( $\eta_u = \varepsilon_{cu} / \varepsilon_{c1,cd}$ ), що відповідають екстремальному критерію міцності даного перерізу при сталому значенні напружень текучості в арматурі [6].

Застосування критерію (15) є прийнятним за умови, що відповідні деформації  $\varepsilon_s$  розтягнутої арматури в перерізі залізобетонного елемента знаходяться на визначеному проміжку

її деформацій  $0 < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{s0}$ , що відповідає пружній роботі арматури.

Із викладеного випливає, що, використовуючи критерій (15), залежність для визначення невідомої величини  $\varepsilon_{co}$  ( $\eta_o$ ) можна отримати шляхом диференціювання функції  $\omega = f(\eta_{c(1)}, \dots)$ , поклавши в основу шуканої залежності – критерій повного використання опору стиснутої зони бетону при умові, що напруження в розташованій у перерізі розтягнутій арматурі зростають, а також урахувавши той факт, що висота  $x$  стиснутої зони бетону прийматиме цілком обумовлені значення.

Опираючись на запропонований критерій, для визначення значень  $\varepsilon_{co}$  ( $\eta_o$ ) залежність (5) досліджена на екстремум за умовою:

$$\frac{\partial \omega}{\partial \eta_{(1)}} = 0. \quad (16)$$

Розв'язком рівняння (16) є залежність, котра дозволяє визначати граничні деформації бетону залежно від коефіцієнта  $k$  фізико-механічних властивостей бетону

$$\eta_o = \frac{e^\lambda - 1}{k - 2}, \quad k \neq 2, \quad (17)$$

де  $\lambda$  – корінь характеристичного рівняння

$$e^\lambda (2k(k-2)(\lambda-1) + 2\lambda - 3) - e^{3\lambda} + 2e^{2\lambda} + 2k(k-2) + 2 = 0. \quad (18)$$

Для значення  $k = 2$

$$\frac{\partial \omega}{\partial \eta_{(1)}} = 1 - \frac{2\eta_{c(1)}}{3}. \quad (19)$$

Представивши (19) у вигляді рівняння за (16), отримуємо  $\eta_o = 1,5$ .

Графічно результати дослідження виразу (5) у вигляді функції  $\omega = f(\eta_{c(1)}, \dots)$  на екстремум являють собою діаграму граничних значень рівнів фібрових деформацій бетону залізобетонних елементів в момент досягнення епюрою напружень в бетоні стиснутої зони максимального наповнення (рис. 2). Отриману діаграму можна використовувати у розрахунках.

На рисунку 2 наведена також діаграма граничних значень бетону залізобетонних елементів, отриманих в [6, с. 67] на основі екстремального критерію міцності. Різниця між наведеними значеннями при однакових значеннях  $k$  демонструє резерви міцності бетону в складі залізобетонного елемента, арматура в якому працює в пружній стадії. Цей резерв може також бути ефективно реалізований при застосуванні високоміцної арматури.

Для практичного застосування параметрів  $\omega$  та  $\varphi$ , котрі залежать від  $\eta_{(1)}$ , в розрахунках міцності позациентрово стиснутих залізобетонних

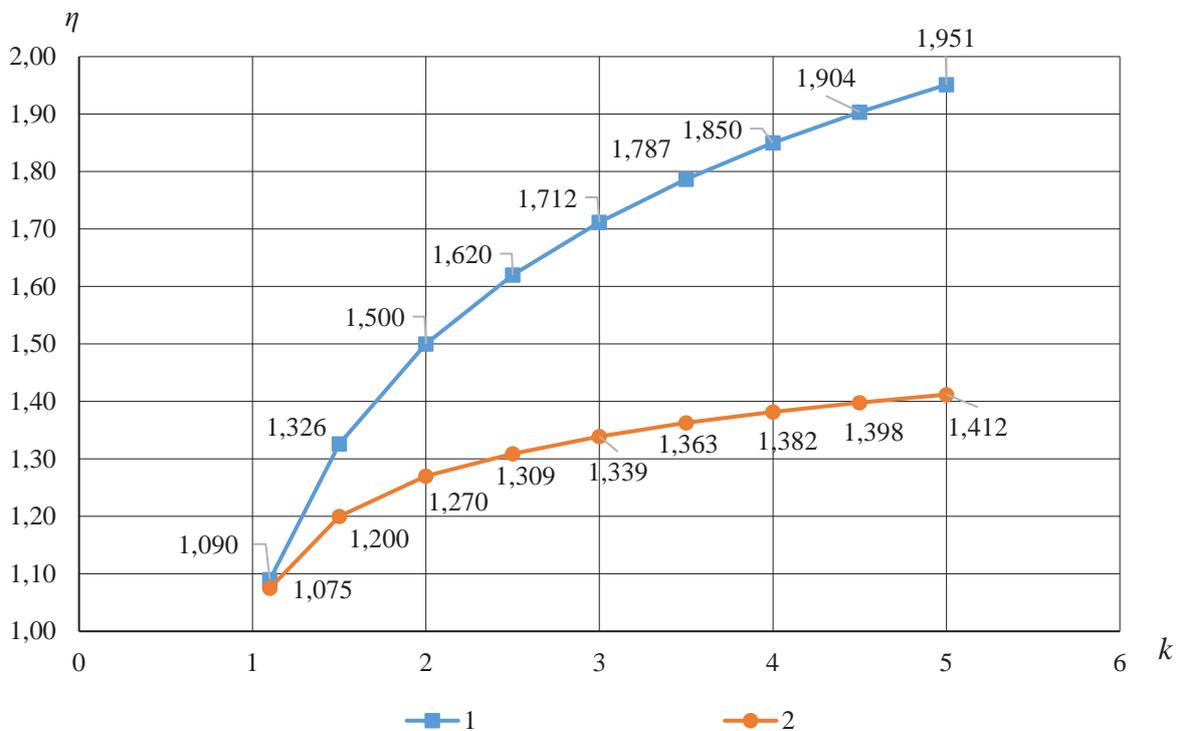


Рис. 2. Діаграми граничних значень рівнів фібрових деформацій бетону в стиснутій зоні поперечного перерізу позациентрово стиснутого елемента прямокутного профілю: 1 –  $\eta_o$  за (15) при  $\sigma_s < f_{yd}$  та 2 –  $\eta_u$  за екстремальним критерієм [6, с. 67] при  $\sigma_s = f_{yd}$  залежно від параметра  $k$

**Таблиця 1. Значення параметрів  $\eta_o$ ,  $\omega$  та  $\varphi$  для позacentрово стиснутих колон залежно від класу бетону С**

Клас бетону	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/35	C32/40	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$\eta_o$	1,741	1,705	1,669	1,642	1,620	1,598	1,578	1,564	1,543	1,518
$\omega$	0,820	0,811	0,801	0,794	0,788	0,781	0,775	0,771	0,764	0,756
$\varphi$	0,456	0,454	0,416	0,449	0,448	0,446	0,444	0,443	0,441	0,439
$\varphi/\omega$	0,557	0,560	0,519	0,565	0,569	0,571	0,573	0,575	0,577	0,581

колон їх значення, обчислені за умовою (16) з урахуванням даних графіка 1 на рисунку 3, зведені у таблицю 1 залежно від класу бетону С.

Розглянемо застосування розробленої методики на прикладі.

**Приклад.** Дано: колона з поперечним перерізом квадратного профілю розмірами  $b = 400$  мм,  $h = 400$  мм (рис. 1); бетон колони класу C30/35 ( $f_{cd} = 19,5$  МПа,  $E_{cd} = 27$  ГПа,  $\epsilon_{e1,cd} = 1,72\%$ ); арматура класу A400C ( $f_{yd} = 364$  МПа,  $E_s = 210$  ГПа,  $\epsilon_{s0} = 0,0017$ ) розташована на відстані від граней перерізу на відстані  $a' = a = 50$  мм, площа арматури  $A'_s = A_s = 628$  мм<sup>2</sup>; ексцентриситет прикладання зовнішньої сили  $N_{Ed}$  складає  $e = 60$  мм. Визначити несучу здатність колони.

Робоча висота перерізу  $d = h - a = 400 - 50 = 350$  мм.

Для розглядуваної колони за методикою [6] встановлено, що в момент руйнування розтягнута арматура не досягає межі текучості.

Визначаємо висоту  $x$  стиснутої зони бетону з рівняння (2), виразивши його складові через  $x$ , при таких значеннях величин:  $\omega = 0,787$ ,  $\varphi = 0,449$ ,

$\varphi/\omega = 0,569$  (табл. 1). Для спрощення приймаємо, що напруження в стиснутій арматурі досягають межі текучості, тобто  $\sigma'_s = f_{yd} = 364$  МПа.

Після розв'язання рівняння з одним невідомим, отримано  $x = 346,65$  мм. При цьому отримано такі значення складових рівняння (2):  $N = 2127,92$  кН;  $y_{Nc} = 197,33$  мм;  $y_{Ed} = 206,65$  мм;  $y'_s = 296,65$  мм;  $\epsilon'_s = 0,0024 > \epsilon_{s0} = 0,0017$ ;  $\sigma'_s = 364$  МПа;  $N' = 228,59$  кН;  $y_s = -3,35$  мм;  $\epsilon_s = 0,00003 < \epsilon_{s0} = 0,0017$ ;  $\sigma_s = 5,66$  МПа;  $N_s = 3,56$  кН.

Поздовжню силу визначаємо з рівняння (1)  $N_{Rd} = N_{Ed} = 2352,95$  кН.

Значення поздовжньої сили, обчислене ітераційним методом за [12] з використанням апроксимації діаграми стану бетону поліномом 5-го ступеня, складає  $N_{Rd} = 2418,00$  кНм.

**Висновки.** Сумісне застосування екстремального критерію та критерію повного використання опору стиснутої зони бетону залізобетонного елемента (15) дозволяє визначити несучу здатність позacentрово стиснутих залізобетонних колон при різних випадках прикладання зовнішнього навантаження.

### Література

- ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2022.71 с.
- Grammatikou S., Biskinis D., Fardis M.N. Ultimate Strain Criteria for RC Members in Monotonic or Cyclic Flexure. Journal of Structural Engineering, 2016. Vol. 142, No. 9. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001501](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001501)
- Baduge Sh.K., Mendis P., Ngo T. Stress-strain relationship for very-high strength concrete (>100 MPa) confined by lateral reinforcement. Engineering Structures, 2018. Vol. 177, P. 795-808. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.08.008>
- Rüsch H. Researches toward a general flexural theory for structural concrete. Journal of the American Concrete Institute, 1960. Vol.32, No.1, P. 1-28, 1960.
- Митрофанов В.П., Павліков А.М. Екстремальний критерій міцності залізобетонних елементів у деформаційній моделі. Будівельні конструкції. Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону: Зб. наук. пр., 2005. Вип. 62. Кн. 1. С.205-212.
- Павліков А.М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану косозавантажених залізобетонних елементів у закритичній стадії: монографія, 2007. Полтава: ПНТУ ім. Юрія Кондратюка.
- Pavlikov A.M., Harkava O.V., Prykhodko Yu.O., Baryliak B.A. Experimental and Theoretical Testing Results of Reinforced Concrete Columns under Biaxial Bending. International Journal of Engineering & Technology, 2018. Vol. 7 (4.8), P. 145-151. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27230>
- Wu Y.-F., Cao Yu. Energy Balance Method for Modeling Ultimate Strain of Confined Concrete. ACI Structural Journal, 2017. Vol. 114, No. 2, P. 373-381. URL: <https://doi.org/10.14359/51689429>
- Tijani I.A., Wu Y.-F., Lim C.W. Energy balance method for modelling ultimate strain of fiber-reinforced polymer-repaired concrete. Structural Concrete, 2020. Vol. 21, P. 804-820. URL: <https://doi.org/10.1002/suco.201900260>
- Samani A.K., Attard M.M. A stress-strain model for uniaxial and confined concrete under compression. Engineering Structures, 2012. Vol. 41, P. 335-349. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.03.027>

11. Pour A.F., Faradonbeh R. Sh., Gholampour A., Ngo Tuan D. Predicting ultimate condition and transition point on axial stress-strain curve of FRP-confined concrete using a meta-heuristic algorithm. *Composite Structures*, 2023. Vol. 304, part 2. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.116387>
12. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 118.

### References

1. DBN V.2.6-98:2009. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia. [Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions]. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2022. 71 s.
2. Grammatikou S., Biskinis D., Fardis M.N. (2016). Ultimate Strain Criteria for RC Members in Monotonic or Cyclic Flexure. *Journal of Structural Engineering*, 142, 9. URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001501](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001501)
3. Baduge Sh.K., Mendis P., Ngo T. (2018). Stress-strain relationship for very-high strength concrete (>100 MPa) confined by lateral reinforcement. *Engineering Structures*, 177, 795-808. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.08.008>
4. Rüsç H. (1960). Researches toward a general flexural theory for structural concrete. *Journal of the American Concrete Institute*, 32, 1, 1-28.
5. Mytrofanov V.P., Pavlikov A.M. (2005). Ekstremalniy kryterii mitsnosti zalizobetonnykh elementiv u deformatsiiniy modeli. [Extreme strength criterion of reinforced concrete elements in the deformation model]. *Budivelni konstruktsii. Naukovo-tekhnichni problemy suchasnoho zalizobetonu*, 62, 1, 205-212.
6. Pavlikov A.M. (2007). Nelineina model napruzhenno-deformovanoho stanu kosozavantazhenykh zalizobetonnykh elementiv u zakrytychniy stadii. [A nonlinear model of the stress-strain state of biaxially loaded reinforced concrete elements in the supercritical stage]. Poltava: PNTU im. Yurii Kondratiuka.
7. Pavlikov A.M., Harkava O.V., Prykhodko Yu.O., Baryliak B.A. (2018). Experimental and Theoretical Testing Results of Reinforced Concrete Columns under Biaxial Bending. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.8), 145-151. URL: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27230>
8. Wu Y.-F., Cao Yu. (2017). Energy Balance Method for Modeling Ultimate Strain of Confined Concrete. *ACI Structural Journal*, 114, 2, 373-381. URL: <https://doi.org/10.14359/51689429>
9. Tijani I.A., Wu Y.-F., Lim C.W. (2020). Energy balance method for modelling ultimate strain of fiber-reinforced polymer-repaired concrete. *Structural Concrete*, 21, 804-820. URL: <https://doi.org/10.1002/suco.201900260>
10. Samani A.K., Attard M.M. (2012). A stress-strain model for uniaxial and confined concrete under compression. *Engineering Structures*, 41, 335-349. URL: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.03.027>
11. Pour A.F., Faradonbeh R. Sh., Gholampour A., Ngo Tuan D. (2023). Predicting ultimate condition and transition point on axial stress-strain curve of FRP-confined concrete using a meta-heuristic algorithm. *Composite Structures*, 304, 2. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2022.116387>
12. ДСТУ В В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules]. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2011. 118.

## BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS BASED ON THE CRITERIA OF FULL USE OF THE RESISTANCE OF THE COMPRESSED CONCRETE AREA

**Abstract.** *The article highlights the current state of methods for calculating the bearing capacity of reinforced concrete columns and suggested directions for their improvement. The development of the method of calculating the bearing capacity of reinforced concrete columns is carried out according to the deformation model based on the recommendations of current regulatory documents. At the same time, the problem of determining the design ultimate values of fiber strains of concrete in the composition of reinforced concrete members, which are of key importance in calculating the bearing capacity of columns, is solved. It is noted that in order to calculate the named strain values for columns that lose their bearing capacity upon reaching the yield point in tensile reinforcement, that is, they work under conditions of large eccentricities of external load application, it is expedient to use the extreme strength criterion under the condition  $\sigma_s = f_{yd}$ . Analytically determined the design ultimate values of fiber strains of concrete are used when calculating the bearing capacity of the columns. For the case of loading the columns with an external load with small eccentricities, the application of the extreme criterion at  $\sigma_s < f_{yd}$  is implemented iteratively. In order to obtain analytical values of the design ultimate values of fiber strains of concrete in the composition of reinforced concrete columns during the operation of tensile reinforcement in the elastic stage, a criterion of full use of the resistance of the compressed concrete area is proposed. Based on it, of the design ultimate values of fiber strains of concrete are analytically determined, which can be used in determining the bearing capacity of columns working with small eccentricities of external load application. As a result, a diagram of the design ultimate values of the levels of fiber strains of concrete in the compressed area of the cross-*

*section of an eccentrically compressed element of a rectangular profile at  $\sigma_s < f_{yd}$  was constructed. For practical use, a method for determining the bearing capacity of reinforced concrete columns using the obtained values of strains has been developed. The implementation of the developed methodology is illustrated by an example.*

***Key words: reinforced concrete, column, axial loading and bending, section analysis.***

**Pavlikov A.M.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Building Structures,  
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava

**Harkava O.V.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Building Structures,  
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava

### **Постернак І.М.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри організації будівництва та охорони праці,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса  
ORCID ID: 0000-0002-5274-8892

### **Постернак С.О.**

к.т.н., доцент, технічний спеціаліст,  
ПП «Композит», м. Одеса  
ORCID ID: 0000-0003-0890-4963

### **Постернак О.С.**

здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр» ОПП «Будівництво та цивільна інженерія»,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса  
ORCID ID: 0000-0002-4568-9943

## **КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ У СКЛАДІ ПРОЄКТУ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА «КНТК МЕРЕК»**

***Анотація.** В якості однієї з форм інтеграції виступають у містобудівній структурі різні комплекси. У процесі формування планів розвитку міст всі частіше складається ситуація, коли для підвищення ефективності використовуваних ресурсів потрібні нові прогресивні форми організації будівельного виробництва. Розробка та впровадження нових та удосконалення існуючих технологій у капітальному будівництві визначається необхідністю зниження матеріальних та трудових витрат на їх виконання, а також необхідністю скорочення інвестиційного циклу будівництва будівель та споруд. У роботі використаний метод календарного планування для організації будівельного виробництва. На чотирьох будівельних об'єктах (будівлях історичної забудови Одеси 1820...1920 рр.), визначених як приватні фронти робіт, виконуються чотири види робіт у жорсткій технологічній послідовності (А→Б→В→Г) по кожному об'єкту: проектні роботи (індекс А), роботи з реконструкції несучого остова (індекс Б), роботи з реконструкції завершеної частини (індекс В) та оздоблювальні роботи (індекс Г). Черговість освоєння приватних фронтів робіт також зафіксована наступною послідовністю: 1→2→3→4. Пропонується створити у місті Одесі «Корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРЕК», як інноваційну організаційну структуру, яка використовує на практиці накопичений науково-технічний потенціал для реконструкції будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоефективності. Виконано формування потоків за методом безперервного використання ресурсів (у матричній формі), як потокового методу розрахунку календарного плану виконання будівельних робіт у складі проекту організації будівництва Корпоративного науково-технічного комплексу містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРЕК». Розглянутий метод розрахунку має позитивну властивість ефективного використання вартості трудових та машинних ресурсів, за їх значної вартості, але при цьому виникають перерви в освоєнні окремих приватних фронтів робіт.*

***Ключові слова:** оперативне управління будівництвом, організація будівництва, будівельні роботи, корпоративний науково-технічний комплекс, містобудівна енергореконструкція.*

**Постановка проблеми.** Як одна з перспективних форм інтеграції виступають у містобудівній структурі різні комплекси. У процесі формування планів соціального та економічного розвитку великих міст дедалі частіше

складається ситуація, коли підвищення ефективності використовуваних фінансових, матеріальних і трудових ресурсів потрібна не просто концентрація зусиль, а й нові прогресивні форми організації будівельного виробни-

цтва – корпоративні, науково-технічні, енергоєфективні [1...6].

**Аналіз останніх досліджень.** Тенденції економіки трансформаційного суспільства такі, що рушійною силою розвитку суспільства стає наука [7, с. 29].

Для високотехнологічних, наукоємних, технічно складних продуктів конкурентний потенціал дуже важливий, тому що підприємство, яке не може створити конкурентоспроможні товари та послуги, стає банкрутом. Сьогодні у нього може бути конкурентоспроможний товар, але він плід минулих надбань [8, с. 21–22]. Поняття «містобудівна спадщина» охоплює як окремі будинки, так і великі квартали, зони історичних центрів і місто в цілому. «Місто – це інтеграл людської діяльності, матеріалізований в архітектурі...». Таке багатозначне визначення складному міському організму дав архітектор А.К. Бурів. [9, с.103]. Нове місто – миттєве явище. Раз виникнувши, воно стає історичною категорією в процесі свого розвитку і є об'єктом розгляду. Цінність історичної архітектурно-містобудівної спадщини визначається наступними положеннями [9, с.105]: а) архітектурні й містобудівні досягнення минулих епох є однією з найважливіших складових історико-культурної спадщини; б) пам'ятники історії й культури, історичне архітектурно-просторове середовище збагачує вигляд сучасних міст; в) наявність сформованих ансамблів викликає прагнення до гармонії з навколишнім середовищем.

Відповідно до умов життя в міському організмі закономірно відмирають старі тканини й народжуються нові, тому відновлення міст відбувається послідовно, шляхом заміни застарілих матеріальних фондів і поступового перетворення на цій основі планувальної структури в цілому або її окремих елементів. Метою реконструкції й реставрації архітектурно-містобудівної спадщини є збереження композиційних і естетичних особливостей історичного міського середовища. Містобудівна реконструкція – це цілеспрямована діяльність по зміні містобудівної раніше сформованої структури, що обумовлено потребами вдосконалення, розвитку. Поняття реконструкції міст має двоякий сенс. З одного боку, воно відбиває процес довго триваючого розвитку поселень, вдосконалення їхньої просторової організації. З іншого боку, це – матеріальний результат, стан забудови на зараз. Зрозумівши ці сто-

рони реконструкції в їхньому взаємозв'язку, можна правильно підійти до оцінки завдань і встановити методи перебудови міст. Реконструкція – безперервний процес, що проходить у кожному місті по-різному, залежно від попереднього росту й сучасних вимог. Це визначає значення міста як історичного явища, у якому переплітаються різні епохи. І в сучасному міському організмі безупинно змінюються його складові [9...14].

Теоретичну основу дослідження з питань організаційно-економічних засад, інноваційного потенціалу, системного підходу до управління та енергозбереження будівельних підприємств склали роботи таких вчених, зокрема С.А. Ушацького і А.В. Сердюка [15], О.О.Пшик-Ковальської[16], А.Н.Гуцалюка[17], В.М. Кірнос, В.Ф. Залуніна і Т.В. Ткач [18], В.А. Козловського і І.В. Причеп [19], Н.І. Верхоглядової, Д.Л. Левчинського і О.Е. Россихіна [20], А.В. Строкович [21], О.І. Кірнос, О.Ю. Щеглової і Д.С. Нікітіна [22], Л.А. Волощук [23], В.В. Джеджули [24].

**Мета роботи.** Запропонувати організаційну структуру, що використовує на практиці накопичений науково-технічний потенціал для реконструкції будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоєфективності та виконати формування потоків (у матричній формі) методом розрахунку організації будівельних робіт Корпоративного науково-технічного комплексу містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРек» – методом безперервного використання ресурсів.

**Результати досліджень.** Провідною ознакою доцільності застосування координаційних принципів управління виступає спільність господарських цілей і завдань, що вимагає виробничої кооперації.

З позицій методології керування «Корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРек» (розробка Постернак І.М. та Постернак С.О.) [25] є економічним об'єктом нового класу, що отримав назву інтеграційного. Його специфіка впливає з його комплексності, що припускає:

- високий рівень збігу інтересів основних виробничих організацій, що входять у КНТК МЕРек при збереженні галузевої приналежності й відповідного включення її в галузеві системи планування, фінансування, матеріально-технічного постачання й управління;

- взаємозв'язок господарської діяльності, що визначає їхню залежність у досягненні як

власних, так і галузевих цілей, що формують даний комплекс;

– територіально-обумовлена соціально-економічна єдність, яка неможлива без здійснення погодженої економічної політики, вільної від відомчих обмежень.

Такі самі загальні особливості, які свідчать про те, що при організації управління КНТК МЕРек не можна лише пристосувати діючий господарський механізм, необхідний пошук нових форм і методів. По суті, головна проблема – це забезпечення координації в діяльності органів управління, що відносяться до різних ланок і рівнів будівельної галузі. Найчастіше пропонують їх об'єднати «під загальним дахом». Але такі структури занадто громіздкі, важко керовані, та й не завжди реалізовані на практиці. Необхідно в такий спосіб організувати учасників КНТК МЕРек, щоб вони, реалізуючи власні цілі, досягали б і загальних результатів – з партнерами по будівництву різних будівельних об'єктів або із суміжниками, які хоча й не беруть участь безпосередньо в роботах, але забезпечують їх. Такий механізм є – це координація. Цілісність КНТК МЕРек надає не стільки просторова організація, скільки той кінцевий результат – продукт виробництва реконструкції, що будівельниками й створюється. Сьогодні необхідно врахувати наслідки зневаги координаційним управлінням стосовно первинних економічних осередків.

На законодавчому рівні в Одесі за останні роки діють: Програма підтримки інвестиційної діяльності на території міста Одеси, прийняття якої обумовлено необхідністю створення умов для активізації інвестиційної діяльності, спрямованої на поліпшення середовища для ведення ділової й економічної діяльності, поліпшення загальних макроекономічних показників, як наслідок забезпечення постійного соціально-економічного розвитку міста Одеси; і Комплексні Програми будівництва і розвитку соціальної та інженерної інфраструктури міста Одеси, що спрямовані на вирішення таких основних проблемних питань містобудівної сфери міста Одеси, як розвиток житлового будівництва, а також відновлення технічного стану об'єктів соціально-побутового призначення й інженерно-транспортної інфраструктури.

Щоб успішно розвивати КНТК МЕРек, треба врахувати зміни в системі керування

міським господарством, і кардинальні зміни, що склалися в економіці. Особливо це стосується проблеми із прискоренням технічного відновлення сфери виробництва будівельних матеріалів.

Реконструкція історичної забудови має велике соціально-економічне значення. Її основні завдання містяться не тільки в продовженні терміну служби будинків, але й у ліквідації фізичного й морального зношування, поліпшенні умов проживання, оснащенні житлових будинків сучасним інженерним устаткуванням, підвищенні експлуатаційних характеристик і архітектурної виразності. В Одесі в контексті міжнародної інтеграції до стандартів енергоефективних будинків діє Міська комплексна програма енергоефективності.

Аналіз міського середовища історичного центру міста свідчить про ступінь збереженості історичного житлового середовища, містобудівних доміант, архітектурних акцентів, громадських будівель. Однак, тривала експлуатація інфраструктури міського господарства та відсутність комплексного підходу в її утриманні за попередні десятиріччя призвели до незадовільного стану будівель, об'єктів та елементів благоустрою, розташованих у центральній частині міста, що у свою чергу спричинило втрату цілісності сприйняття історичного середовища у Центральному історичному ареалі міста. Культурна спадщина міста Одеси є невід'ємною частиною культурного надбання України та світу. Передумовою вирішення проблем із збереження і охороною культурної спадщини, а також розвитку історичного ареалу міста є реалізація місцевих програм за останні роки: Програм збереження та розвитку історичного центру міста Одеси.

В рамках цих програм необхідно виконати реконструкцію будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоефективності.

Як зазначає дослідник О.С. Семидьянова у статті [26, с. 29], «основними критеріями зниження тривалості виконання і як наслідок – зниження трудомісткості, є впровадження у робочий процес сучасного устаткування й матеріалів з поліпшеними характеристиками».

Розробка та впровадження нових та удосконалення існуючих технологій у капітальному будівництві визначається необхідністю зниження матеріальних та трудових витрат на їх виконання, щорічні розміри яких обчислюються мільйонами гривень прямих витрат та

мільйонами люд.-дн. трудових витрат, а також необхідністю скорочення інвестиційного циклу будівництва будівель та споруд.

У роботі використано метод календарного планування для організації будівельного виробництва. *Календарний план* – це такий проектний документ, в якому динамічно відображаються терміни і вартості виконання робіт. Календарний план може бути представлений в різних формах, з яких найбільш наочною є графічна форма. Остання широко застосовується в вигляді лінійного календарного графіка (діаграма Ганта) і мережевого графіка (графа). У змістовному аспекті календарний план системно об'єднує технологію, організацію та економіку будівельного виробництва. Календарні плани є основою як для організації будівельного виробництва, так і для управління проектами. Календарні плани розробляється в складі наступних проектів: бізнес-плану інвестиційного будівельного проекту; проекту організації будівництва; проекту обґрунтування інвестицій; оферти для її подання на підрядні торги; проекту виконання робіт; проекту річної організації робіт будівельної організації; технологічних карт й іншого.

Календарний план також є основою для формування графіка фінансування будівництва і графіка грошового потоку (*Cash Flow*), пов'язаного з оцінкою економічної ефективності проекту.

*Початковий етап календарного планування* пов'язаний з вибором моделі організації робіт, яка найбільшою мірою задовольняє потребам виробництва, конкретним економічним і технічним умовам. Залежно від наявних умов визначається *організаційно-технологічна схема*, яка є основою для розробки моделі календарного плану. Організаційно-технологічна схема головним чином визначає топологічну постановку задачі календарного планування, а також істотні умови, критерії та обмеження. Методи і способи організації робіт визначаються конкретними умовами будівництва, характером ув'язки робіт в їх технологічній послідовності, в часі і в просторі. *Створення організаційно-технологічної схеми будівництва об'єкта є складним творчим процесом, що вимагає високої кваліфікації фахівця в області календарного планування будівництва.*

У календарних планах мають місце загальні елементи. Розглянемо основні з них:

Поділ будівельного простору на приватні фронти робіт. Будівельне простір, що включає в себе або окремих об'єкт, або групу об'єктів, може бути розділений на окремі приватні фронти робіт в залежності від характеру проектних рішень і можливостей послідовного виконання робіт на виділених приватних фронтах. *Виділення приватних фронтів робіт із загального будівельного простору є необхідною умовою організації будівельного потоку, основною ознакою якого слід вважати поєднання в часі виконання різних видів робіт на різних частинах об'єкта або комплексу об'єктів.* Слід зазначити, що *приватний фронт* – це узагальнена назва виділеної частини будівельного простору.

Поділ будівництва на приватні потоки робіт. Поділ будівельного простору на приватні фронти показує, де виконуються роботи. На відміну від цього поділ будівництва на приватні потоки визначає, які повинні виконуватися роботи. В якості верхнього рівня ієрархії, що відбиває спеціалізацію праці в будівництві, можуть бути виділені цикли робіт. У свою чергу, цикли робіт включають в себе окремі види робіт. Відповідно до ієрархії за видами роботи йдуть будівельні процеси, їх результатом виконання є випуск проміжної або кінцевої будівельної продукції. Будівельні процеси можуть бути простими і комплексними. Далі прості процеси поділяються на робочі операції, інваріант яких є фіксований склад виконавців, засобів і знарядь праці. Виробництво робочих операцій здійснюється за допомогою їх розподілу на окремі робочі прийоми.

Таким чином, існує цілком чітка ієрархія при організації праці в будівельному виробництві: *цикл робіт* → *вид роботи* → *комплексний процес* → *простий процес* → *робоча операція* → *робочий прийом*.

Для опису умов виконання видів робіт служать *технологічні карти*, для опису процесів – *карти трудових процесів*. У ряді випадків ці описи доповнюються *технологічними нормами*, які визначають всі істотні умови і способи контролю робіт і операцій, що необхідні для їх якісного та ефективного виконання.

Між будь-якими двома роботами, які входять в певний комплекс робіт, точніше між будь-якими двома подіями, що визначають факти початку і закінчення двох робіт комплексу, можуть існувати зв'язки або залежності. *Зв'язки* – це те, що об'єднує окремі елементи в систему, встановлює відносини,

взаємні залежності, обумовленості. Зазвичай в будівництві враховується два основних типи зв'язків.

*Ресурсний зв'язок* – це залежність між двома суміжними роботами одного виду (виконаних на суміжних приватних фронтах), яка показує, що початок виконання подальшої роботи може бути здійснений після закінчення виконання попередньої роботи. Ресурсні зв'язки можуть змінюватися в часі (розтягнення зв'язків). Отже, вони відображають ступінь безперервності виконання робіт на суміжних приватних фронтах і в підсумку – ступінь безперервності використання ресурсів усередині кожного приватного потоку.

*Фронтальний зв'язок* – це зв'язок між двома суміжними роботами різних видів, які виконуються на одному приватному фронті. Фронтальний зв'язок показує залежність початку виконання роботи наступного виду від закінчення виконання роботи попереднього виду в межах одного приватного фронту. Фронтальні зв'язки можуть змінюватися в часі (розтягнення). Отже, фронтальні зв'язки відображають ступінь безперервності освоєння приватних фронтів робіт.

Будь-який комплекс робіт може бути виконаний різними методами з різними термінами початку і закінчення робіт, з різним характером використання ресурсів і освоєння приватних фронтів робіт і відповідно з різними за величиною техніко-економічними показниками. В основному методи розрахунку організації робіт визначаються з урахуванням обмежень, що накладаються на зв'язки між роботами.

*Поточний метод організації робіт формується за допомогою просторового розподілу загального фронту робіт на приватні фронти робіт та паралельного виконання на них різномісних приватних потоків робіт.*

Потокові методи організації робіт можуть бути розраховані різними способами, тому вони отримали назви методів розрахунку організації робіт. Розглянемо один з них – метод безперервного використання ресурсів (М-БВР).

Перед описом алгоритму розрахунку формування потоків за М-БВР розглянемо поточкову організацію робіт, представлену матрицею тривалості і розкладу будівельних робіт, при реконструкції будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоефективності, розрахованих методом безперервного

використання ресурсів (таблиця 1).

На чотирьох будівельних об'єктах (будівлях історичної забудови Одеси 1820...1920 рр.), визначених як приватні фронти робіт, виконуються чотири види робіт у жорсткій технологічній послідовності (A→B→V→Г) по кожному об'єкту: проектні роботи (індекс А), роботи з реконструкції несучого остова (індекс Б), роботи з реконструкції завершеної частини (індекс В) та оздоблювальні роботи (індекс Г). Черговість освоєння приватних фронтів робіт також зафіксована наступною послідовністю: 1→2→3→4.

Кожен вид роботи виконується постійним складом виконавців, які переходять на наступний об'єкт тільки після закінчення роботи на попередньому об'єкті. Якби цей комплекс робіт виконувався послідовним методом, його мінімальна тривалість дорівнювала сумі тривалості всіх робіт, що входять до цього комплексу:

$$T = 4+3+6+5+11+10+13+12+7+6+9+8+8+7+10+9 = 128 \text{ декад.}$$

Для потокової організації робіт при виконанні будь-якої роботи на об'єкті потрібно виконання двох обов'язкових умов:

- 1) закінчення цього виду роботи ресурсу на попередньому об'єкті (ресурсна готовність виконавців);
- 2) закінчення попереднього виду роботи на даному об'єкті (технологічна готовність приватного фронту роботи).

У центрі кожного елемента табл. 1 показано значення тривалості робіт у декадах. При формуванні розкладів робіт основне завдання полягає в розрахунку термінів виконання робіт або, іншими словами, термінів початку і закінчення робіт.

Для М-БВР як обмеження вводиться забезпечення безперервного виконання кожного виду роботи (нульове розтягнення ресурсних зв'язків), а цільової функції – максимально можливе зближення суміжних видів робіт (приватних потоків).

Для виведення основних розрахункових формул вводиться на розгляд величина, що має назву періоду розгортання, яка визначає різницю між початком подальшої роботи на приватному фронті І і початком попередньої роботи на тому ж фронті –  $T_{i+1}^p$ . Зрозуміло, що першій в технологічному порядку роботі не передує жодна інша робота і її початок приймається нульовим. Таким чином, визначивши початок першої роботи та відповідний

**Таблиця 1. Матриця тривалості і розкладів будівельних робіт у складі проекту організації будівництва при реконструкції будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоефективності, розрахованих методом безперервного використання ресурсів**

Індекс та найменування робіт	Приватний фронт роботи											Сумарна тривалість роботи	
	I			II			III			IV			
А. Проектні роботи	0		4	4		7	7		13	13		18	18=4+3+6+5
		4			3			6			5		
Б. Реконструкція несучого остова	4		15	15		25	25		38	38		50	$T_B^p = 4$ 46=11+10+13+12
		11			10			13			12		
В. Реконструкція завершої частини	28		35	35		41	41		50	50		58	$T_B^p = 24$ 30=7+6+9+8
		7			6			9			8		
Г. Оздоблювальні роботи	35		43	43		50	50		60	60		69	$T_G^p = 7$ 34=8+7+10+9
		8			7			10			9		
Сумарні тривалості фронтів робіт	43=43-0			46=50-4			53=60-7			56=69-13		Розтягування зв'язків фронтальних 70=13+20+15+22	
	30=4+11+7+8			26=3+10+6+7			38=6+13+9+10			34=5+12+8+9			
	13=43-30			20=46-26			15=53-38			22=56-34			

\*Складено на підставі статистичного моделювання

період розгортання другої роботи, можна розрахувати початок її виробництва на приватному фронті I, і далі (за індукцією) до визначення початку останнього виду роботи.

Розрахувавши початок останньої роботи з урахуванням обмеження безперервності виконання робіт, можна визначити загальну тривалість всього комплексу робіт за формулою (1):

$$T = \sum_{i=1}^{m-1} T_{i+1}^p + \sum_{j=1}^n t_{m,j}, \quad (1)$$

де  $T_{i+1}^p$  – період розгортання подальшої роботи;  $m$  – загальне число видів робіт (поточний порядковий індекс,  $i$ );  $n$  – загальне число фронтів робіт (поточний порядковий індекс,  $j$ );  $t_{m,j}$  – тривалість останнього виду роботи на  $j$ -м фронті.

Для визначення значень періодів розгортання наступних робіт скористаємося умовою (2), за якої до початку будь-якої простої роботи має бути виконана попередня за видом робота на тому ж приватному фронті:

$$T_{i+1}^p = \max_{j=1,n} \sum_{k=1}^j (t_{i,k} - t_{i+1,k-1}), \quad (2)$$

де  $t_{j+1,0}$  – тривалість роботи на нульовому фронті дорівнює нулю.

Як приклад використання формули (2), визначимо періоди розгортання робіт Б, В та Г, показані такими формулами (3).

$$T_B^p = \max \left\{ \begin{array}{l} 4 - 0 = 4 \\ 4 + 3 - 0 - 11 = -4 \\ 4 + 3 + 6 - 0 - 11 - 10 = -8 \\ 4 + 3 + 6 + 5 - 0 - 11 - 10 - 13 = -16 \end{array} \right\} = 4;$$

$$T_B^p = \max \left\{ \begin{array}{l} 11 - 0 = 11 \\ 11 + 10 - 0 - 7 = 14 \\ 11 + 10 + 13 - 0 - 7 - 6 = 21 \\ 11 + 10 + 13 + 12 - 0 - 7 - 6 - 9 = 24 \end{array} \right\} = 24; \quad (3)$$

$$T_G^p = \max \left\{ \begin{array}{l} 7 - 0 = 7 \\ 7 + 6 - 0 - 8 = 5 \\ 7 + 6 + 9 - 0 - 8 - 7 = 7 \\ 7 + 6 + 9 + 8 - 0 - 8 - 7 - 10 = 5 \end{array} \right\} = 7.$$

Розглянутий метод розрахунку будівельного потоку – метод безперервного використання ресурсів (у матричній формі) – має позитивну властивість ефективного використання вартості трудових та машинних ресурсів.

Однак при цьому виникають перерви у освоєнні окремих приватних фронтів робіт. Тому поряд із цим методом в організації будівництва застосовують й інші методи розрахунку будівельних потоків.

**Висновки.** 1. Пропонується створити в місті Одесі «Корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРек», як інноваційну організаційну структуру, яка використовує на практиці накопичений науково-технічний

потенціал для реконструкції будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоефективності.

2. Виконано формування потоків за методом безперервного використання ресурсів (у матричній формі), як потокового методу розрахунку календарного плану виконання будівельних робіт у складі проекту організації будівництва Корпора-

тивного науково-технічного комплексу містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРек». Розглянутий метод розрахунку будівельного потоку має позитивну властивість ефективного використання вартості трудових та машинних ресурсів, за їх значної (визначає тривалість робіт) вартості, але при цьому виникають перерви в освоєнні окремих приватних фронтів робіт.

### Література

1. Posternak I., Posternak O., Posternak S. Activity management the Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction. Актуальні проблеми та перспективи розвитку обліку, аналізу та контролю в соціально-орієнтованій системі управління підприємством: матеріали V Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції присвяченої пам'яті професора, заслуженого працівника вищої школи Дмитра Мусійовича Фесенка, м. Полтава, 14-15 квітня 2022 р.; Полтавський держ. аграрний ун-т. Полтава: ПДАУ, 2022. С. 524–526.
2. Posternak, I., Posternak, S., & Posternak, O. (2022). The Corporate Scientific and Technical Complex of Town-Planning Power Reconstruction: architectural and historical development of Odessa in the 19th and beginning of the 20th centuries. The First Special Humanitarian Issue of Ukrainian Scientists. European Scientific e-Journal, 2(17), 120-127. Ostrava: Tuculart Edition. doi:10.47451/urb2022-04-01 URL: <https://archive.org/details/urb2022-04-01/mode/2up>
3. Постернак І. М., Постернак С. О. Корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції КНТК МЕРек: витоки. Scientific horizons – 2016: materials of the XII International scientific and practical conference, September 30 – October 7, 2016. Sheffield: Science and education LTD, 2016. Volume 1. Economic science. P. 26–29.
4. Posternak Iryna M., Posternak Oleksii S., Posternak Serhii A. Financial and analytical support of the innovation structure - the complex of urban energy reconstruction. Сучасні тенденції розвитку фінансових та інноваційно-інвестиційних процесів в Україні = Modern V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Вінниця, 25 лютого 2022 року: збірник наукових праць Вінниця: trends in the development of financial and innovation-investment processes in Ukraine. Матеріали ВНТУ, 2022. С. 622–624.
5. Posternak I., Posternak S., Posternak O. Accounting and analytical management of a business entity – CSTC T-PPR. Економічне відродження України: проблеми, виклики, перспективи: збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції (за міжнародною участю), м. Дніпро, 30 березня 2023 р.; Український державний університет науки і технологій. Дніпро: УДУНТ, 2023. С. 121–123.
6. Posternak I., Posternak S., Posternak O. Formation streams continuous development fronts works of the complex town-planning power reconstruction. Управління розвитком соціально-економічних систем: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 20-21 квітня 2023 р.; Державний біотехнологічний університет. Харків: ДБТУ, 2023. С. 470–474.
7. Буй Д., Білощицький А, Іогунський В. Scopus та інші наукометричні бази: прості питання та нечіткі відповіді. Вища школа. 2014. №4. Київ: Знання. С. 27–40.
8. Чернов С. К., Кошкін К. В. Концептуальні основи розвитку наукоємних підприємств в конкурентному середовищу. Східно-Європейський журнал передових технологій: журнал, 2010. №1/2(43). Харків: Технологічний центр. С. 20–22.
9. Пруцин О.И, Римашевський Б., Борусевич В. Архитектурно-историческая среда: научное издание. М: Стройиздат, 1990. 408 с.
10. Россохін С. О. Оновлення міст і модернізація житлового фонду України: проблеми і перспективи. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2009. Випуск. 50. Дніпропетровськ: ПГАСА. С. 455–461.
11. Кравчуновська Т. С. До питання комплексної реконструкції кварталів. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2009. Випуск. 50. Дніпропетровськ: ПГАСА. С. 271–276.
12. Gabriel I., Ladener H. Vom Altbau zum Niedrigenergie und Passivhaus. Dresden: Staufen bei Freiburg, 2010. 480 p.
13. Верхоглядова Н. І., Левчинський Д. Л. Комплексний розвиток та планування реконструкції житлової забудови. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2009. Випуск. 50. Дніпропетровськ: ПДАБА. С. 90–94.
14. Постернак І. М. Реконструкція будівель фонові забудови центральної частини міста за стандартами енергоефективності. Будівництво, реконструкція та відновлення будівель міського господарства: матеріали IV Міжн. наук.-техн. Інтернет-конференції. м. Харків, 25 листопада – 25 грудня 2014р. Х.: ХНУМГ, 2014. С. 10–13.
15. Ушацький С. А., Сердюк А. В. Організаційно-економічні основи формування та розвитку ринку доступного житла: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 176 с.
16. Пшик-Ковальська О. О. Концептуальні засади правового забезпечення та державної підтримки розвитку будівельних підприємств у напрямку здійснення будівництва соціального житла. Соціально-економічний та технічний розвиток підприємств: проблеми, рішення, оцінка ефективності / ред. Савчук. Л. М. Дніпропетровськ: Пороги, 2016. С. 43–51.
17. Гуцалюк О. М. Організація управління інноваційним розвитком інтегрованих об'єднань підприємств. Управління інноваційною, інвестиційною та економічною діяльністю інтегрованих об'єднань та підприємств / ред. Савчук. Л. М. Дніпропетровськ: Пороги, 2016. С. 273–281.
18. Кірнос В. М., Залуїнін В. Ф., Ткач Т. В. Організаційно-економічне регулювання при плануванні результативності діяльності підприємств будівельного комплексу. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2009. Випуск 50. Дніпропетровськ: ПДАБА. С. 243–249.
19. Козловський В. О., Причепя І. В. Управління інноваційним потенціалом промислових підприємств: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2013. 184 с.
20. Верхоглядова Н. І., Левчинський Д. Л., Россіхіна О. Є. Системний підхід до управління конкурентоспроможністю будівельного підприємства. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2009. Випуск 50. Дніпропетровськ: ПДАБА. С. 95–98.
21. Строкович Г. В. Концепція стратегічного управління якістю функціонування підприємства. Соціально-економічний та технічний розвиток підприємств: проблеми, рішення, оцінка ефективності / ред. Савчук. Л. М. Дніпропетровськ: Пороги, 2016. С. 110–120.

22. Кірнос О. І., Щеглова О. Ю., Нікітін Д. С., Ткач Т. В. Організаційно-економічний механізм забезпечення ефективного використання ресурсів будівельного підприємства при реконструкції житла. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2009. Випуск 50. Дніпропетровськ: ПДАБА. С. 249–254.
23. Волощук Л.О. Інноваційний розвиток та економічна безпека промислових підприємств: проблеми комплексного управління.: монографія Одеса, 2015. 396 с.
24. Джеджула В.В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління.: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2014. 346 с.
25. Організація виробництва реконструкції будівель історичної забудови міст: звіт про НДР з 01.01.2017 по 31.12.2020 (проміжний) / Одеська держ. академія будівництва та архітектури; кер. І. М. Постернак. Шифр теми 55-НДР/ВІ № держреєстрації 0117U002172. Одеса, 2020. 74 с. URL: file:///C:/Users/User1/AppData/Local/Temp/0117U002172.pdf
26. Семидьянова О.С. Очікуваний економіко-технологічний ефект від впровадження інноваційних технологій у процес виконання внутрішніх оздоблювальних робіт. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2009. Випуск 50. Дніпропетровськ: ПДАБА, 2009. С. 503–507.

### References

- Posternak I., Posternak O., Posternak S. Activity management the Corporate scientific and technical complex town-planning power reconstruction. Aktualni problemy ta perspektvy rozvytku obliku, analizu ta kontrolju v socialjno-orijentovaniy systemi upravlinnja pidpryemstvom: materialy V vseukr. nauk.-prakt. internet-konferenciji prysvjachenoji pam'jati profesora, zasluženogho pracivnyka vyshhoji shkoly Dmytra Musijovycha Fesenka, m. Poltava, 14-15 kvitnja 2022 r.; Poltavskij derzh. aghrarnyj un-t. Poltava: PDAU, 2022. S. 524–526.
- Posternak, I., Posternak, S., & Posternak, O. (2022). The Corporate Scientific and Technical Complex of Town-Planning Power Reconstruction: architectural and historical development of Odessa in the 19th and beginning of the 20th centuries. The First Special Humanitarian Issue of Ukrainian Scientists. European Scientific e-Journal, 2(17), 120-127. Ostrava: Tuculart Edition. doi:10.47451/urb2022-04-01 URL: <https://archive.org/details/urb2022-04-01/mode/2up>
- Posternak I. M., Posternak S. O. Korporatyvnyi naukovu-tekhnichnyi kompleks mistobudivnoi enerhorekonstruksii KNTK MERek: vytoky. Scientific horizons – 2016: materials of the XII International scientific and practical conference, September 30 – October 7, 2016. Sheffield: Science and education LTD, 2016. Volume 1. Economic science. P. 26–29.
- Posternak Iryna M., Posternak Oleksii S., Posternak Serhii A. Financial and analytical support of the innovation structure - the complex of urban energy reconstruction. Modern trends in the development of financial and innovation-investment processes in Ukraine. Materialy V Mizhnarodnoji naukovu-praktychnoji konferenciji, m. Vinnycja, 25 ljutogho 2022 roku: zbirnyk naukovykh prac Vinnycja: VNTU, 2022. S. 622–624.
- Posternak I., Posternak S., Posternak O. Accounting and analytical management of a business entity – CSTC T-PPR. Ekonomichne vidrozhennja Ukrainy: problemy, vyklyky, perspektvy: zbirnyk materialiv Vseukrajinskoji naukovu-praktychnoji Internet-konferenciji (za mizhnarodnoju uchastju), m. Dnipro, 30 bereznja 2023 r.; Ukrajinskij derzhavnyj universytet nauky i tekhnologij. Dnipro: UDUNT, 2023. S.121–123.
- Posternak I., Posternak S., Posternak O. Formation streams continuous development fronts works of the complex town-planning power reconstruction. Upravlinnja rozvytkom socialjno-ekonomichnykh system: materialy VII Mizhnarodnoji naukovu-praktychnoji konferenciji, m. Kharkiv, 20-21 kvitnja 2023 r.; Derzhavnyj biotekhnologichnyj universytet. Kharkiv: DBTU, 2023. S.470–474.
- Bui D., Biloshchytskyi A, Hohunskyi V. Scopus ta inshi naukometrychni bazy: prosti pytannia ta nechitki vidpovidy. Vyshcha shkola. 2014. #4. Kyiv: Znannia. S. 27–40.
- Chernov S. K., Koshkin K. V. Konceptualni osnovy rozvytku naukojemnykh pidpryemstv v konkurentnomu seredovyshhu. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies: zhurnal, 2010. #1/2(43). Kharkiv: Tekhnologichnyj centr. S. 20–22.
- Prucyn O.Y, Rymashevskij B., Borusevych V. Arkhytekturno-ystorycheskaja sreda: nauchnoe yzdanje. M: Strojzdat, 1990. 408 s.
- Rossokhin S. O. Onovlennja mist i modernizacija zhytlovogho fondu Ukrainy: problemy i perspektvy. Budivnyctvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannja. 2009. Vypusk. 50. Dnipropetrovsjk: PGhASA. S. 455–461.
- Kravchunovsja T. S. Do pytannja kompleksnoji rekonstrukciji kvartaliv. Budivnyctvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannja. 2009. Vypusk. 50. Dnipropetrovsjk: PGhASA. S. 271–276.
- Gabriel I., Ladener H. Vom Altbau zum Niedrigenergie und Passivhaus. Dresden: Staufen bei Freiburg, 2010. 480 p.
- Verkhohliadova N. Y., Levchynskyi D. L. Kompleksnoe razvytye y planirovanye rekonstruktsyy zhyloi zastroyky. Stroytelstvo, materyalovedenye, mashynostroyenye. 2009. Выр. 50. Dnepropetrovsk: PHASA. S. 90–94.
- Posternak Y. M. Rekonstruktsiya zdanyi fonovoi zastroyky tsentralnoi chasty horoda Odessy po standartam enerhoefektyvnosti. Budivnyctvo, rekonstruktsiia i vidnovlennia budivel miskoho hospodarstva: materialy IV Mizhn. nauk.-tekh. internet-konferentsii. m. Kharkiv, 25 lystopada – 25 hrudnia 2014 r. Kh.: KhNUMH, 2014. S. 10–13.
- Ushatskyi S. A., Serdiuk A. V. Orhanizatsiino-ekonomichni osnovy formuvannia ta rozvytku rynku dostupnogo zhytla: monohrafiia. Vinnytsia: VNTU, 2011. 176 s.
- Pshyk-Kovalska O. O. Kontseptualni zasady pravovoho zabezpechennia ta derzhavnoi pidtrymky rozvytku budivelnykh pidpryemstv u napriamku zdiisnennia budivnyctva sotsialnogo zhytla. Sotsialno-ekonomichni ta tekhnichni rozvytok pidpryemstv: problemy, rishennia, otsinka efektyvnosti / red. Savchuk. L. M. Dnipropetrovsk: Porohy, 2016. S. 43–51.
- Hutsaliuk O. M. Orhanizatsiia upravlinnia innovatsiinym rozvytkom intehrovanykh obiednan pidpryemstv. Upravlinnia innovatsiinoiu, investytsiinoiu ta ekonomichnoiu diialnistiu intehrovanykh obiednan ta pidpryemstv / red. Savchuk. L. M. Dnipropetrovsk: Porohy, 2016. S. 273–281.
- Kirnos V. M., Zalunin V. F., Tkach T. V. Orghanizacijno-ekonomichne rehuljuvannja pry planuvanni rezul'tatyvnosti dijalnosti pidpryemstv budivel'nogho kompleksu. Budivnyctvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannja. 2009. Vypusk 50. Dnipropetrovsjk: PDABA. S. 243–249.
- Kozlovskiy V. O., Prychepa I. V. Upravlinnia innovatsiinym potentsialom promyslovykh pidpryemstv: monohrafiia. Vinnytsia: VNTU, 2013. 184 s.
- Verkhoghliadova N. I., Levchynskij D. L., Rossikhina O. Je. Systemnyj pidkhdid do upravlinnja konkurentospromozhnistju budivel'nogho pidpryemstva. Budivnyctvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannja. 2009. Vypusk 50. Dnipropetrovsjk: PDABA. S. 95–98.
- Strokovych H. V. Kontsepsiia stratehichnogo upravlinnia yakistiu funktsionuvannia pidpryemstva. Sotsialno-ekonomichni ta tekhnichni rozvytok pidpryemstv: problemy, rishennia, otsinka efektyvnosti / red. Savchuk. L. M. Dnipropetrovsk: Porohy, 2016. S. 110–120.

22. Kirnos O. I., Shheghlova O. Ju., Nikitin D. S., Tkach T. V. Orghanizacijno-ekonomichnyj mekhanizm zabezpechennja efektyvnogho vykorystannja resursiv budiveljnogho pidprijemstva pry rekonstrukciji zhytla. Budivnyctvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannja. 2009. Vypusk 50. Dnipropetrovsk: PDABA. S. 249–254.
23. Voloshchuk L.O. Innovatsiyni rozvytok ta ekonomichna bezpeka promyslovykh pidprijemstv: problemy kompleksnoho upravlinnia.: monohrafiia Odesa, 2015. 396 s.
24. Dzhedzhula V.V. Enerhozberezhennia promyslovykh pidprijemstv: metodolohiia formuvannia, mekhanizm upravlinnia.: monohrafiia. Vinnytsia: VNTU, 2014. 346 s.
25. Orhanizatsiia vyrobnytstva rekonstruktsii budivel istorychnoi zabudovy mist: zvit pro NDR z 01.01.2017 po 31.12.2020 (promizhnyi) / Odeska derzh. akademiia budivnytstva ta arkhitektury; ker. I. M. Posternak. Shyfr temy 55-NDR/VI # derzhreiestratsii 0117U002172. Odesa, 2020. 74 s. URL: file:///C:/Users/User1/AppData/Local/Temp/0117U002172.pdf
26. Semydijanova O.S. Ochikuvanyj ekonomiko-tekhnologhichnyj efekt vid vprovadzhennja innovacijnykh tekhnologhij u proces vykonannja vnutrishnikh ozdobljuvaljnykh robot. Budivnyctvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannja. 2009. Vypusk 50. Dnipropetrovsk: PDABA, 2009. S. 503–507.

## CALENDAR PLANNING BY THE METHOD OF CONTINUOUS USE OF RESOURCES AS PART OF THE «CSTC T-PPR» CONSTRUCTION ORGANIZATION PROJECT

**Abstract.** *As one of the promising forms of integration, various complexes appear in the urban planning structure. In the process of forming plans for the social and economic development of large cities, a situation arises more and more often, when increasing the efficiency of the used resources requires not only a concentration of efforts, but also new progressive forms of construction production organization. The development and implementation of new and improvement of existing technologies in capital construction is determined by the need to reduce material and labor costs for their implementation, as well as the need to reduce the investment cycle of construction of buildings and structures. The work uses the method of calendar planning for the organization of construction production. On four construction objects (buildings of the historical development of Odesa from 1820 to 1920), defined as private works fronts, four types of work are performed in a strict technological sequence (A→B→B→Γ) for each object: design works (index A), works on the reconstruction of the supporting frame (index B), works on the reconstruction of the finished part (index B) and finishing works (index G). The sequence of development of private fronts of works is also recorded in the following sequence: 1→2→3→4. It is proposed to create in the city of Odesa the «Corporate scientific and technical complex of urban energy reconstruction «CSTC T-PPR» as an innovative organizational structure that uses in practice the accumulated scientific and technical potential for the reconstruction of the buildings of the historical buildings of Odesa according to energy efficiency standards. The formation of flows by the method of continuous use of resources has been carried out (in matrix form), as a flow method for calculating the calendar plan for the execution of construction works as part of the construction organization project of the «Corporate scientific and technical complex of urban energy reconstruction «CSTC T-PPR». (determines the duration of works) cost, but at the same time there are interruptions in the development of individual private fronts of works.*

**Key words:** *operational construction management, construction organization, construction works, corporate scientific and technical complex, urban energy reconstruction.*

### Posternak I.M.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor  
at the Department of Construction and Labor Organization,  
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

### Posternak S.O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Technical Expert,  
Private company «Composite», Odesa

### Posternak O.S.

Student of higher education degree «Bachelor» educational professional program  
«Construction and civil engineering»,  
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

УДК 65.011.4:658.562:69.003.13

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.6>**Постернак І.М.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри організації будівництва та охорони праці,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса  
ORCID ID: 0000-0002-5274-8892

**Постернак С.О.**

к.т.н., доцент, технічний спеціаліст,  
ПП «Композит», м. Одеса  
ORCID ID: 0000-0003-0890-4963

**Постернак О.С.**

здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр» ОПП «Будівництво та цивільна інженерія»,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса  
ORCID ID: 0000-0002-4568-9943

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ У СКЛАДІ «КНТК МЕРЕК»

**Анотація.** Оцінка ходу виконання робіт є основою для оцінки управління будівництвом. Управлінська експертиза визначається як дослідження якості процесу управління та висновок про нього висновок, що використовується з метою подальшого впливу як на об'єкт управління, так і (або) на суб'єкт управління. У роботі використаний метод календарного планування для організації будівельного виробництва. Для заданих комплексів робіт розробляється календарний план зведення групи об'єктів у формі мережевої моделі. Це шість комплексів робіт зі зведення трьох об'єктів, які в даному плановому періоді перебувають у різній стадії готовності. Перший і другий об'єкти перехідні – у даному плановому періоді на першому об'єкті виконуються оздоблювальні роботи (комплекс робіт В), на другому – зводиться надземна частина і здійснюються оздоблювальні роботи (комплекс робіт Б і В), а третій об'єкт – основний, зведення якого починається і завершується в даному плановому періоді (виконуються комплекси робіт А, Б і В). Ефективність управлінських рішень при моделюванні ходу будівництва об'єктів у роботі «Корпоративного науково-технічного комплексу містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРЕК», оцінюється критерієм, який характеризує «ціну» скорочення при ліквідації зривів. Як відомо, трудові ресурси обмежені і в роботі вони фіксовані. При ліквідації зривів необхідно прагнути до мінімізації їх використання. Скорочення термінів будівництва групи об'єктів при цьому повинно бути максимальне. Коефіцієнт  $k$  був розрахований після кожного знімання інформації та проаналізований. Після першого знімання інформації відставання склало 23 дні. Задля ліквідації зривів додали порцію трудових ресурсів  $\Sigma \Delta N = 12$  робітників. Ціна скорочення склала  $k = 1,92$ . Після другого знімання інформації сумарно отримали зриви на 12 днів, для даної ліквідації додали  $\Sigma \Delta N = 5$  робітників. Ціна скорочення склала  $k = 2,4$ . Виходячи з «ціни» ліквідації зривів, можна стверджувати, що управлінські рішення були прийняті досить ефективно.

**Ключові слова:** оцінка якості управління, оперативне управління будівництвом, мережеве моделювання, будівельні роботи, корпоративний науково-технічний комплекс.

**Постановка проблеми.** Житловий фонд міста Одеси досить різноманітний [1, 2]. Така різноманітність зумовлена зміною в часі таких характеристик та параметрів, як призначення, архітектурно-планувальне рішення,

конфігурація в плані, наявність інженерних мереж, кількість поверхів, розміщення будівлі на ділянці та інше. Усі ці ознаки зазнавали значних змін з часом через розвиток потужності та можливостей будівельної бази,

функціональних вимог, будівельних традицій та тенденцій [3, 4].

**Аналіз останніх досліджень.** Оцінка ходу виконання робіт є основою для оцінки управління будівництвом [2,5...9]. Управлінська експертиза визначається як дослідження якості процесу управління та винесення про нього мотивованого висновку, що використовується з метою подальшого впливу як на об'єкт управління, так і (або) на суб'єкт управління [8]. Основною метою управлінської експертизи є оцінка якості системи управління в цілому, тобто всієї сукупності елементів, а саме: суб'єкта й об'єкта управління, зв'язаних циркулюючими між ними інформаційними потоками. Прагматичною метою управлінської експертизи є підвищення ефективності і якості управління об'єктами нерухомості на всіх етапах їхнього життєвого циклу.

Визначальним аргументом будь-якого процесу взагалі й управлінського, зокрема, є час [8]. Із цього витікає, що під дослідженням будь-якого процесу розуміється динамічне фіксування його істотних характеристик у часі [5, 6, 9]. Сукупність динамічних характеристик об'єкта управління умовно визначається як управлінська траєкторія [10]. Планувальна траєкторія управління виходить на основі фактичного визначення початкового стану об'єкта управління й передбачуваного прогнозу його стану в майбутньому. У загальному випадку під дією неврахованих впливів між планувальним станом об'єкта управління і його фактичними характеристиками буде розбіжність, інакше кажучи, дивергенція. Величина розбіжності фактичного стану й планованого є, з одного боку, основою для висновку по якості управління, а з іншого боку – основою в прийнятті відповідного управлінського рішення. Для управлінської експертизи важливим є системний підхід, що орієнтує на комплексну оцінку всіх істотних характеристик об'єкта управління.

Завдання, що стоять перед управлінською експертизою, слідує із аналізу загальних функцій управління. По прямому зв'язку від суб'єкта до об'єкта управління передаються регулюючі впливи, обумовлені такими загальними функціями, як планування, організація й регулювання. По зворотному зв'язку (функція контролю) передається інформація про стан об'єкта управління.

Опис розвитку будівельного проекту є інформаційно складним процесом, тому що

він залежить від великої кількості характеристик, що впливають на нього [5...7, 9, 10]. Тому на стадії планування використовується методологія моделювання, за допомогою якої прогнозується зміна не всіх, а тільки частини характеристик процесу [10]. Будь-яка модель не може бути повністю тотожна оригіналу, тим більше, що оригінал може виникнути тільки в майбутньому. Модель процесу управління може більш-менш однозначно визначити майбутні властивості оригіналу. Однак, незважаючи на наближеність моделей керуючих процесів, вони дозволяють системно описувати об'єкти управління й на цій основі планувати управлінські рішення.

Таким чином, через методологію моделювання суб'єкт управління здійснює загальні функції управління. Отже, основною метою управлінської експертизи є завдання аналізу моделей:

- планування будівництва як управлінського процесу;
- організації його ресурсного забезпечення;
- контролю реалізації процесу;
- регулювання як процесу безпосереднього впливу на об'єкт управління.

Як правило, моделювання управлінських процесів допускає їхню певну багатоваріантність [8, 11]. Однак у практичному плані для конкретної ситуації використовується одна з можливих моделей, що повинна задовольняти наступним найбільш важливим вимогам:

- максимізації адекватності (відповідності) оригіналу;
- адаптації (приспосовування) до умов, що змінюються, тобто її надійності в часі;
- ефективності як по досягненні мети, так і по витратах, що пов'язані з її використанням.

**Мета роботи.** Пропонується створити у місті Одесі «Корпоративний науково-технічний комплекс містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРек» як інноваційну організаційну структуру, яка використовує на практиці накопичений науково-технічний потенціал для забудови Одеси за стандартами енергоефективності з залученням іноземного досвіду [1, 2], та оцінити ефективність управлінських рішень при моделюванні ходу будівництва об'єктів у роботі «КНТК МЕРек».

**Результати досліджень.** У роботі використано метод календарного планування для організації будівельного виробництва. *Календарний план* – це такий проектний документ, в якому динамічно відображаються терміни

і вартості виконання робіт. Календарний план може бути представлений в різних формах, з яких найбільш наочною є графічна форма. Остання широко застосовується в вигляді лінійного календарного графіка (діаграма Ганта) і мережевого графіка (графа). У змістовному аспекті календарний план системно об'єднує технологію, організацію та економіку будівельного виробництва. Календарні плани є основою як для організації будівельного виробництва, так і для управління проектами.

### І. Розробка календарного плану будівництва комплексу житлових будівель у формі мережевої моделі.

Дані об'єкти – житлові будівлі містобудівного комплексу, який будується. За об'ємно-планувальним рішенням будівлі – багатоповерхові, двосекційні. За конструктивним рішенням – каркасні з монолітного залізобетону. Для організації будівництва об'єктів потоковим методом житлові будівлі розбиті на дві захватки. В якості захватки прийнята одна секція.

Для заданих комплексів робіт розробляється календарний план зведення групи об'єктів у формі мережевої моделі. Це шість комплексів робіт зі зведення трьох об'єктів, які в даному плановому періоді перебувають у різній стадії готовності. Перший і другий об'єкти перехідні – у даному плановому періоді на першому об'єкті виконуються оздоблювальні роботи (комплекс робіт В), на другому – зводиться надземна частина і здійснюються оздоблювальні роботи (комплекси робіт Б і В), а третій об'єкт – основний, зведення якого починається і завершується в даному плановому періоді (виконуються комплекси робіт А, Б і В).

Номенклатура робіт заданих комплексів та їх характеристики це найменування основного трудового ресурсу, діапазон можливих оцінок часу ( $D_{i-j}^{\max}$ ,  $d_{i-j}^{\min}$ ) і мінімальна інтенсивність виконання роботи  $C_{i-j}^{\min}$  відповідна оцінці часу  $D_{i-j}^{\max}$ .

Основні параметри номенклатури робіт містобудівного комплексу, що підлягають виконанню, заносяться в таблицю 1, яка розробляється на підставі цих даних.

Максимальна оцінка часу робіт  $D_{i-j}^{\max}$  відповідає мінімальній інтенсивності потреби трудового ресурсу  $C_{i-j}^{\min}$ . Тоді трудомісткість робіт розраховується за формулою (1):

$$Q_{i-j} = D_{i-j}^{\max} \cdot C_{i-j}^{\min} \quad (1)$$

Кількість робітників певної професії, необхідних для виконання роботи  $i-j$  у режимі  $d_{i-j}^{\min}$ , визначається за залежністю (2):

$$C_{i-j}^{\max} = \frac{Q_{i-j}}{d_{i-j}^{\min}} \quad (2)$$

Величини  $C_{i-j}^{\min}$  і  $C_{i-j}^{\max}$  є обмеженням по ресурсу  $i$ , відповідно визначають можливий діапазон оцінок часу  $D_{i-j}^{\max} - d_{i-j}^{\min}$ . Різниця між величинами  $C_{i-j}^{\min}$  і  $C_{i-j}^{\max}$  відповідає резерву трудових ресурсів (3):

$$N_{i-j} = C_{i-j}^{\max} - C_{i-j}^{\min} \quad (3)$$

За даними таблиці 1 на задані комплекси робіт розробляються фрагменти мережевих моделей. Роботи максимально ув'язуються у часі і просторі в технологічній послідовності виконання з дотриманням правил техніки безпеки, організаційних і технологічних перерв.

Напрямок розвитку потоків приймається:

- горизонтальним при зведенні підземної частини будівлі;
- вертикально-висхідним при зведенні несучих конструкцій каркаса;
- вертикально-низхідним по секціях при виконанні оздоблювання.

Для кодування подій фрагментів мережевих моделей прийнятий чотиризначний код:

- перша цифра коду (1, 2, 3) – номер об'єкту;
- друга (1, 2, 3) – номер комплексу робіт (комплексу робіт з улаштування підземної частини будівлі з індексом А привласнюється код 1; комплексу робіт зі зведення надземної частини будівлі з індексом Б – код 2; комплексу оздоблювальних робіт з індексом В – код 3);
- третя і четверта цифри (01...99) – код події у фрагменті.

Розроблені фрагменти (рис. 2) «зшивають» в єдину одноцільову мережеву модель зведення трьох об'єктів з різною мірою готовності за схемою (рис. 1) за допомогою вхідних подій. Коди вхідних подій відповідають кодам кінцевих подій робіт попередніх фрагментів, які відкривають фронт відповідним роботам даного фрагмента. Вхідні події моделюють за вертикаллю технологічну ув'язку робіт фрагментів, а за горизонталлю – організаційні зв'язки, перехід бригад, машин (однойменних ресурсів) з об'єкту на об'єкт у прийнятій послідовності.

Вихідній події мережевої моделі надається код 01, а тій події, що завершує модель, – 02. Роботи з постачання матеріально-технічних

**Таблиця 1. Основні параметри номенклатури робіт містобудівного комплексу, що підлягають виконанню**

№	Найменування робіт	Найменування основного трудового ресурсу	Оцінка часу робіт		Мінімальна інтенсивність виконання робіт $C_{i-j}^{min}$ , люд.-дн.	Трудо-місткість $Q_{i-j}$ , люд.-дн.	Максимальна інтенсивність виконання робіт $C_{i-j}^{max}$ , люд.	Резерв трудових ресурсів $N_{i-j}$ , люд.
			$D_{i-j}^{max}$ , дні	$d_{i-j}^{min}$ , дні				
1301...			Об'єкт № 1, комплекс робіт В (фрагмент 13)					
2201...			Об'єкт № 2, комплекс робіт Б (фрагмент 22)					
2301...			комплекс робіт В (фрагмент 23)					
3101...			Об'єкт № 3, комплекс робіт А (фрагмент 31)					
3201...			комплекс робіт Б (фрагмент 32)					
3301...			комплекс робіт В (фрагмент 33)					
3301	Влаштування покрівлі – 1 зах.	покрівельник	12	6	5	60	10	5
3303	те ж – 2 захв.	покрівельник	10	5	5	50	10	5
3305	Внутр. шпук., шпакл. – 1 захв.	штукатур	24	12	6	144	12	6
3307	те ж – 2 захв.	штукатур	18	9	6	108	12	6
3309	Облицтін і підл. плитк., 1з.	облицювальник	8	4	2	16	4	2
3311	те ж – 2 захв.	облицювальник	10	5	2	20	4	2
3313	Малярні роботи – 1 захв.	маляр	6	3	4	24	8	4
3315	те ж – 2 захв.	маляр	8	4	4	32	8	4
3317	Влашт. підлоги ламін – 1 захв.	облицювальник	10	5	3	30	6	3
3319	те ж – 2 захв.	облицювальник	8	4	3	24	6	3

\* Складено на підставі організаційно-технологічного моделювання

ресурсів починаються з початку даного планового періоду  $i$ , відповідно, ув'язуються з вихідною подією 01.

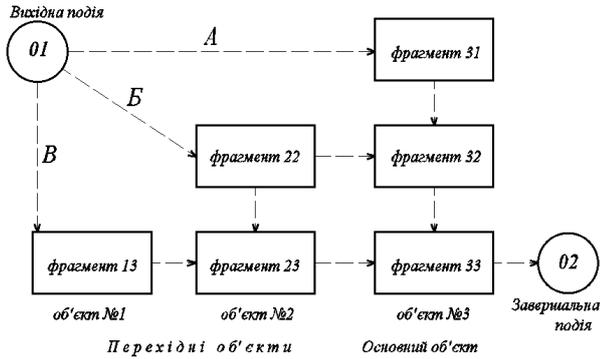


Рис. 1. Схема ув'язки фрагментів трьох об'єктів, що будуються в єдину одноцільову модель зведення житлового комплексу: А – комплекс робіт підземної частини; Б – комплекс робіт надземної частини; В – комплекс оздоблювальних робіт

Для єдиної мережевої моделі зведення групи об'єктів розраховують тимчасові параметри. Розрахунок виконують безпосередньо на графіку за алгоритмом І:

І.1. Для вихідної події приймають  $t^{p,n} = 0$ .

І.2. У прямому напрямі, починаючи від вихідної події до завершальної події, послідовно по всіх роботах моделі, розраховують ранні терміни початку і закінчення робіт за формулами (4) (5):

$$t_{i-j}^{p,n} = \max t_{h-i}^{p,3} = \max (t_{h-i}^{p,n} + t_{h-i}) \quad (4)$$

$$t_{i-j}^{p,3} = t_{i-j}^{p,n} + t_{i-j} \quad (5)$$

де  $t_{i-j}^{p,n}$ ,  $t_{i-j}^{p,3}$ ,  $t_{i-j}$  – відповідно ранній початок, закінчення і тривалість даної роботи  $i - j$ ;

$t_{h-i}^{p,n}$ ,  $t_{h-i}^{p,3}$ ,  $t_{h-i}$  – те ж попередньої роботи  $h - i$ .

І.3. Для завершальної події приймають

$$t^{p,n} = t^{n,3} \quad (6)$$

І.4. У зворотному напрямі, починаючи від завершальної події до вихідної події, послідовно по всіх роботах моделі, розраховують пізні терміни початку і закінчення робіт по формулам (7) (8):

$$t_{i-j}^{n,3} = \max (t_{j-k}^{n,3} - t_{j-k}) = \min t_{j-k}^{n,n} \quad (7)$$

$$t_{i-j}^{n,n} = t_{i-j}^{n,3} - t_{i-j} \quad (8)$$

де  $t_{i-j}^{n,n}$ ,  $t_{i-j}^{n,3}$ ,  $t_{i-j}$  – відповідно пізній початок, закінчення і тривалість даної роботи  $i - j$ ;

$t_{j-k}^{n,n}$ ,  $t_{j-k}^{n,3}$ ,  $t_{j-k}$  – те ж наступною роботи  $j - k$ .

І.5. Розраховують загальний ( $R_{i-j}$ ) і вільний ( $r_{i-j}$ ) резерви часу робіт за формулами (9) (10):

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{n,3} - t_{i-j}^{p,3} \quad (9)$$

$$r_{i-j} = \min t_{j-k}^{p,n} - t_{i-j}^{p,3} \quad (10)$$

І.6. Визначають критичний шлях мережевої моделі.

Розрахунок тимчасових параметрів мережевої моделі проводиться за умови, що всі роботи виконуються з мінімальною інтенсивністю використання трудових ресурсів  $C_{i-j}^{\min}$ , тобто за максимальними оцінками часу  $D_{i-j}^{\max}$

Результати розрахунку тимчасових параметрів мережевого графіка записують в нижніх ярусах прапорців. Приклад запису тимчасових параметрів мережевої моделі показаний на рис. 3.

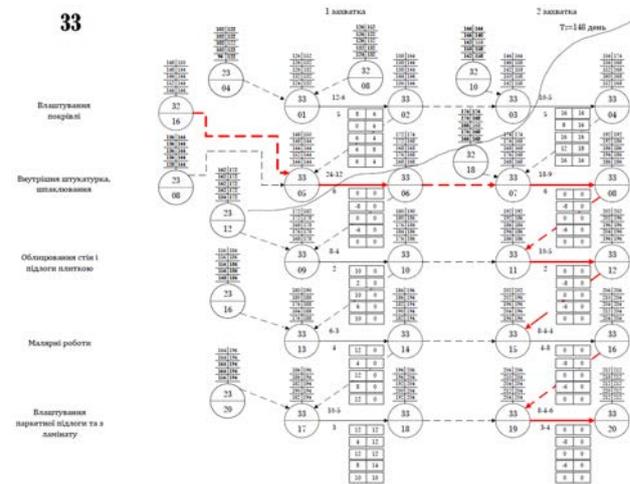


Рис. 2. Фрагмент мережевої моделі номер 33.

\*Складено на підставі організаційно-технологічного моделювання.

Отримана таким чином мережева модель з розрахованими тимчасовими параметрами виконує роль календарного плану будівництва групи об'єктів.

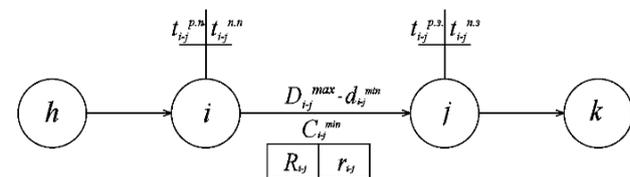


Рис. 3. Приклад запису тимчасових параметрів на роботах мережевого графіка

## II. Контроль будівництва: визначення лінії знімання інформації і підготовка звіту про хід виконання робіт.

Розроблений календарний план будівництва групи об'єктів у вигляді планових

завдань передається на виробництво. За планом виконуються роботи. Будівельне виробництво – система імовірна, тому можливі зриви у виконанні робіт (відхилення від планових завдань). При управлінні будівництвом об'єктів можливі відхилення від плану необхідно передбачати і попереджати, а зриви, що виникають – ліквідувати. В роботі для моделювання управління будівництвом групи об'єктів послідовно робиться два знімання інформації про хід виконання робіт. Перше знімання за часом відповідає  $T_1^{a.3.i} = 0,4T_{роз}$ , друге –  $T_2^{a.3.i} = 0,7T_{роз}$ . На цьому етапі моделювання процесу управління виконуються такі процедури (за алгоритмом II):

II.1. Розраховується час першого знімання інформації  $T_1^{a.3.i} = 0,4T_{роз}$ .

II.2. На фрагменти мережевих моделей наноситься перша лінія знімання інформації на  $T_1^{a.3.i} = 0,4T_{роз}$  день. Оцінці і аналізу піддаються роботи, які мають пізній термін закінчення менший або рівний терміну знімання інформації.

II.3. Роботи, які лежать вище за лінію знімання інформації (виконані або виконуються на дату  $T_1^{a.3.i} = 0,4T_{роз}$ ), заносяться в таблицю 2 «Звіт про хід виконання робіт».

II.4. На виконаних роботах, враховуючи імовірний характер будівельного виробництва, можливі відхилення від планових завдань. Зриви ( $\Delta t_{i-j}$ ) заносяться у звіт і про-ставляються на фрагментах мережевих моделей (рис. 4) з розрахунком нових оцінок часу робіт за формулою (11):

$$t'_{i-j} = D_{i-j}^{max} + \Delta t_{i-j} \quad (11)$$

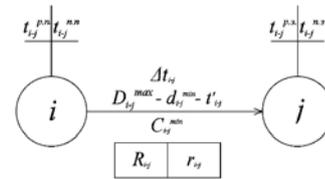


Рис. 4. Приклад запису тимчасових параметрів на роботах мережевого графіка з врахуванням зривів

II.5. Виконується процедура з ліквідації зривів, якщо отримана в цьому випадку тривалість будівництва групи об'єктів перевищує розрахункову ( $T_{роз}$ ), визначену планом. Рекомендації з ліквідації зривів наведені у розділі III.

II.6. Задається друге знімання інформації –  $T_2^{a.3.i} = 0,7T_{роз}$ . Розглядаються роботи, пізні терміни закінчення яких знаходяться в інтер-

Таблиця 2. Звіт про хід виконання робіт

Коди робіт		Часові параметри					Ліквідація зривів						
i	j	$D_{i-j}^{max}$	$d_{i-j}^{min}$	$R_{i-j}$	зриви $\Delta t_{i-j}$	$t'_{i-j}$	Коди робіт		$D_{i-j}^{max}$	$d_{i-j}^{min}$	$C_{i-j}^{min}$	Прийнята оцінка часу $t_{i-j}$	Додатковий ресурс $\Delta N_{i-j}$
							i	j					
Перше знімання інформації $T_1^{a.3.i} = 0,4T_{роз} = 85$													
1301	...												
Друге знімання інформації $T_2^{a.3.i} = 0,7T_{роз} = 148$													
2217	2218	12	6	8			3315	3316	8	4	4	4	4
2307	2308	22	11	8			3319	3320	8	4	3	6	1
2309	2310	10	5	55									
2311	2312	6	3	30									
2313	2314	12	6	55									
2315	2316	14	7	30									
2317	2318	10	5	59									
3203	3204	28	14	0	4	32							
3207	3208	22	11	0									
3209	3210	12	10	2									
3211	3212	10	5	0	4	14							
3213	3214	12	6	2	4	16							
3215	3216	10	8	0									
3301	3302	12	6	6									
3303	3304	10	5	16									
3305	3306	24	12	0									

\*Складено на підставі організаційно-технологічного моделювання

валі між першим і другим термінами знімання інформації.

Для цих робіт керівник також задає випадкові числа, що характеризують хід їх виконання Далі процедури моделювання процесу управління будівництвом групи об'єктів повторюватимуться з I.1 по I.5.

**III. Регулювання ходу будівництва об'єктів в умовах жорсткого обмеження ресурсів.**

Основна мета регулювання будівельного виробництва – добитися закінчення будівництва групи об'єктів в умовах імовірного характеру виробництва у терміни, визначені календарним планом. При прийнятті управлінських рішень ресурси, що використовуються, повинні бути мінімальними.

Для ліквідації відставання від планових термінів приймають такий захід:

а) Збільшення інтенсивності виконання робіт за рахунок наявного резерву трудових ресурсів за формулою (3).

б) Зміна раніше прийнятих методів зведення будівель, кількості монтажних кранів, які використовуються, та інше, що в цілому дозволяє скоротити терміни виконання комплексів робіт (наприклад, змінити метод зведення будівель за напрямом і послідовністю виконання робіт та ін.).

в) Організація паралельних потоків (робіт), якщо це можливо за технологією та не враховане у початковому плані.

г) Максимальна ув'язка робіт у часі і просторі за рахунок додаткового розділення будівлі на захватки.

Використання б, в і г варіантів ліквідації зривів вимагає зміни топології мережевої моделі.

Процедура ліквідації зривів виконується в такій послідовності (за алгоритмом III):

III.1. Починаючи від вихідної події до лінії знімання інформації, розраховують ранні терміни початку  $t_{i-j}^{p,n}$  і закінчення  $t_{i-j}^{p,3}$  робіт з урахуванням виниклих зривів (рис. 5) за формулами (12) (13):

$$t_{i-j}^{p,n} = \max(t_{h-i}^{p,n} + t'_{h-i}) \tag{12}$$

$$t_{i-j}^{p,3} = t_{i-j}^{p,n} + t'_{i-j} \tag{13}$$

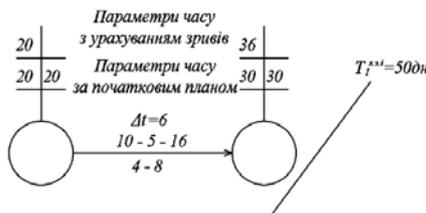


Рис. 5. Приклад запису параметрів часу мережевого графіка з урахуванням зривів до лінії знімання інформації

III.2. Ліквідацію зривів після лінії знімання інформації виконують, якщо відхилення тимчасових параметрів від планових завдань збільшують терміни будівництва групи об'єктів. Відхилення можна ліквідовувати одним із вище приведених способів.

При цьому необхідно враховувати наступне:

– не перевищувати максимально встановленої за завданням інтенсивності виконання робіт, тобто допускається варіювати тривалістю лише в діапазоні оцінок часу  $D_{i-j}^{max} - d_{i-j}^{min}$ .

– у першу чергу скоротити оцінки часу тих робіт, які лежать на критичному шляху і одночасно впливають на максимальне число інших повних шляхів (підкритичних).

– при ліквідації зривів стежити за ціною скорочення, тобто додавати порцію трудових ресурсів на роботи з мінімальною ціною скорочення.

Приклад ліквідації зривів показаний на фрагменті мережевої моделі, яка приведена на рис. 6.

При другому зніманні інформації  $T_{2.3.1}^{л.з.і} = 0,7T_{роз}$  ліквідація зривів проводиться на роботах, пізні терміни закінчення яких знаходяться за даною лінією знімання інформації, за такою ж методикою.

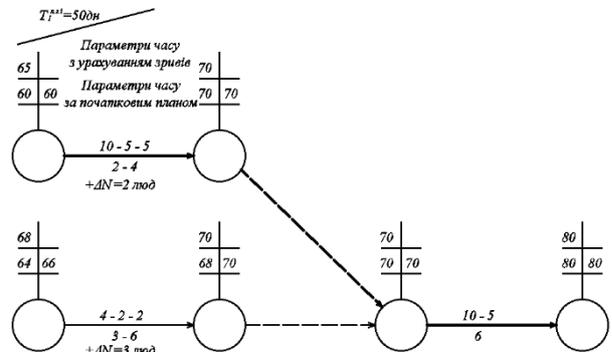


Рис. 6. Приклад запису параметрів часу мережевого графіка з урахуванням зривів після лінії знімання інформації

**Висновки.**

1. Ефективність управлінських рішень при моделюванні ходу будівництва об'єктів у роботі «Корпоративного науково-технічного комплексу містобудівної енергореконструкції «КНТК МЕРек» оцінюється критерієм, який характеризує «ціну» скорочення при ліквідації зривів. Як відомо, трудові ресурси обмежені і в роботі вони фіксовані. При ліквідації зривів необхідно прагнути до мінімізації їх

використання ( $\sum \Delta N \rightarrow \min$ ). Скорочення термінів будівництва групи об'єктів при цьому повинно бути максимальне ( $\Delta T \rightarrow \max$ ), тому коефіцієнт, що характеризує «ціну» ліквідації зривів, повинен прагнути

$$k = \frac{\Delta T}{\Delta N} \rightarrow \max$$

2. Коефіцієнт  $k$  був розрахований після кожного знімання інформації та проаналізований. Після першого знімання інформації ( $T_1^{i,3,i} = 0,4T_{роз} = 85$  дн.) відставання склало 23

дні. Задля ліквідації зривів додали порцію трудових ресурсів  $\sum_A N = 12$  робітників. Ціна скорочення склала  $k = 23/12 = 1,92$ . Після другого знімання інформації ( $T_2^{i,3,i} = 0,7T_{роз} = 148$  дн.) сумарно отримали зриви на 12 днів, для даної ліквідації зривів додали порцію трудових ресурсів  $\sum_A N = 5$  робітників. Ціна скорочення склала  $k = 12/5 = 2,4$ .

Виходячи з «ціни» ліквідації зривів, можна стверджувати, що управлінські рішення були прийняті досить ефективно.

### Література

1. Posternak, I., Posternak, S., & Posternak, O. (2022). The Corporate Scientific and Technical Complex of Town-Planning Power Reconstruction: architectural and historical development of Odessa in the 19th and beginning of the 20th centuries. The First Special Humanitarian Issue of Ukrainian Scientists. European Scientific e-Journal, 2(17), 120-127. Ostrava: Tuculart Edition. doi:10.47451/urb2022-04-01 URL: <https://archive.org/details/urb2022-04-01/mode/2up>
2. Організація виробництва реконструкції будівель історичної забудови міст: звіт про НДР з 01.01.2017 по 31.12.2020 (проміжний) / Одеська держ. академія будівництва та архітектури; кер. І. М. Постернак. Шифр теми 55-НДР/ВІ № держреєстрації 0117U002172. Одеса, 2020. 74 с. URL: <file:///C:/Users/User1/AppData/Local/Temp/0117U002172.pdf>
3. Ulu, M., & Arsan, Z.D. (2020). Retrofit strategies for energy efficiency of historic urban fabric in Mediterranean climate. Atmosphere, 11(7), 742. doi:10.3390/atmos11070742
4. Fouseki, K., Newton, D., Murillo Camacho, K.S., Nandi, S., & Koukou, T. (2020). Energy efficiency, thermal comfort, and heritage conservation in residential historic buildings as dynamic and systemic socio-cultural practices. Atmosphere, 11(6), 604. doi:10.3390/atmos11060604
5. Konior, J., & Szóstak, M. (2020). The S-curve as a tool for planning and controlling of construction process – case study. Applied Sciences, 10(6), 2071. doi:10.3390/app10062071
6. Przywara, D., & Rak, A. (2021). Monitoring of time and cost variances of schedule using simple earned value method indicators. Applied Sciences, 11(4), 1357. doi:10.3390/app11041357
7. Leśniak, A., & Zima, K. (2018). Cost calculation of construction projects including sustainability factors using the Case Based Reasoning (CBR) method. Sustainability, 10(5), 1608. doi:10.3390/su10051608
8. Chen, H.L., Chen, W.T., & Lin, Y.L. (2016). Earned value project management: Improving the predictive power of planned value. International Journal of Project Management, 34(1), 22-29. Retrieved from doi:10.1016/j.ijproman.2015.09.008
9. Milat, M., Knezić, S., & Sedlar, J. (2021). Resilient scheduling as a response to uncertainty in construction projects. Applied Sciences, 11(14), 6493. doi:10.3390/app11146493
10. Szafranko, E., & Harasymuk, J. (2022). Modelling of decision processes in construction activity. Applied Sciences, 12(8), 3797. doi:10.3390/app12083797
11. Rachid, Z., Toufik, B., & Mohammed, B. (2019). Causes of schedule delays in construction projects in Algeria. International Journal of Construction Management, 19(5), 371-381. doi:10.1080/15623599.2018.1435234

### References

1. Posternak, I., Posternak, S., & Posternak, O. (2022). The Corporate Scientific and Technical Complex of Town-Planning Power Reconstruction: architectural and historical development of Odessa in the 19th and beginning of the 20th centuries. The First Special Humanitarian Issue of Ukrainian Scientists. European Scientific e-Journal, 2(17), 120-127. Ostrava: Tuculart Edition. doi:10.47451/urb2022-04-01 URL: <https://archive.org/details/urb2022-04-01/mode/2up>
2. Posternak, I. M. (2020). Orhanizatsiia vyrobnytstva rekonstruktsii budivel istorychnoi zabudovy mist: zvit pro NDR z 01.01.2017 po 31.12.2020 (promizhnyi) / Odeska derzh. akademiia budivnytstva ta arkhitektury; ker. I. M. Posternak. Shyfr temy 55-NDR/VI № derzhreiestratsiui 0117U002172. Odessa, 74 s. Retrieved from <file:///C:/Users/User1/AppData/Local/Temp/0117U002172.pdf>
3. Ulu, M., & Arsan, Z.D. (2020). Retrofit strategies for energy efficiency of historic urban fabric in Mediterranean climate. Atmosphere, 11(7), 742. doi:10.3390/atmos11070742
4. Fouseki, K., Newton, D., Murillo Camacho, K.S., Nandi, S., & Koukou, T. (2020). Energy efficiency, thermal comfort, and heritage conservation in residential historic buildings as dynamic and systemic socio-cultural practices. Atmosphere, 11(6), 604. doi:10.3390/atmos11060604
5. Konior, J., & Szóstak, M. (2020). The S-curve as a tool for planning and controlling of construction process – case study. Applied Sciences, 10(6), 2071. doi:10.3390/app10062071
6. Przywara, D., & Rak, A. (2021). Monitoring of time and cost variances of schedule using simple earned value method indicators. Applied Sciences, 11(4), 1357. doi:10.3390/app11041357
7. Leśniak, A., & Zima, K. (2018). Cost calculation of construction projects including sustainability factors using the Case Based Reasoning (CBR) method. Sustainability, 10(5), 1608. doi:10.3390/su10051608
8. Chen, H.L., Chen, W.T., & Lin, Y.L. (2016). Earned value project management: Improving the predictive power of planned

- value. International Journal of Project Management, 34(1), 22-29. Retrieved from doi:10.1016/j.ijproman.2015.09.008
9. Milat, M., Knezić, S., & Sedlar J. (2021). Resilient scheduling as a response to uncertainty in construction projects. Applied Sciences, 11(14), 6493. doi:10.3390/app11146493
10. Szafranko, E., & Harasymiuk, J. (2022). Modelling of decision processes in construction activity. Applied Sciences, 12(8), 3797. doi:10.3390/app12083797
11. Rachid, Z., Toufik, B., & Mohammed, B. (2019). Causes of schedule delays in construction projects in Algeria. International Journal of Construction Management, 19(5), 371-381. doi:10.1080/15623599.2018.1435234

## SIMULATION OF THE CONSTRUCTION MANAGEMENT PROCESS OF A GROUP OF FACILITIES AS PART OF “CSTC T-PPR”

**Abstract.** *Management expertise is defined as a study of the quality of the management process. The work uses the method of calendar planning for the organization of construction production. A calendar plan for compiling a group of objects in the form of a network model is developed for the specified works. These are six sets of works on the construction of three objects, which are in different stages of readiness in this planning period. The first and second objects are transitional – in this planning period, finishing works are being performed on the first object (complex of works B), on the second – an above-ground part is being erected and finishing works are being carried out (complexes of works B and C), and the third object is the main one, the construction of which begins and ends in this planning period (complexes of works A, B and C are being performed). The effectiveness of management decisions in modeling the course of construction of objects in the work of the «Corporate scientific and technical complex of urban planning and energy reconstruction «CSTC T-PPR» is evaluated by the criterion that characterizes the «price» of reduction in the elimination of disruptions. As you know, labor resources are limited and they are fixed in work. When eliminating disruptions, it is necessary to strive to minimize their use. At the same time, the reduction of the construction period of a group of objects should be maximal. The coefficient  $k$  was calculated after each information capture and analyzed. After the first information capture, the backlog was 23 days. In order to eliminate disruptions, a portion of labor resources was added  $\Sigma\Delta N=12$  workers. The price of the reduction was  $k=1.92$ . After the second removal of information, we received disruptions for 12 days in total, for this liquidation,  $\Sigma\Delta N=5$  workers were added. The price of the reduction was  $k=2.4$ .*

**Key words:** *management quality assessment, operational construction management, network modeling, construction works, corporate scientific and technical complex.*

### **Posternak I.M.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor  
at the Department of Construction and Labor Organization,  
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

### **Posternak S.O.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Technical Expert,  
Private company «Composite» Odesa

### **Posternak O.S.**

Student of higher education degree «Bachelor» educational professional program  
«Construction and civil engineering»,  
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa

УДК 624.012.3:681.3.06

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.7>

**Симонов С.І.**

к.т.н., завідувач кафедри «Архітектура»,  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

**Гаркуша В.С.**

к.т.н., доцент кафедри «Архітектура»,  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

**Пузачова А.С.**

аспірант кафедри «Архітектура»,  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

**Годун Т.М.**

старший викладач кафедри «Архітектура»,  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

**Сергієнко Ю.В.**

к.т.н., доцент кафедри «Архітектура»,  
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

**ПІСЛЯВОЄННА ВІДБУДОВА МАРІУПОЛЯ  
ЗА ДОПОМОГОЮ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРИКЛАДІ «ПРИАЗОВСЬКОГО  
ДЕРЖАВНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»**

***Анотація.** У статті наводиться приклад застосування BIM-технологій післявоєнної відбудови Маріуполя на прикладі ДВНЗ «Приазовського державного технічного університету». У статті відзначено, що вперше з часів Другої світової війни більшість міст Східної України були зруйновані. Деякі міста, такі як Бахмут, Мар'їнка, Попасна, були повністю знищені, і їх доведеться відновлювати з нуля. Маріуполь став найбільшим містом, на території якого йшли запеклі бойові дії і в наслідок яких на території міста велика кількість будівель та споруд зазнали пошкоджень, частина з них була повністю знищена. Навчальні заклади не стали винятком, у тому числі і вищої школи. У ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» більша частина корпусів була повністю знищена внаслідок бойових дій у Маріуполі. У статті доведено, що найшвидше відновлення міст повоєнної України є найголовнішим завданням, актуальним на даний момент. Провідну роль у цьому відіграватиме будівельна галузь. У статті згадуються досвід відновлення міст після воєн та природних катастроф. Ці міста пізнали багато пошкоджень, але були відновлені. Одним з прикладів було відновлення Варшави. Для цього були задіяні спогади очевидців, документи та збережені візуалізації. Зараз з застосуванням сучасних технологій ми можемо зробити віртуальне відновлення міста, яке можливо втілювати в життя, одразу після його звільнення. Зараз ми маємо не тільки спогади очевидців, а й мільйони фотографій та відео окупованого Маріуполя в інтернеті, що дозволяє нам дізнатися масштаби його пошкоджень онлайн, тому ми можемо розробити план його відновлення вже зараз. Ми маємо фотографії ПДТУ до війни та фотографії, зроблені працівниками ПДТУ після воєнних дій. Також збереглися креслення будівель корпусів ПДТУ, тому вже зараз зроблені декілька візуалізацій, якими вони будуть після деокупації міста. Вже зараз ми можемо створити віртуальний макет ПДТУ, зробити візуалізацію його приміщень та погодити його відновлення з міською радою, а також знайти інвесторів для реалізації цієї ідеї.*

***Ключові слова:** BIM-технології, ЛІРА-САПР, AutoCAD, САПФІР-3D, 3D-моделі.*

**Постановка проблеми.** Вперше з часів Другої світової війни більшість міст Східної України були зруйновані, деякі міста, такі як Бахмут, Мар'їнка, Попасна, були повністю знищені, і їх доведеться відновлювати з нуля. Маріуполь став найбільшим містом, на території якого йшли запеклі бойові дії, і в наслідок масштабних воєнних дій на території цього міста велика кількість будівель та споруд зазнали пошкоджень, частина з них була повністю знищена. Навчальні заклади не стали винятком, у тому числі і вищої школи, наприклад Приазовський державний технічний університет, більша частина корпусів якого була повністю знищена внаслідок бойових дій у Маріуполі. Реконструкція та відновлення Маріуполя та ПДТУ вже зараз має високу актуальність. У світовій історії був досвід відновлення Варшави, Дрездена, Роттердама, та інших міст, які були знищені не тільки після бойових дій, а й після природних катастроф. Відновлення займало багато років, але технології відтоді пішли далеко вперед, і ми можемо заздалегідь створити планування міста за допомогою комп'ютерних програм, таких як ЛІРА-САПР, AutoCAD, САПФІР-3D, SketchUP, спостерігаючи за містом практично онлайн та коригуючи планування у разі змін у ньому. Ми можемо заздалегідь підготувати макет та шукати інвесторів для його реалізації. Після закінчення війни, не втрачаючи часу, ми можемо починати відновлювати Маріуполь за заздалегідь підготовленими планами.

**Аналіз досліджень.** Найшвидше відновлення міст повоєнної України є найголовнішим завданням, актуальним на даний момент. Провідну роль у цьому відіграватиме будівельна галузь. Для того щоб люди повертались назад, їм треба десь жити, тому відразу після закінчення бойових дій, треба відновлювати міста для комфортного проживання у них. Житловий фонд, дитячі садки, школи, заклади вищої освіти – це все потрібно відновлювати для повернення наших громадян з-за кордону, тому цим питанням треба займатися вже зараз.

Історія людства знає багато прикладів руйнування міст через війни чи природні катастрофи [1]. Тому Україна може вибрати найбільш зручний для себе шлях відновлення. Так, наприклад, для міста Маріуполя можлива «віялова» система планування, це половина радіально-кільцевої системи. Основним

об'єктом Маріуполя є порт, у міру розширення міста утворюються напівкільцеві вулиці. «Віялова» система характерна для приморських портових міст, що розташовані на водних берегах. Три (п'ять) головних осей Маріуполя розширюються по мірі віддалення від порту та утворюють транспортні вузли поздовжніх та поперечних осей [2]. Ми можемо згадати досвід відбудови німецьких міст Ганновер і Берлін після Другої світової війни як альтернативні моделі повоєнної реконструкції міста. Реконструкцію Ганновера представлено як модель, що передбачала кардинальну модернізацію міської структури, істотну зміну просторової організації міста та територіального розміщення ресурсів. План відбудови Берліну націлений на створення простору для комфортного життя мешканців, тому при проектуванні нових будівель було приділено велику увагу дизайну, просторовому розміщенню та принципам ергономіки [3].

У теперішній час проблемою відбудови міст також займаються дніпровські вчені, які вивчають застосування 3D-друку для потреб післявоєнної відбудови України [4]. Можливо використання будівельних принтерів, за допомогою яких зводять цілі будівлі або їх збірні компоненти швидко та надійно. З точки зору варіації підходів, можливо 3D-друкувати елементи фасаду й дизайну, щоб зробити їх складнішими та більш деталізованими. Технологія також може використовуватися для друку деталей, пристроїв та предметів інтер'єру, виготовлення підлог, несучих та не несучих стін [5].

**Мета роботи:** забезпечення ефективності процесу відновлення зруйнованих міст за допомогою BIM-технологій на прикладі ПДТУ.

**Результати досліджень.** Війни та відновлення міст після них були і раніше, одним з прикладом є відновлення Варшави після Другої Світової війни. Це місто пізнало багато пошкоджень, але було відновлено. Для цього були задіяні спогади очевидців, документи та збережені візуалізації. Використовували навіть картини із зображенням міста, датовані 18 століттям. Зараз, з застосуванням сучасних 3D-технологій, ми можемо зробити віртуальне відновлення міста, яке можливо втілювати в життя, одразу після його звільнення. Вже зараз ми можемо створити віртуальний макет ПДТУ, зробити візуалізацію його приміщень та погодити його відновлення з міською

радою Маріуполя, а також знайти інвесторів для реалізації цієї ідеї.

Зараз ми маємо не тільки спогади очевидців, а і багато фотографій та відео окупованого Маріуполя в інтернеті, що дозволяє нам дізнатися масштаби його пошкоджень онлайн, тому ми можемо розробити план його відновлення вже зараз та корегувати його при змінах під час визволення та після закінчення бойових

дій. Так ми маємо фотографії ПДТУ до війни та маємо його фотографії, зроблені працівниками ПДТУ після воєнних дій, та можемо використовувати креслення будівель корпусів ПДТУ, тому вже зараз зроблені декілька візуалізацій, яким він буде після деокупації міста, які представлені нижче. Також ми зараз можемо робити не тільки реконструкцію, а й робити нові проекти на місці, де були знищені будівлі.



Рис. 1. Корпус ПДТУ до війни



Рис. 2. Корпус № 5 після бойових дій (вид зовні)



Рис. 3. Корпус № 5 після бойових дій (вид зсередини)



Рис. 4. Візуалізація корпусу ПДТУ

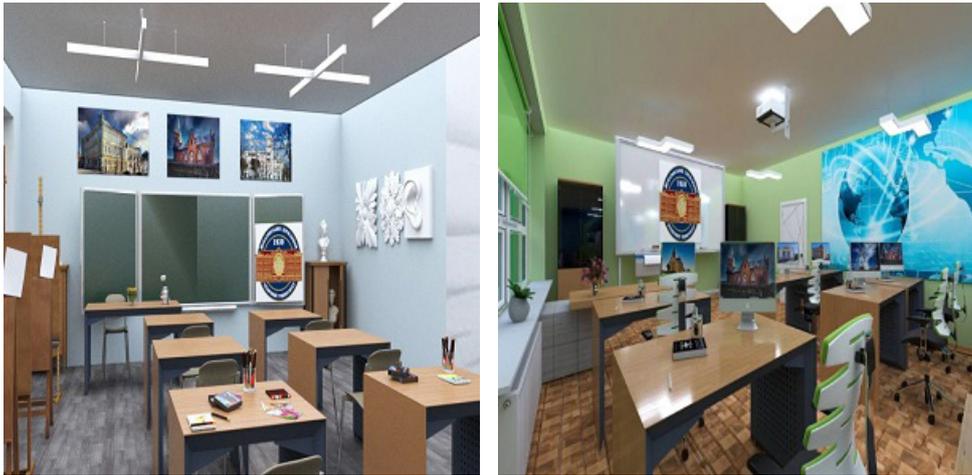


Рис. 5. Проект візуалізації майбутньої реконструкції корпусу № 5 (аудиторія цифрової лабораторії на 2 поверсі корпусу) ДВНЗ ПДТУ, виконаний по кресленням та фотокарткам пошкоджень будівлі у 2022 році



Рис. 6. Проект візуалізації майбутньої реконструкції корпусу № 5 ДВНЗ ПДТУ



Рис. 7. Студентська їдальня до війни



Рис. 8. Проект бізнес-центру



Рис. 9. Студентська їдальня до війни вид збоку



Рис. 10. Екстер'єр проекту бізнес-центру

**Висновки.** Війни відбуваються майже всю історію людства, тому ми маємо багато прикладів знищення та відновлення міст. Також ми маємо приклади відновлення не тільки після бойових дій, а й після масштабних природних катастроф. Раніше відновлення міст

займало багато років, але сучасні технології не стоять на місці, що може пришвидшити відновлення та реконструкцію будівель. За допомогою застосування сучасних 3D-технологій ми можемо вже зараз незважаючи на бойові дії, що ще йдуть, створити віртуальні будівлі

ПДТУ, розробити їх макети, узгодити їх з планом міста та робити зміни, якщо ще вцілілі будівлі будуть зазнавати пошкодження. Також можливо знайти інвесторів для своїх проектів, які ми можемо будувати і відновлювати, застосовуючи 3D-друк для потреб післявоєнної відбудови України відразу ж після звільнення її території.

### Література

1. 7 міст, що були повністю зруйновані, але постали з попелу: URL: <https://dovkola.media/7-mist-shcho-buly-povnistiu-zruynovani-ale-povstaly-z-popelu/>
2. Кюнцлі Р.В., Степанюк А.В., Деякі міркування щодо відбудови зруйнованих війною міст України / Міждисциплінарні дослідження: гуманітарні та природні ресурси, О: Видавництво «Молодий вчений», 2022- с.11-13.
3. Супрун Н.А., Альтернативні моделі повоєнної реконструкції міста: Досвід Німеччини / Економіка відновлення міст, К, 2023- с.169-172
4. Саньков П.М., Ткач Н.О., Шевцова С.А., Палагіна Л.П., Леонова М.Д. Застосування 3D-друку для потреб післявоєнної відбудови України / The 3 International scientific, experience and trends, В: International Science Group, 2022- с.32-37
5. Розмір будівельного ринку 3-D друку, частка та звіт про аналіз тенденцій: URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-constructions-market>

### Referenses

1. 7 places that were completely destroyed, but were left behind: URL: <https://dovkola.media/7-mist-shcho-buly-povnistiu-zruynovani-ale-povstaly-z-popelu/>
2. Kunzli R.V., Stepanyuk A.V., Actions for the destruction of war-torn cities in Ukraine / Interdisciplinary research: humanitarian and natural resources, O: publishing house "Young scientist", 2022, pp. 11-13.
3. Suprun N.A., Alternative models of wartime reconstruction of a place: Evidence of Germany / Economics of Renewal Places, K, 2023- p.169-172
4. Sankov P.M., Tkach N.O., Shevtsova S.A., Palagina L.P., Leonova M.D. Design of a 3D hand for the needs of post-war Ukraine / The 3 International scientific, experience and trends, В: International Science Group, 2022- p.32-37
5. The size of the future 3-D market, partly about trend analysis: URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-printing-constructions-market>

## POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINE WITH THE HELP OF BIM TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF "PRIAZOVSKYI STATE TECHNICAL UNIVERSITY"

**Abstract.** *The article provides an example of the use of BIM technologies in the post-war reconstruction of Mariupol on the example of Priazovsky State Technical University. The article notes that for the first time since the Second World War, most of the towns of Eastern Ukraine were destroyed, some towns such as Bakhmut, Maryinka, Popasna were completely destroyed and will have to be rebuilt from scratch. Mariupol became the largest city on the territory of which fierce hostilities took place and as a result of large-scale hostilities on the territory of this city, a large number of buildings and structures were damaged, some of them were completely destroyed. Educational institutions are no exception, including higher education, such as Pryazovskyyi State Technical University (PSTU), most of the buildings of which were completely destroyed as a result of hostilities in Mariupol. The article says that the fastest restoration of the cities of post-war Ukraine is the most important task relevant at the moment. The construction industry will play a leading role in this. The article mentions reconstruction of cities after wars and natural disasters. These cities suffered a lot of damage, but were rebuilt. One example was the reconstruction of Warsaw. For this purpose, eyewitness memories, documents and preserved visualizations were used. Now, with the use of modern technologies, we can make a virtual restoration of the city, which can be implemented, immediately after its liberation. Now we have not only the memories of eyewitnesses, but also millions of photos and videos of occupied Mariupol on the Internet, which allows us to find out the extent of its damage online, so we can develop a plan for its restoration right now. So we have photos of PSTU, before the war, and we have his photographs taken by PSTU employees after the war, drawings of the buildings of the PSTU buildings have also been preserved, so several visualizations of what it will be like after the de-occupation of the city have already been made. We can already create a virtual model of PSTU, visualize its premises and coordinate its restoration with the city council, as well as find investors to implement this idea.*

**Key words:** *BIM-technologies, LIRA-CAD, AutoCAD, SAPPHIRE-3D, 3D-models.*

**Simonov S.I**

Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of «Architecture»,  
SHEI «Pryazovskyi State Technical University», Mariupol

**Harkusha V.S.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of «Architecture»,  
SHEI «Pryazovskyi State Technical University», Mariupol

**Puzachova A.S.**

Postgraduate Student at the Department of «Architecture»,  
SHEI «Pryazovskyi State Technical University», Mariupol

**Godun T.M.**

Senior Lecturer at the Department of «Architecture»,  
SHEI «Pryazovskyi State Technical University», Mariupol

**Sergienko U.V.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of «Architecture»  
SHEI «Pryazovskyi State Technical University», Mariupol

УДК 693.9: 69.057

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.8>

**Тонкачєєв Г.М.**

д.т.н., професор, завідувач кафедри будівельних технологій,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ  
ORCID ID: 0000-0002-6589-8822

**Молодід О.С.**

д.т.н., професор, кафедри будівельних технологій,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ  
ORCID ID: 0000-0001-8781-6579

**Тонкачєєв В.Г.**

к.т.н., доцент кафедри металевих і дерев'яних конструкцій,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ  
ORCID ID: 0000-0002-1010-8440

**Шандра О.Г.**

старший викладач, аспірант кафедри будівельних технологій,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ  
ORCID ID: 0000-0002-2486-0529

## **МЕТОД ЦІЛОЧИСЛОВОГО НОРМУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ**

***Анотація.** Розглядається проблема інженерів-проектувальників у частині проектування технології будівельного виробництва, яка пов'язана з відсутністю інструментарію для проведення аналізу і обґрунтування конструктивних і технологічних рішень по підсиленню конструкцій каркасних будівель. Проведено аналіз джерел інформації, присвячених цій проблемі. В Україні заплановано і частково вже виконується робота по розробці збірників Італузових норм часу. Діють Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтні роботи. Норми цих збірників не враховують особливості процесів підсилення будівельних конструкцій. Відмічений досвід нормування в зарубіжних країнах. Досвід свідчить про масове застосування методу мікроелементного нормування. Для процесів підсилення конструкцій нормування часу долями хвилин ускладнює процедуру. Запропоновано ідею нормування процесів на рівні складових елементів технологічних операцій. Для цього рекомендується вимірювати час виконання елементів цілими числами у хвилинах. Метою цієї статті є удосконалення методу цілочислового нормування часу процесів для підсилення конструкцій залізобетонних рам каркасних будівель і споруд. Конструктивне рішення по підсиленню колон і ригелів залізобетонних поперечних рам це влаштування металевих обойм по колонам і підведення додаткових сталевих конструкцій під балки. Новий метод передбачає розкладання операцій на сукупність дій. Надано приклад визначення трудомісткості процесу підсилення колони сталевую обоймою. Для нового методу потрібно детально розглядати особливості конструювання елементів. Для правильного розчленування операцій використовують специфікації і креслення збіральних одиниць і деталей. Ретельно розглядають дії виконавців і кількість таких дій в комплексі операцій. Відповідно до складності і відповідальності дії вимірюють їх тривалість цілими числами. Електронна матриця методу розрахована на визначення трудомісткості операції. Розраховується питома трудомісткість операції. Одиницею продукції є конструкція що підсилюється. Основна перевага нового методу в аналітичній та синтетичній сутності. Метод дозволяє ретельно аналізувати процес, проектувати за варіантами. З'являється можливість обґрунтовувати раціональний варіант, покращувати спосіб підсилення конструкцій. Метод цілочислового нормування елементів технологічних операцій показав його придатність для проектування процесів відновлення конструкцій. Новий метод характеризується достовірністю отриманих результатів у порівнянні з іншими методами.*

***Ключові слова:** метод нормування, будівельний процес, підсилення рам, нормування часу, затрати праці, трудомісткість.*

**Постановка проблеми.** В умовах військового стану, відновлення пошкоджених будівель і споруд стає актуальною проблемою підсилення та відновлення конструкцій. Рішення з підсилення і відновлення конструкцій дають мінімізацію витрат і прискорення вводу будівель до експлуатації.

Процеси підсилення конструкцій існуючих будівель і споруд за складом та змістом значно відрізняються від типових процесів влаштування нових конструкцій. Потрібно спочатку провести попереднє обстеження пошкоджених конструкцій, виявити характер і обсяги пошкодження, а потім вже прийняти спосіб підсилення та розробити індивідуальне конструктивно-технологічне рішення.

Проект підсилення завершується розробкою технологічних карт, складанням калькуляцій розробкою графіків виконання робіт. Для складання калькуляцій затрат праці по процесах і для розробки графіків виконання робіт потрібні спеціальні норми затрат праці.

Станом на сьогодні спеціальні збірники норм затрат праці і часу на процеси підсилення конструкцій будівель не розроблені. Інженери проектувальники вимушені користуватися існуючою системою нормування для типових будівельних процесів, користуючись методом аналогії.

Проведення хронометражних спостережень на реальних об'єктах при великій різноманітності варіантів це дуже довгий і трудомісткий процес, тому використання аналітичних методів нормування стає на сьогодні актуальним питанням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні заплановано і частково вже виконується робота по розробці збірників Галузевих норм часу [1]. Перелік запланованих збірників Галузевих норм часу на будівельні, монтажні та ремонтно-будівельні роботи (ГН) не передбачає розробку норм часу на процеси підсилення будівельних конструкцій.

Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтні роботи (РЕКНр) [2] містять деякі норми на процеси, які зустрічаються при підсиленні конструкцій. До таких відносяться роботи по влаштуванню інвентарних рихтувань, очищення поверхонь конструкцій, прибирання сміття, влаштування отворів і борозен у дерев'яних та бетонних конструкціях тощо.

Є застарілі норми, які увійшли до збірників єдиних норм і розцінок (ЄНіР) [3], які скоріш мають інформативний характер. За скла-

дом нормованих робіт збірники ЄНіР мало чим різняться від РЕКНр.

Років 30 тому для розробки карт трудових процесів (КТП) була створена система аналітичного нормування [4]. Ідея гарна, але ж до процесів підсилення черга так і не дійшла.

Закордонний досвід свідчить про масове застосування аналітичного методу нормування в промисловості, який отримав назву «метод мікроелементного нормування» [5]. За цим методом передбачається розчленування елементів праці на рухи пальців, кистей, рухи руки, голови, очей та інших органів тіла людини.

Для нормування будівельних процесів, до яких відносяться процеси підсилення конструкцій, це дуже дрібна задача, тому було запропоновано ідею нормування процесів на рівні комплексів дій та операцій, застосовуючи нормування часу цілими числами [6, 7, 8].

**Постановка завдання.** Авторами статті раніше були проведені відповідні дослідження, які базувалися на новій системі (методології) розчленування операцій та на створенні нового методу цілочислового нормування часу виконання елементів процесу [6, 7, 8].

Попередні дослідження авторів і вивчення процесів підсилення будівельних конструкцій стали підставою для розширення методу цілочислового нормування у відповідному напрямку, тому метою цієї статті є удосконалення методу цілочислового нормування часу процесів підсилення конструкцій залізобетонних рам каркасних будівель і споруд.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Основними несучими елементами каркасних багатоповерхових будівель є рами. За минулий період часу побудовано багато каркасних будівель за збірною технологією. Для проектування таких будівель були розроблені типові серії конструкцій для цивільного, промислового та комбінованого призначення. При обстеженні таких будівель найчастіше зустрічалися залізобетонні конструкції за серіями ІІІ-20, ІІІ-04, 1.020 та інші [9].

Характерними пошкодженнями були часткові руйнування тіла конструкцій колон і ригелів з різних причин (вплив середовища, пожежі, динамічні навантаження тощо). Прикладом є пошкодження від пожежі відомого будинку профспілок на майдані Незалежності в м. Києві [10]. Будівля каркасна, запроектована за серією ІІІ-04.

Перекриття 9-поверхової каркасної будівлі отримали від пожежі найбільше пошкодження і потребували повної заміни. Колони і ригелі частково втратили несучу здатність і потребували підсилення.

Конструктивне рішення по підсиленню колон і ригелів залізобетонних поперечних рам включає, як правило, влаштування металевих обойм по колонам і підведення додаткових металевих балок під ригелі або з боків ригелів в залежності від вимог по забезпеченню вільного простору приміщень (рис. 1).

Процес проектування технології підсилення конструкцій ускладнюється тим, що потрібна повна інформація про складальні елементи конструкції підсилення з наявністю їх повної специфікації.

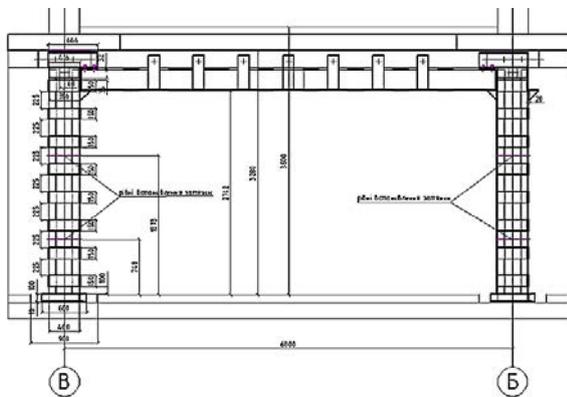


Рис. 1. Схема конструктивного рішення по підсиленню колон і ригелів залізобетонних рам

За правилами конструювання сталевих конструкцій [11] виконується розділення обойми на збиральні одиниці і відправні марки. Крупність елементів залежить від варіантів механізації процесів переміщення, підйому і встановлення, а також від фізичних можливостей виконавців процесу. Крім того на розміри елементів впливають геометричні розміри простору, у якому виконується процес.

За одним із методів колони підсилюють обоймами з 4-х сталевих кутиків і накладок з листів. Стискання кутиків здійснюється термічними діями, приварювання розігрітих планок до кутиків з подальшим відпуском.

Нормувати процес підсилення колон обоймою виконується за методикою [9] зі змінами деяких моментів в залежності від особливостей виконання робіт по підсиленню конструкцій.

Процес розкладається на сукупність дії виконавців, а дії вимірюють цілими хвилинами залежно від складності і відповідальності цих дій (табл. 1).

Сумарний час виконання дії визначається за формулою:

$$T_w = N_i * H_h, \text{ хв}, \tag{1}$$

де  $T_w$  – час на виконання комплексу дії, хв.;  
 $N_i$  – кількість дій у  $i$ -му комплексі  $W_i$ ;  
 $H_h$  – норма часу відповідно до складності та відповідальності дій,  $H_h =$  від 1 до 8 хвилин.

Трудомісткість комплексу  $i$ -х дій за кількістю виконавців:

$$Q_{wi} = T_{wi} * N_{wi}, \text{ люд-хв} \tag{2}$$

Норма витрат праці на весь процес розраховується за формулою:

$$H_{hw} = 0,01667 * \left( \sum_1^n Q_{wi} \right) * \frac{K_r}{V_e}, \text{ люд-год} \tag{3}$$

де  $K_r$  – коефіцієнт, враховуючий потреби на вільний час та власні потреби виконавців, а також частку витрат часу на підготовчі та завершальні дії,  $K_r = 1,15...1,25$ ;

$V_e$  – одиниця виміру продукції. Для підсилення конструкцій – одна конструкція;  
 0,0167 – коефіцієнт переведення люд-хв у люд-год.

Нормування витрат праці процесів підсилення розглядається по кожній складовій, що були визначені у попередньому етапі проектування.

Таблиця 1. Матриця складових затрат праці

№ пр.	Найменування операції (комплексу дій)	Кількість дій $N_i$ за нормою часу, $H_h$ хв								$T_{wi}$ , хв	$N_{wi}$ , люд	$Q_{wi}$ , люд-хв
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1	$W_1$											
n	$W_n$											
$H_{hw} = 0,01667 * \left( \sum_1^n Q_{wi} \right) * \frac{K_r}{V_e} =$												$\sum Q_{wi}$

Приклад визначення трудомісткості процесу підсилення колони обоймою з 4-х сталевих кутиків наведено в матриці (табл. 3). Розчленування процесу на комплекси дій відбувалося відповідно до конструктивного рішення (рис. 2).

Процес було розчленовано на такі операції:

1. підготовка колони і основи;
2. виготовлення опорної рами;
3. фарбування опорної рами;
4. встановлення опорної рами;
5. влаштування обойми колони;
6. фарбування обойми колони;
7. влаштування верхньої опори;
8. фарбування верхньої опори.

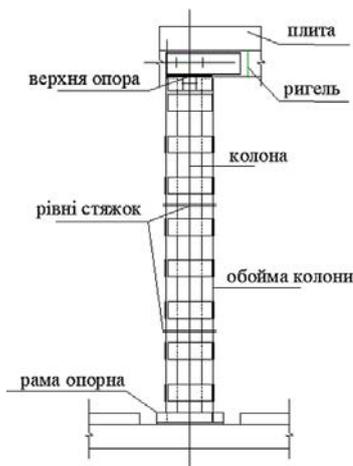


Рис. 2. Конструктивне рішення підсилення колони

Далі, виходячи зі специфікацій і креслень відправних марок, збиральних одиниць і деталей, операції розчленовувались на дії і їх комплекси.

Для цілочислового нормування потрібно більш детально розглядати особливості конструювання елементів і виконання робіт.

Так, обойма для колони складається з 4-х рівнобічних кутиків (рис. 2). За сортаментом

приймається кутик з розміром полиць 1/4...1/5 від розміру перерізу колони. Завтовшки полиця кутика повинна бути в межах 6...8 мм.

Розміри накладок приймаються завищені 1,5...2,0 від розміру полиці кутика. Завдовжки вона повинна бути коротше проектного розміру кутиків на колоні на 20 мм, з відстанню від країв кутика на 10 мм. Завтовшки накладка повинна бути не меншої товщини полиці кутика.

Крок встановлення накладок на кутиках приймається 1,5...2,0 від висоти планки. Перший і останній крок планок на обоймі можуть бути меншими від середніх. Прив'язка планок до нижніх і верхніх опор проектується виходячи зі зручності виконання ручного накладання зварних швів.

Планки приварюють до кутиків зварними швами з катетом за товщиною з'єднувальних елементів.

До конструкції обойми входить опорна металева рама, до якої приварюють кутики обойми. Рама складається з 4 балочок. Опорна рама проектується за розмірами перерізу колони. Від боків колони елементи рами повинні відставати на 4...5 мм для забезпечення можливості підйому рами повздовж колони для зручності виконання інших процесів.

Результати нормування комплексу дій і результат визначення затрат праці на влаштування обойми колони наведені в табл. 2.

Операції «влаштування обойми колони» розкладалися на наступні дії і їх комплекси:

- $W_{5.1}$  – доставка елементів до місця встановлення;
- $W_{5.2}$  – приготування розчину;
- $W_{5.3}$  – нанесення розчину на поверхню колони;
- $W_{5.4}$  – встановлення і закріплення кутиків;
- $W_{5.5}$  – встановлення і закріплення накладок;
- $W_{5.6}$  – контроль якості.

Таблиця 2. Матриця затрат праці влаштування обойми колони

№ пр.	Операція. Влаштування обойми колони № дії ( $W_{ij}$ )	Кількість дій $N_i$ за нормою часу, $N_h$ хв.								$T_{wi}$ , хв	$N_{wi}$ , люд	$Q_{wi}$ , люд-хв	
		1	2	3	4	5	6	7	8				
1	$W_{5.1}$				8					32	2	64	
2	$W_{5.2}$								1	8	1	8	
3	$W_{5.3}$				4					16	1	16	
4	$W_{5.4}$								4	32	2	64	
5	$W_{5.5}$		32			192				1024	3	3072	
6	$W_{5.6}$						4			24	2	48	
$N_{hw} = 0,01667 * \sum Q_{wi} * K_r / V_e = 65,45$ люд-год/ колону													3272

**Таблиця 3. Калькуляція витрат праці на виконання процесу**

№ операції	Підсилення колони обоймою (процес). Найменування операцій	Затрати праці, люд-год на колону
1	Підготовка колони і основи	1,74
2	Виготовлення опорної рами	0,64
3	Фарбування опорної рами	0,64
4	Встановлення опорної рами	0,3
5	Влаштування обойми колони	65,45
6	Фарбування обойми колони	1,12
7	Влаштування верхньої опори	7,84
8	Фарбування верхньої опори	0,64

Аналогічним чином було нормовано інші операції процесу «підсилення колони обоймою» і отримані наступні результати (табл. 3).

Для побудови графіку виконання процесу підсилення декількох залізобетонних рам у будівлі слід згрупувати операції в технологічні потоки. Для цього в таблиці 3 не обов'язково визначати загальну трудомісткість процесу.

Операції за п. 1 і за пп. 3,6,8 рекомендується проектувати окремими потоками для

більшого суміщення і прискорення темпів виконання робіт по підсиленню всіх пошкоджених рам.

Як правило, слід формувати наступні потоки:

- потік №1 – роботи підготовчого характеру;
- потік №2 – виготовлення і монтаж елементів підсилення опор і обойм колон;
- потік №3 – виготовлення і монтаж балок підсилення ригелів;
- потік №4 – влаштування захисних покриттів поверхонь металевих елементів.

Тривалість технологічних потоків та склад бригад визначається у відповідності до загальних витрат праці процесів, включених до потоку.

Приклад графіка виконання процесу підсилення 12 залізобетонних рам багатоповерхової будівлі наведено на рис. 3.

**Висновки.** Метод цілочислового нормування елементів технологічних операцій нормами часу у цілих числах в межах 1-8 хвилин при визначенні витрат праці процесів підсилення залізобетонних рам каркасних будівель показав його придатність для оцінки КТР і достатню достовірність отриманих результатів у порівнянні з іншими методами.



Рис. 3. Графік виконання процесів підсилення залізобетонних рам каркасної будівлі

### Література

1. Галузеві норми часу на будівельні, монтажні та ремонтно-будівельні роботи. Загальна частина. Київ: УкрНДЦ „Екобуд”. 2006 36 с.
2. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи Збірник 20 «інші ремонтно-будівельні роботи». Міністерства розвитку громад та територій України. 2021. 37 с.
3. ЕНиР Сб. 20. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтные работы. Ремонтно-строительные работы. М: Стройиздат, 1987. – 122 с.
4. Рекомендации по составлению карт трудовых процессов строительного производства / Всесоюз. н-и. и проект, ин-т труда в стр-ве Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1983. 23 с.
5. Микроэлементное нормирование – метод исследования и проектирования трудовых процессов, его сущность; этапы развития / URL <https://studfile.net/preview/9152934/page:>(дата звернення 12.11.2023).
6. Тонкачев Г.М., Тонкачев В.Г., Носач К.В. Відбір опалубних систем для влаштування монолітних колон за методикою цілочислового нормування трудомісткості та тривалості процесів // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: Зб. наук. праць. К.: КНУБА, 2021. Вип. 47. Ч. 1. С. 96-107. DOI:10.32347/2707-501x.2021.47(1).96-107. <http://dsr.univ.kiev.ua>.

7. Features of standard time formation to implement construction processes: a case study / H.M. Tonkacheiev, I.M. Rudnieva, V.H. Tonkacheiev, Yu.M. Priadko. // Опір матеріалів і теорія споруд / Strength of Materials and Theory of Structures. 2022. № 109. С. 141-149. DOI: 10.32347/2410-2547.2022.109.141-151.
8. Система аналітичного визначення норм витрат праці на виконання будівельних процесів / Г.М. Тонкачєєв, В.Г. Тонкачєєв, В.П. Рашківський, О.Г. Шандра // Будівельне виробництво. К.: НДІБВ, 2022. № 74. С. 3–9.
9. Технологические схемы монтажа сборных железобетонных конструкций унифицированных каркасов снрий ИИ-04 / Р.А. Каграманов, В.И. Привин, В.С. Пикалов и др.; ЦНИИОМТП. М.: 1980. 148 с.
10. Білик С.І., Тонкачєєв Г.М. Видалення плит перекриття в каркасних будівлях / Будівельні конструкції. Теорія і практика: зб. наук. праць. Вип. 2. Київ. КНУБА, 2018. С.67-72.
11. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування. Київ. Мінрегіонбуд. 2014. 205 с.

### References

1. Galuzevi normi chasu na budivelni, montazhni ta remontno-budivelni roboti. Zagalna chastina. KiYiv: UkrNNTs „Ekobud”. 2006 36 s.
2. Resursni elementni koshtorisni normi na remontno-budivelni roboti Zbirnik 20 «Inshi remontno-budivelni roboti». Ministerstva rozvitku gromad ta teritoriy Ukraini. 2021. 37 s.
3. ENiR Sb. 20. Edinyie normyi i rastsenki na stroitelnyie, montazhnyie i remontnyie raboty. Remontno-stroitelnyie raboty. M: Stroyizdat, 1987. – 122 s.
4. Rekomendatsii po sostavleniyu kart trudovyih protsessov stroitel'nogo proizvodstva / Vsesoyuzn. n-i. i proekt, in-t truda v str-ve Gosstroya SSSR. M.: Stroyizdat, 1983. 23 s.
5. Mikroelementnoe normirovanie – metod issledovaniya i proektirovaniya trudovyih protsessov, ego suschnost; etapy razvitiya / URL [https://studfile.net/preview/9152934/page:\(data zvernennya 12.11.2023\)](https://studfile.net/preview/9152934/page:(data%20zvernennya%2012.11.2023)).
6. Tonkacheiev G.M., Tonkacheiev V.G., Nosach K.V. Vidbir opalubnih sistem dlya vlashtuvannya monolitnih kolon za metodikoyu tsilochisloвого normuvannya trudomistkosti ta trivalosti protsesiv // Shlyahi pidvischennya effektivnosti budivnitstva v umovah formuvannya rinkovih vidnosin: Zb. nauk. prats. K.: KNUBA, 2021. Vip. 47. Ch. 1. S. 96-107. DOI:10.32347/2707-501h.2021.47(1).96-107. <http://dsr.univ.kiev.ua>.
7. Features of standard time formation to implement construction processes: a case study / H.M. Tonkacheiev, I.M. Rudnieva, V.H. Tonkacheiev, Yu.M. Priadko. // Opir materialiv i teoriya sporud / Strength of Materials and Theory of Structures. 2022. # 109. S. 141-149. DOI: 10.32347/2410-2547.2022.109.141-151.
8. Sistema analitichnogo viznachennya norm vitrat pratsi na vikonannya budivelnih protsesiv / G.M. Tonkacheiev, V.G. Tonkacheiev, V.P. Rashkivskiy, O.G. Shandra // Budivne virobnitstvo. K.: NDIBV, 2022. # 74. S. 3–9.
9. Tehnologicheskie shemy montazha sborniyh zhelezobetonnyih konstruksiy unifitsirovannyih karkasov snriy II-04 / R.A. Kagramanov, V.I. Privin, V.S. Pikalov i dr.; TsNIOMTP. M.: 1980. 148 s.
10. Bilik S.I., Tonkacheiev H.M. Vidalennya plit perekrittya v karkasni budivlyah / Budivelni konstruksiyi. Teoriya I praktika: zb. nauk. prats. Vip. 2. Kiyiv. KNUBA, 2018. S.67-72.
11. DBN V.2.6-198:2014 Stalevi konstruksiyi. Normi proektuvannya. Kiyiv. Minregionbud. 2014. 205 s.

## THE FERROCONCRETE FRAMES REINFORCING PROCESS' INTEGER RATIONING METHOD FOR FRAME BUILDINGS

**Abstract.** *The problem for design engineers in terms of building technology designing was considered, which is associated with the lack of tools for analyzing and justifying technological and design solutions for strengthening the frame buildings' structures. An information sources' analysis of devoted to this problem was carried out. In Ukraine, work has been planned and is partially already being carried out to develop collections of Industry time standards. Resource elemental estimate standards for repair work are in effect. These collections' standards do not take into account the reinforcing processes' peculiarities for building structures. The standardization experience in foreign countries was noted. Experience indicates the widespread use of the microelement rationing method. For reinforcing structures processes, standardizing time in minutes' fractions complicates the procedure. The standardizing processes idea at the level of technological operations constituent elements was proposed. To do this, it is recommended to measure the execution time of elements in whole numbers in minutes. This article purpose is to improve the processes integer time normalization method for strengthening the ferroconcrete frames structures for frame buildings and structures. A constructive solution for strengthening columns and crossbars for ferroconcrete transverse frames is the metal clips installation along the columns and the additional steel structures installation under the beams. The new method involves the operations decomposing into a set of actions. An example of strengthening process labor intensity determining for a column using a steel cage was given. For the new method, the elements' design features should be considered in detail. For the correct operations' decomposing the assembly, units and parts specifications and drawings are used. The performers' actions and the number of such actions in the operations' complex are carefully considering. According to the*

*actions' complexity and responsibility, their duration is measured in whole numbers. The method's electronic matrix is designed to determine the operation labor content. The specific labor operation intensity is calculated. The unit of production is the structure that was reinforced. The new method main advantage is its analytical and synthetic nature. The method allows you to carefully analyze the process and design according to options. It becomes possible to justify a rational option and improve the strengthening structures method. The technological operations elements integer standardization method has shown its suitability for designing processes for restoring structures. The new method is characterized by the reliability of the results obtained in comparison with other methods.*

***Key words: normalization method, construction process, frame reinforcement, rationing of time, labor costs, labor intensive.***

**Tonkacheiev H.M.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Construction Technologies,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Molodid O.S.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Construction Technologies,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Tonkacheiev V.H.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Metal and Wood Structures,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Shandra O.H.**

Senior teacher, Postgraduate Student at the Department of Construction Technologies,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

УДК 69:003

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.9>**Єсипенко А.Д.**

д.т.н., професор, генеральний директор,  
Підприємство української академії наук  
«Науково-дослідний інститут інноваційного будівництва»  
ORCID ID: 0000-0003-0460-2749

**Дубінін Д.В.**

к.т.н., доцент кафедри економіки будівництва,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ  
ORCID ID: 0000-0002-2044-0631

## МУЛЬТИПРОЕКТНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ОСНОВА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВНИЦТВА

**Анотація.** У статті досліджується ключова роль мультипроектного середовища в стимулюванні цифрової трансформації будівельної галузі. Проведено аналіз того, як керування декількома проектами одночасно може стати каталізатором для інтеграції цифрових технологій та оптимізації як організаційних, так і технологічних процесів на будівельних підприємствах. Учасники будівництва все більше усвідомлюють важливість цифрової трансформації для підвищення продуктивності, ефективності під час виконання проектів. Існують унікальні виклики та можливості, які надає мультипроектне середовище, де багато будівельних проектів виконуються одночасно, таке середовище не тільки сприяє цифровим інноваціям, але й має важливе значення для досягнення згуртованих і раціоналізованих операцій.

У статті визначено ключові чинники цифрової трансформації в будівельному секторі, зокрема потребу в покращенні координації проектів, покращеному управлінні даними та підвищенні конкурентоспроможності, оскільки багатопроєктне середовище за своєю суттю потребує передових цифрових інструментів і методологій для виконання складних і масштабних операцій.

Цифрові технології допоможуть оптимізувати організаційні процеси, такі як управління проектами, розподіл ресурсів і спілкування. Вони підкреслюють переваги інтегрованих систем управління проектами, які полегшують обмін даними в режимі реального часу та прийняття рішень у кількох проектах.

Інноваційні розробки трансформують процеси будівництва, зокрема інформаційне моделювання будівель (BIM), Інтернет речей (IoT) і штучний інтелект (AI), ці технології застосовуються в багатопроєктному середовищі для підвищення точності, зменшення відхилень і покращення загальних результатів проекту.

Розглядаються виклики, пов'язані із цифровою трансформацією, такі як опір змінам, проблеми сумісності та необхідність постійного навчання та розвитку. Практичні рішення та стратегії для подолання цих бар'єрів, можуть бути впроваджені за підтримки лідерства, стратегічного планування та залучення зацікавлених сторін.

Майбутніми тенденціями цифрової трансформації в будівельній галузі є те, що багатопроєктне середовище все більше ставатиме нормою, що потребуватиме постійних досліджень та інновацій для подальшого вдосконалення цифрових інструментів і методологій.

Мультипроектне середовище є фундаментальною основою для цифрової трансформації організаційно-технологічних процесів у будівництві. Використовуючи цифрові технології та приймаючи цілісний підхід до управління проектами, будівельні підприємства можуть досягти більшої ефективності, співпраці та успіху проекту, впровадження цифрових практик та інновацій є важливим для підтримки конкурентоспроможності та стимулювання сталого зростання.

**Ключові слова:** будівництво, цифрова трансформація будівництва, стейкхолдери будівництва, мультипроектне середовище, організація будівництва, цифрове середовище, BIM-моделі, цифровий розвиток, організаційно-технологічні процеси будівництва.

**Постановка проблеми.** Будівельна галузь перебуває у стадії трансформації, зумовленої необхідністю цифровізації організаційно-технологічних процесів для підвищення продуктивності, ефективності зведення будівель і споруд. Однією із важливих проблем цифрової трансформації є побудова ефективної співпраці учасників інвестиційно-будівельного проекту в багатопроектному середовищі, де одночасно реалізуються декілька будівельних проектів. Такий формат роботи виступає каталізатором інтеграції передових цифрових технологій та інноваційних процесів, так як мультипроектне середовище служить фундаментальною основою для цифровізації організаційних і технологічних процесів.

Багатопроектне середовище передбачає одночасне керування декількома будівельними проектами, кожен зі своїм унікальним набором ресурсів, вимог, стадій реалізації, зацікавленими сторонами, що породжує унікальні виклики і загрози. Таке середовище потребує високого рівня координації, розподілу ресурсів та інтеграції процесів, щоб гарантувати, що всі проекти просуваються ефективно, вчасно та відповідають головним цілям організації. Складність і масштаб керування декількома проектами одночасно створюють переконливі аргументи на користь цифрової трансформації, оскільки традиційні методи управління часто не справляються з такими багатогранними операціями.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Питаннями цифрової трансформації економіки займались Тищенко Д. С. [12], Гражевська Н. І.; Чигиринський А. М. [13], Баранов О. А. [14], Власенко О. П.; Якобчук В. П.; Симоненко Л. І. [16], Лебідь О. В. [17], Чіков І. А. [18] у будівництві питанням цифровізації приділяли увагу наступні вчені О.Тугай, П. Григоровський [3, 8], Р. Зельцер [4, 6], С. Стеценко [2, 20], О. Беленкова [9-10, 15], Т. Цифра [11, 20], З. Шилова [1], А.Гойко, Л. Сорокіна [7, 20], Боліла Н.В. [19-20].

Питанням загроз, бар'єрів та перешкод для процесу цифровізації присвячено праці [1, 3, 15].

Крім того, у будівництві існує потреба дослідження перешкод процесу цифровізації та розробки механізмів забезпечення цифровізації в умовах мультипроектного середовища. Питання є актуальним для різних учасників будівництва, особливо для девелоперських компаній, проектних організацій та підрядних підприємств, а також інших стейкхолдерів будівництва.

**Метою статті** є розробка теоретико-методичних і практичних рекомендацій щодо цифрової трансформації організаційно-технологічних процесів будівництва на основі мультипроектного підходу.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Цифрова трансформація в будівництві передбачає інтеграцію цифрових технологій у всі сфери проектної, будівельної, експлуатаційної, фінансової, логістичної діяльності, докорінно змінюючи спосіб планування, виконання та управління проектами. Ключові технології, що сприяють цій трансформації, включають інформаційне моделювання будівель (BIM), хмарні обчислення, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) і аналітику великих даних. Ці технології пропонують значні переваги з точки зору підвищення точності проекту, зниження витрат і покращення співпраці між зацікавленими сторонами.

Драйверами цифрової трансформації в будівництві виступають наступні чинники:

#### **1. Покращена координація та інтеграція.**

Цифрові технології сприяють бездоганній інтеграції та координації між різними проектами. Такі інструменти, як інформаційне моделювання будівель (BIM), програмне забезпечення для управління проектами та платформи для спільної роботи, дозволяють в реальному часі обмінюватися даними. Ця інтеграція гарантує, що всі команди проекту працюють з однією версією проекту, зменшуючи непорозуміння та підвищуючи загальну узгодженість.

**2. Підвищення ефективності та продуктивності.** Автоматизація робочих процесів і процесів за допомогою цифрових інструментів призводить до значного підвищення ефективності. Такі технології, як штучний інтелект та машинне навчання, можуть оптимізувати розподіл ресурсів, передбачити часові рамки проекту та визначити потенційні ризики, перш ніж вони стануть критичними. Ця ефективність особливо важлива в багатопроектному середовищі, де складність збільшується.

**3. Прийняття рішень на основі даних.** Цифровізація будівельних процесів дозволяє збирати та аналізувати величезні обсяги даних. Ці дані можуть бути використані для прийняття рішень, покращення планування проекту та вдосконалення операційних стратегій. У багатопроектному середовищі використання аналітики даних допомагає менеджерам порівнювати ефективність проектів, визначити

найкращі практики та вносити обґрунтовані коригування.

4. *Масштабованість і гнучкість.* Цифрові інструменти забезпечують масштабованість і гнучкість, необхідні для управління різноманітними портфелями проектів. Вони можуть включати проекти різного розміру та складності, дозволяючи організаціям ефективно масштабувати свою діяльність. Ця адаптивність має вирішальне значення для реагування на мінливі ринкові умови та вимоги клієнтів.

5. *Покращена співпраця та залучення зацікавлених сторін.* Цифрові платформи покращують співпрацю не лише в проектних командах, але й із зовнішніми зацікавленими сторонами, такими як клієнти, постачальники та субпідрядники. Розширене залучення зацікавлених сторін завдяки прозорій комунікації в режимі реального часу призводить до більшої задоволеності та кращих результатів проекту.

Головними проблемами і викликами цифрової трансформації будівництва є проблеми сумісності, опір змінам, необхідність навчання персоналу, безпеки інформації (рис. 1).

Однією з головних проблем є забезпечення безперервної взаємодії різних цифрових інструментів і платформ. У багатопроектному середовищі, де різні проекти можуть використовувати різні системи, досягнення сумісності є критичним. Це вимагає стандартизації форматів даних і протоколів.

Будівельна галузь традиційно повільно впроваджує нові технології. Опір змінам серед співробітників і зацікавлених сторін може перешкодити зусиллям з цифрової трансформації. Щоб подолати цей опір, потрібне сильне лідерство, чітка комунікація та демонстрація відчутних переваг впровадження цифрових технологій.

Успішне впровадження цифрових технологій потребує робочої сили, яка володіє навичками використання цих інструментів. Інвестиції в безперервне навчання та професійний розвиток є важливими для того, щоб співробітники володіли новими цифровими процесами та технологіями.

Оскільки будівельні проекти стають оцифрованими, вони також стають більш уразливими до кіберзагроз. Забезпечення надійних заходів кібербезпеки для захисту конфіденційних проектних даних і систем має першочергове значення.

Багатопроектне середовище означає одночасне керування декількома будівельними

проектами в межах організації. Це середовище за своєю суттю є складним, включає різні зацікавлені сторони, ресурси та часові рамки. Управління кількома проектами одночасно представляє як виклики, так і можливості. Це вимагає складної координації, надійних каналів зв'язку та ефективного розподілу ресурсів.

У багатопроектному середовищі взаємодія між різними проектами може призвести до конфліктів ресурсів, проблем із плануванням і операційної неефективності, якщо нею керувати належним чином. Однак, якщо його правильно використати, він також може сприяти інноваціям, обміну знаннями та підвищенню продуктивності завдяки колективному навчанню та досвіду з різних проектів.

Проблеми переходу до повної цифровізації усіх інвестиційно-будівельних процесів у мультипроектному середовищі відрізняються у різних стейкхолдерів і учасників інвестиційно-будівельного процесу. Так, проектувальники використовують програмне забезпечення для інформаційного моделювання будівель (BIM), інструменти автоматизованого проектування (CAD) і платформи параметричного моделювання для створення цифрових моделей будівельних проектів. Ці інструменти полегшують співпрацю, візуалізацію та координацію між членами команди дизайнерів. Часто проектувальники стикаються з проблемами в інтеграції інструментів цифрового проектування з програмними платформами та робочими процесами інших учасників проекту.

Невідповідність стандартів BIM, проблеми сумісності форматів файлів і протоколів обміну даними можуть перешкоджати безперервній співпраці та обміну інформацією. Для подолання цих перешкод необхідно переконатись, що працівники володіють необхідними навичками та тренуваннями для ефективного використання інструментів цифрового дизайну. Вкладання коштів в професійний розвиток, практичне навчання та ініціативи з обміну знаннями є важливими для підвищення цифрової грамотності та майстерності співробітників.

Девелопери є ідеологами цифровізації будівництва в рамках окремих проектів. Без ініціативи девелоперських компаній процес цифровізації не може бути ефективним. Девелопери використовують програмне забезпечення для керування проектами, платформи для співпраці та цифрові інформаційні

Підприємства використовують цифрові технології, такі як інформаційне моделювання будівель (BIM), 3D-лазерне сканування та технологію дронів, щоб оптимізувати будівельні процеси, підвищити продуктивність і підвищити <b>Драйвери цифрової трансформації</b>										
Покращена координація та інтеграція		Підвищення ефективності та продуктивності		Прийняття рішень на основі даних		Масштабованість і гнучкість		Покращена співпраця та залучення зацікавлених сторін		
<b>Завдання</b>										
Виявлення загроз, невідповідностей, диспропорцій цифрового розвитку учасників будівництва з огляду на вимоги окремого проекту, удосконалення цифрових компетенцій учасників, виявлення та усунення структурних помилок, розробка та використання інструментарію цифрової трансформації організаційно-технологічних процесів та учасників будівництва										
<b>Проблеми та загрози</b>										
Проблеми сумісності			Опір змінам		Безпеки інформації		Необхідність навчання персоналу			
<b>Учасники</b>										
Місцеві органи влади	Саморегульовані організації	Населення		Інвестори, банки, фонди фінансування	Проектні організації	Підприємства	Замовники, забудовники, девелопери	Інженери-консультанти	Постачальники будівельних матеріалів	Виробники матеріалів, виробів і конструкцій та обладнання
<b>Заходи</b>										
Розробка системи оцінювання рівня цифрового розвитку учасників будівництва, інтегрального і локальних показників			Встановлення цільового рівня цифрового розвитку для стейкхолдерів будівництва для кожного проекту		Вибір учасників будівництва, виходячи із цільового рівня цифрового розвитку та можливості адаптування до цмов окремих проектів		Моніторинг стану цифрової трансформації окремих учасників і процесів будівництва в розрізі окремих проектів			
<b>Цифровий інструментарій</b>										
<b>Проектувальник</b> AutoCAD, Revit і BIM – оптимізація процесу проектування, ефективне керування кількома проектами, візуалізація, координація. Project, Trello, Monday - відстеження та розподілення ресурсів. Інтегрована реалізація проекту (IPD).			<b>Девелопер (замовник)</b> Інструменти управління проектами Primavera P6, Microsoft Project, Procore дозволяють ефективно планувати, виконувати та контролювати численні проекти, функції для планування, бюджетування та управління ризиками, покращуючи загальний контроль над проектом. Програмне забезпечення для фінансового менеджменту SAP або Oracle Financials, допомагає відстежувати витрати проекту, керувати бюджетами та прогнозувати фінансові потреби. Інтегрована реалізація проекту (IPD)				<b>Підрядник</b> Інтегрована реалізація проекту (IPD) Програмне забезпечення для управління будівництвом: Procore, Buildertrend і PlanGrid, сприяють ефективному управлінню будівельним процесом, включаючи планування, розподіл ресурсів і відстеження графіків виконання робіт, Системи управління якістю (QMS), Мобільні технології та Інтернет речей дозволяє здійснювати моніторинг будівельних майданчиків у режимі реального часу, покращуючи зв'язок і збір даних.			

Рис. 1. Механізм цифрової трансформації будівництва в умовах мультипроектного середовища (розроблено авторами)

продукти, найчастіше BIM-моделювання, щоб оптимізувати планування проєктів, бюджетування та організацію будівництва. Інструменти цифрового управління проєктами дозволяють у режимі реального часу відстежувати прогрес проєкту, розподіл ресурсів і управління ризиками. Девелоперські компанії покладаються на інструменти аналітики даних і бізнес-аналітики, щоб приймати обґрунтовані рішення щодо здійсненності проєкту, інвестиційних стратегій і ринкових тенденцій. Доступ до точних своєчасних даних дозволяє зменшити ризики, оптимізувати ресурси та максимізувати віддачу від інвестицій.

Девелопери також повинні ефективно координувати роботу з проєктувальниками, підрядниками та іншими зацікавленими сторонами, щоб забезпечити узгодженість цілей проєкту, часових рамок і результатів. Встановлення чітких каналів зв'язку, прозорий обмін проєктною інформацією та сприяння культурі співпраці є важливими для успішних результатів проєкту.

Цифровізація дозволяє підрядникам не тільки інтегрувати системи управління ланцюгом постачання, платформи закупівель і рішення для відстеження запасів для оптимізації процесів організації будівництва, але і інтегрувати свою діяльність в єдине цифрове середовище проєкту. Повна інтеграція програмного забезпечення з девелопером, проєктувальниками, постачальниками та субпідрядниками підвищує ефективність проєкту та зменшує затримки. Важливо, щоб співробітники підрядних підприємств пройшли навчання та володіли цифровими інструментами та технологіями. Інвестиції в програми навчання робочої сили, ініціативи з підвищення кваліфікації та семінари з цифрової грамотності можуть розширити можливості будівельних команд прийняти цифровізацію та ефективно використовувати її переваги.

Учасники будівництва мають прийняти цифрові інновації та адаптуватися до змін, щоб залишатися конкурентоспроможними та відповідати вимогам сучасних будівельних проєктів. Вирішуючи питання сумісності, долаючи культурний опір і забезпечуючи кібербезпеку, учасники будівництва можуть успішно пройти шлях цифрової трансформації. Зрештою, багатопроектне середовище, підкріплене цифровими технологіями, приведе будівельну галузь до більш ефективного, спільного та інноваційного майбутнього.

У будівельній індустрії багатопроектне середовище означає одночасне управління та виконання кількох будівельних проєктів. Цей сценарій представляє унікальні проблеми з точки зору розподілу ресурсів, планування, комунікації та загального управління проєктом. Поява цифрових технологій пропонує трансформаційні рішення для цих проблем. Цифровізація організаційних і технологічних процесів може значно посилити співпрацю, підвищити ефективність і оптимізувати роботу в багатопроектному середовищі, але існують також і виклики у багатопроектному середовищі:

1. Координація та спільне використання ресурсів, таких як робоча сила, обладнання та матеріали, між кількома проєктами може призвести до конфліктів і неефективності.

2. Часові рамки, що збігаються, і взаємозалежні завдання створюють складні проблеми з плануванням, які можуть спричинити затримки та збої.

3. Ефективна комунікація між різними зацікавленими сторонами — підрядниками, субпідрядниками, постачальниками та клієнтами — має вирішальне значення, але часто заважає складність організаційної структури проєктів і розрізнена інформація.

4. Бюджетування та фінансовий контроль ускладнюються необхідністю відстежувати витрати та грошові потоки в кількох проєктах.

5. Виявлення, оцінка та пом'якшення ризиків стає складнішим із одночасною роботою кількох проєктів.

Для прокращення співпраці рекомендовано використовувати BIM — це цифрове представлення фізичних і функціональних характеристик об'єкта. Модель служить спільним ресурсом знань для інформації про об'єкт, утворюючи надійну основу для прийняття рішень протягом його життєвого циклу. BIM дозволяє краще візуалізувати та керувати ресурсами в проєктах, забезпечуючи ефективний розподіл і уникаючи конфліктів.

Інтеграція BIM-моделей із інструментами планування, такими як 4D BIM (3D-модель плюс час), допомагає візуалізувати часові рамки проєкту та завчасно виявити потенційні конфлікти планування. BIM сприяє кращій комунікації та співпраці між усіма зацікавленими сторонами, надаючи єдине, узгоджене уявлення про проєкт.

Системи ERP об'єднують усі аспекти діяльності, включаючи планування, закупівлі,

інвентаризацію, продажі, маркетинг, фінанси та людські ресурси. Вони забезпечують видимість доступності та використання ресурсів у режимі реального часу, забезпечуючи більш ефективне планування та розподіл ресурсів, оптимізують фінансові процеси шляхом інтеграції відстеження бюджету, бухгалтерського обліку та фінансової звітності для кількох проектів.

Такі інструменти, як Microsoft Project, Primavera P6 і Procore, пропонують комплексні можливості керування проектами. Ці інструменти полегшують детальне планування та відстеження проектних завдань, допомагаючи забезпечити виконання проектів, завчасно визначати потенційні ризики та планувати стратегії пом'якшення.

Такі платформи, як Autodesk BIM 360, Procore та Asana, забезпечують хмарне середовище для спільної роботи над проектами. Хмарні платформи гарантують, що всі зацікавлені сторони мають доступ до найновішої інформації про проект і можуть спілкуватися в режимі реального часу, забезпечують централізоване зберігання документів проекту, гарантуючи, що кожен працює з найновішими версіями.

Технологія IoT передбачає підключення фізичних пристроїв до Інтернету, що дозволяє їм надсилати та отримувати дані. Пристрої IoT можуть відстежувати місцезнаходження та стан обладнання та матеріалів у режимі реального часу, покращуючи керування ресурсами, датчики IoT можуть контролювати умови на місці, допомагаючи забезпечити безпеку та відповідність нормам.

Штучний інтелект (AI) і машинне навчання (ML) можуть аналізувати великі обсяги даних, щоб ідентифікувати закономірності, передбачити потенційні затримки проекту та перевитрати коштів, дозволяючи вживати профілактичних заходів.

Алгоритми ШІ можуть оцінювати ризики на основі історичних даних і поточних умов проекту, покращуючи стратегії управління ризиками.

Зазначені цифрові інструменти забезпечують видимість використання ресурсів проектами в реальному часі. Це дозволяє динамічно регулювати розподіл ресурсів, гарантуючи, що всі проекти мають необхідні ресурси без надмірного або недостатнього використання.

Розширені інструменти планування, інтегровані з системами BIM і ERP, допомагають створювати реалістичні графіки проекту та

виявляти потенційні конфлікти до їх виникнення. Це веде до більш точних і досяжних графіків проектів.

Хмарні платформи та інструменти для співпраці гарантують, що всі зацікавлені сторони мають доступ до о найновішу інформацію про проект і здатність ефективно спілкуватися. Це зменшує кількість непорозумінь і гарантує, що кожен узгоджується з цілями та часовими рамками проекту.

ERP-системи забезпечують уніфіковану платформу для відстеження витрат, бюджетів і фінансових показників проекту. Це покращує фінансовий нагляд і допомагає гарантувати, що проекти залишаються в рамках бюджету.

Інструменти штучного інтелекту та прогностичної аналітики допомагають завчасно виявляти потенційні ризики та надавати інформацію на основі даних для їх пом'якшення. Такий проактивний підхід до управління ризиками зменшує ймовірність затримок проекту та перевитрати коштів.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Оскільки цифрові технології продовжують розвиватися, їх інтеграція в багатопроектне середовище ставатиме все більш критичною. Майбутні дослідження повинні бути зосереджені на розробці передових цифрових інструментів, адаптованих до конкретних потреб управління кількома проектами для підрядних підприємств, девелоперських компаній і проектних організацій, вивченні впливу нових технологій, таких як штучний інтелект і машинне навчання, і визначенні найкращих практик цифрового впровадження. Постійні інновації та адаптація будуть важливими для підтримки конкурентоспроможності та стимулювання сталого зростання в будівельному секторі.

Цифровізація організаційних і технологічних процесів пропонує потужні рішення для вирішення завдань управління багатопроектним середовищем у будівництві. Покращуючи координацію ресурсів, покращуючи планування, оптимізуючи комунікацію, оптимізуючи фінансовий менеджмент і забезпечуючи проактивне управління ризиками, цифрові інструменти та технології можуть значно підвищити ефективність і успіх будівельних проектів. У міру того як будівельна індустрія продовжує переходити на цифрові технології, переваги цих досягнень ставатимуть все більш очевидними, що призведе до створення ефективніших проектних середовищ для співпраці.

Багатопроектне середовище в будівництві передбачає одночасне виконання та управління кількома проектами, кожен зі своїми унікальними вимогами та проблемами. Це ускладнює співпрацю й створює значні проблеми для

основних учасників будівництва - проектувальників, замовників і підрядників. Щоб забезпечити успішну реалізацію проекту, ці зацікавлені сторони повинні прийняти ефективні механізми для подолання властивих викликів і загроз.

### Література

1. Z. Sriyolja et al. Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) in Construction Industry: A Critical Review. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 738 012021 <http://surl.li/kcqb>
2. Stetsenko, S.P. et al. The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*, 2021, Special Issues, No. 1, Part I, p. 21-31
3. Tugay, O.A. et al. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph – Lviv-Toruń: Liha-Pres. 2019. 133 p.
4. Zeltser, R. et al. Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. *Nauka i innovatsii*. 2019. vol. 15(5), 39-51
5. The impact of digital transformation on formal and informal organizational structures of large architecture and engineering firms *Engineering Construction and Architectural Management*, 27, 2019, pp. 872-892, 10.1108/ECAM-03-2019-0119
6. Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.
7. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою будівельного підприємства: монографія / за наук. ред. проф. Л.В. Сорокіної, проф. А.Ф. Гойка. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2017. 404 с.
8. Tugay, O.A. et al Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. *Nauka i innovatsii*, vol. 2019. 15(4), 23-32
9. Bielienskova, O. et al. Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2022. Pp. 108-115
10. Belenkova, O. Yu. Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. *Urban planning and territorial planning*, 2022. 81, 13–22.
11. Tsyfra T.Yu. BIM as a tool for reforming the pricing system (on the example of road construction enterprises in Kazakhstan). Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. 2021. No. 47 (2). P. 168-180.
12. Тищенко Д. С. Цифрова трансформація як драйвер розвитку економіки. *Цифрова економіка та економічна безпека*, 2023, 4 (04): 38-45.
13. Гражевська Н. І.; Чигиринський А. М. Цифрова трансформація економіки в умовах посилення глобальних ризиків і загроз. *Економіка та держава*, 2021, 8: 53-57.
14. Баранов О. А. Соціальна та цифрова трансформації: джерело правових проблем. *Інформація і право*, 2021, 3 (38): 59-73.
15. Беленкова О.Ю. Цифрова трансформація будівництва: механізм взаємодії бізнесу, науки, держави. Будівельне виробництво. 2019. № 66. С. 30–36.
16. Власенко О. П.; Якобчук В. П.; Симоненко Л. І. Цифрова трансформація механізму державного регулювання національної економіки в умовах ринку. *Інвестиції: практика та досвід*, 2021, 3: 81-86.
17. Лебідь О. В. Цифрова трансформація галузей економіки в Україні у воєнний час. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2022. № 2 (60). С. 141-156.
18. Чіков І. А. Цифрова трансформація економіки: сутність, проблеми, особливості. *Підприємництво та інновації*, 2022, 25: 97-102.
19. Боліла Н.В. Функціонально-операційна трансформація систем управління будівельним підприємством на основі CALS-технологій. Управління розвитком складних систем, 2019. 40, 156-159.
20. Stetsenko S., Sorokina L., Goiko A., Tsyfra T., Bolila N. CALS model for forming the anti-crisis potential of construction enterprises. *Scientific Journal of Astana IT University*. 2020. №4. 49-57.

### References

1. Sriyolja Z, et al (2021) Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) in Construction Industry: A Critical Review. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 738 012021 <http://surl.li/kcqb>
2. Stetsenko, S.P. et al. The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*, 2021, 1, 21-31.
3. Tugay, O.A. et al. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph – Lviv-Toruń: Liha-Pres. 2019. 133 p.
4. Zeltser, R. et al. Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. *Nauka i innovatsii*, 2019, 15(5), 39-51
5. The impact of digital transformation on formal and informal organizational structures of large architecture and engineering firms *Engineering Construction and Architectural Management*, 27, 2019, pp. 872-892, 10.1108/ECAM-03-2019-0119
6. Zeltser R.Ia. Innovatsiini modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnolohichnykh protsesiv budivelnoho vyrobnytstva [Innovative models and methods of organization, management and economic evaluation of technological processes of construction production]: monohrafiia. Kyiv: «MP Lesia», 2018. 208 s.

7. Ekonometrychni instrumentarii upravlinnia finansovoiu bezpekoiu budivelnoho pidpriemstva [Econometric tools for managing the financial security of a construction enterprise]: monohrafiia / za nauk. red. prof. L.V. Sorokinoin, prof. A.F. Hoika. Kyiv: Kyivskiy natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury, 2017. 404 p.
8. Tugay, O.A. et al Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. *Nauka i innovatsii*. 2019. 15(4), 23-32
9. Bielienskova, O. et al. Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2022. Pp. 108-115
10. Belenkova, O. Yu. Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. *Urban planning and territorial planning*, 2022. 81, 13–22.
11. Tsyfra T.Yu. BIM as a tool for reforming the pricing system (on the example of road construction enterprises in Kazakhstan). *Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*. 2021. No. 47 (2). P. 168-180.
12. Tyshchenko D. S. Tsyfrova transformatsiia yak draiver rozvytku ekonomiky [Digital transformation as a driver of economic development]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, 2023, 4 (04), 38-45.
13. Hrazhevska N. I.; Chyhyrnynskyi A. M. Tsyfrova transformatsiia ekonomiky v umovakh posylennia hlobalnykh ryzykiv i zahroz [Digital transformation of the economy in conditions of increased global risks and threats]. *Ekonomika ta derzhava*, 2021, 8: 53-57.
14. Baranov O. A. Sotsialna ta tsyfrova transformatsii: dzherelo pravovykh problem [Social and digital transformations: the source of legal problems]. *Informatsiia i pravo*, 2021, 3 (38): 59-73.
15. Bielienskova O.Iu. Tsyfrova transformatsiia budivnytstva: mekhanizm vzaiemodii biznesu, nauky, derzhavy [Digital transformation of construction: the mechanism of interaction between business, science, and the state]. *Budivnele vyrobnytstvo*. 2019, 66, 30–36.
16. Vlasenko O. P.; Yakobchuk V. P.; Symonenko L. I. Tsyfrova transformatsiia mekhanizmu derzhavnogo rehuliuвання natsionalnoi ekonomiky v umovakh rynku [Digital transformation of the mechanism of state regulation of the national economy in market conditions.]. *Investysii: praktyka ta dosvid*, 2021, 3, 81-86.
17. Lebid O. V. Tsyfrova transformatsiia haluzei ekonomiky v Ukraini u voiennyi chas [Digital transformation of economic sectors in Ukraine during the war]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky*. 2022, 2 (60), 141-156.
18. Chikov I. A. Tsyfrova transformatsiia ekonomiky: sutnist, problemy, osoblyvosti [Digital transformation of the economy: essence, problems, features]. *Pidpriemnytstvo ta innovatsii*, 2022, 25, 97-102.
19. Bolila N.V. Funktsionalno-operatsiina transformatsiia system upravlinnia budivelnym pidpriemstvom na osnovi CALS-tekhnologii [Functional and operational transformation of construction enterprise management systems based on CALS technologies]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 2019, 40, 156-159.
20. Stetsenko S., Sorokina L., Goiko A., Tsyfra T., Bolila N. CALS model for forming the anti-crisis potential of construction enterprises. *Scientific Journal of Astana IT University*. 2020, 4, 49-57.

## MULTIPROJECT ENVIRONMENT AS THE BASIS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL CONSTRUCTION PROCESSES

**Abstract.** *The article explores the key role of a multi-project environment in stimulating the digital transformation of the construction industry. An analysis of how the management of several projects at the same time can become a catalyst for the integration of digital technologies and optimization of both organizational and technological processes at construction enterprises is carried out.*

*Construction participants are increasingly aware of the importance of digital transformation to increase productivity, efficiency during project execution. There are unique challenges and opportunities presented by a multi-project environment where many construction projects are running simultaneously, such an environment is not only conducive to digital innovation, but also essential to achieving cohesive and streamlined operations.*

*The paper identifies the key drivers of digital transformation in the construction sector, including the need for improved project coordination, improved data management and increased competitiveness, as a multi-project environment inherently requires advanced digital tools and methodologies to perform complex and large-scale operations.*

*Digital technologies will help optimize organizational processes such as project management, resource allocation and communication. They highlight the benefits of integrated project management systems that facilitate real-time data sharing and decision-making across multiple projects.*

*Innovations are transforming construction processes, including Building Information Modeling (BIM), the Internet of Things (IoT), and Artificial Intelligence (AI), which are applied in a multi-project environment to increase accuracy, reduce variance, and improve overall project outcomes.*

*Challenges associated with digital transformation are addressed, such as resistance to change, interoperability issues, and the need for continuous learning and development. Practical solutions*

*and strategies to overcome these barriers can be implemented with the support of leadership, strategic planning and stakeholder engagement.*

*Future trends in digital transformation in the construction industry are that multi-project environments will increasingly become the norm, requiring constant research and innovation to further improve digital tools and methodologies.*

*The multi-project environment is the fundamental basis for the digital transformation of organizational and technological processes in construction. By leveraging digital technologies and adopting a holistic approach to project management, construction companies can achieve greater efficiency, collaboration and project success, implementing digital practices and innovation is essential to maintaining competitiveness and driving sustainable growth.*

***Key words: construction, digital transformation of construction, construction stakeholders, multi-project environment, construction organization, digital environment, BIM models, digital development, organizational and technological processes of construction.***

**Yesipenko A.D.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, General Director  
The company of the Ukrainian Academy of Sciences  
“Scientific Research Institute of Innovative Construction”, Kyiv

**Dubin D.V.**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor at the Department of Economics of Construction,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Жалдак Р.Ю.**

аспірант кафедри менеджменту в будівництві,

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ORCID ID: 0000-0002-6139-1506

**АНАЛІТИКО-ПРИКЛАДНІ ІННОВАЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВИКОНАВЦІВ  
ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ**

***Анотація.** Аналітико-прикладні інновації для забезпечення функціонально-технологічної надійності виконавців девелоперських будівельних проектів є ключовим елементом у сучасній будівельній індустрії. Ця стаття розглядає роль інноваційних підходів у підвищенні якості та безпеки будівельних проектів. Здійснено опис методів та інструментів аналізу, що допомагають виявляти потенційні проблеми та ризики ще на етапі проектування. До цього переліку входять: використання сучасних технологій моделювання, візуалізації та аналізу даних, таких як імітаційні моделі, штучний інтелект та аналіз великих обсягів даних. Результатом їх застосування є покращення процесів управління проектами, зниження витрат та підвищення надійності та якості будівельних робіт. Стаття висвітлює практичні застосування інноваційних рішень у реальних будівельних проектах та їх вплив на розвиток галузі. Розглянуто актуальну проблематику оновлення моделей організації будівництва в контексті їх адаптованості до сучасних управлінських та цифрових технологій, де швидкі технологічні зміни та зростаючі вимоги споживачів ставлять перед будівельною індустрією завдання адаптуватися до нових умов та ефективно використовувати цифрові інструменти для покращення процесів будівництва. В статті окреслено ключові аспекти цієї проблеми, включаючи концепцію адаптованості, вплив цифрових технологій на будівельну галузь, інноваційні підходи до організації будівництва та шляхи покращення ефективності та конкурентоспроможності підприємств в даному контексті. Результати дослідження можуть бути корисними для фахівців будівельної галузі, управлінців та дослідників, що цікавляться трансформацією та сучасними тенденціями в будівельній сфері.*

**Ключові слова:** будівництво, цифрова трансформація будівництва, девелопмент, функціонально-технологічна надійність виконавців, будівельний проект.

**Постановка проблеми.** Оновлення моделей організації будівництва в контексті їх адаптованості до сучасних управлінських та цифрових технологій тісно пов'язано з функціонально-технологічною надійністю виконавців проектів. В сучасній будівельній індустрії ключовою задачею для будь-якої будівельної компанії є забезпечення якості та надійності будівельних об'єктів, які вони будують. Інноваційні підходи до організації будівництва, такі як впровадження цифрових технологій, революціонізують способи, якими виконавці проектів керують процесами будівництва та забезпечують якість робіт.

За допомогою цифрових інструментів, таких як Building Information Modeling (BIM), інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та аналітика даних, виконавці можуть ефек-

тивно планувати та керувати робочими процесами, вчасно виявляти та виправляти потенційні проблеми, а також забезпечувати стандарти якості та безпеки на будівельних майданчиках. При цьому оновлення моделей організації будівництва повинно враховувати потреби та можливості виконавців проектів у впровадженні нових технологій та методів. Гнучкість та адаптивність в організаційних моделях дозволять ефективно інтегрувати цифрові інструменти в робочі процеси, що в свою чергу сприятиме підвищенню функціонально-технологічної надійності будівельних проектів.

Цифрові технології змінюють і сфери девелопменту нерухомості та розвитку територій, оскільки формування національної інфраструктури геопросторових даних, створення

порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації, створення містобудівного кадастру та Єдиної державної електронної системи в сфері будівництва (ЄДЕССБ), широке використання геоінформаційних систем (ГІС), дозволяють здійснювати просторове планування та управління розвитком територій на засадах сталого розвитку. На етапі проектування об'єктів різної складності усе частіше використовується BIM-моделювання, як засіб контролю і накопичення інформації про об'єкт протягом усього життєвого циклу. Це свідчить про те, що цифровізація вже суттєво впливає на будівельний сектор, змінюючи взаємозв'язки між учасниками будівництва, організаційно-управлінські структури проектів зведення будівель і споруд та трансформуючи будівництва та девелопменту територій.

Безумовно, оновлення моделей організації будівництва та їх адаптогенність до сучасних управлінських та цифрових технологій є важливим кроком у забезпеченні функціонально-технологічної надійності виконавців проектів і підвищенні якості будівельних робіт, що вимагає проведення додаткових досліджень.

Формулювання мети статті. Основною метою дослідження є розробка та впровадження нових аналітико-прикладних інноваційних підходів для забезпечення високої функціонально-технологічної надійності виконавців девелоперських будівельних проектів. Це включає в себе аналіз сучасного стану та визначення проблем, що впливають на надійність виконавців, розробку нових методів та інструментів для оцінки та управління цими ризиками, а також впровадження практичних інновацій для підвищення ефективності та результативності будівельних проектів. Робота спрямована на покращення якості та надійності будівельних об'єктів, зменшення ризиків для інвесторів та забезпечення стабільного розвитку будівельної індустрії.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Вітчизняними вченими достатня увага приділяється дослідженню проблем інноваційно-технологічного розвитку галузей будівництва, де проблемі забезпечення функціонально-технологічної надійності виконавців девелоперських будівельних проектів, діагностиці та оцінці практики девелопменту в різних регіонах та сегментах ринку приділено окрему увагу. Зокрема, потрібно відзначити таких дослідників з зазначеної тематики:

О. Амоша, О. Гавриш, В. Геєць, О. Дацій, Ніколаєв В. П., Ніколаєва Т. В. [1], Клочко А. А. [2], Рижакова Г. М. [6], Чуприна Х. М., Шпакова Г. В. [3], Шпаков А. В. [4], Малихіна О. М. [5], Беленкова О. Ю., Стеценко С. П., Сорокіна Л. В. [7, 16-18], Тугай О. А. [19] та інші. Серед зарубіжних науковців питаннями визначення ключових проблем та викликів у забезпеченні надійності виконавців будівельних проектів, виявлення основних ризиків, пов'язаних з функціонально-технологічною надійністю, оцінкою впливу цих проблем на результативність девелоперських проектів займалися: П. Аллен, Х. Ван Німвеген, Давенпорт Т., В. Демінг, Е. Зіндер, К. Есселінг, Р. Кімбі, Р. Манганеллі, Н. Оболенські, М. Робсон, Ф. Уллах, Д. Харрінгтон, Д. Чампі, Гаміл Ясер, Квірзен Андрзей [9], Лее Чінг-Нунг, Ліу Чіен-Ліанг, Траппі Амі, Мо Джон, Десоуза Кевін [10], Клі С. [11], Сумер Л. [12] Алізадехсалехі С, Їтмен І, Целік Т, Ардіті Д. [13], Клінс Р, Турк З. [14] та ін. У наукових працях всебічно розглянуто теоретичні питання впровадження інновацій і технологій в процесах організації будівництва.

Багатогранність позицій науковців до дослідження функціонально-технологічної надійності виконавців девелоперських будівельних проектів можливо виокремити в різних аспектах, як то:

#### *Технологічні інновації:*

Дослідження авторів зосереджено на впровадженні нових будівельних технологій та методів, які підвищують функціонально-технологічну надійність проектів. Це може включати в себе використання інформаційних технологій, BIM, розумні матеріали та процеси.

#### *Управління ризиками:*

Автори досліджують питання оцінки та управління ризиками, які впливають на функціонально-технологічну надійність виконавців. Це може включати в себе аналіз ризиків та розробку стратегій їхнього управління.

#### *Фінансові аспекти:*

Дослідження аналізує фінансові аспекти забезпечення надійності виконавців, такі як вартість впровадження інновацій, оцінка вартості ризиків та ефективність інвестицій.

#### *Правові аспекти:*

Деякі автори зосереджуються на правових аспектах, пов'язаних з впровадженням інновацій та забезпеченням надійності виконавців, таких як регулювання, стандартизація та відповідальність.

*Соціально-економічні аспекти:*

Дослідження розглядає соціально-економічні наслідки впровадження інновацій у будівництві, такі як вплив на ринок праці, створення нових робочих місць та соціальну відповідальність.

Різноманітність підходів дозволяє отримати комплексне розуміння проблеми та розробити ефективні стратегії для забезпечення функціонально-технологічної надійності в будівництві. Разом з цим потребують додаткових досліджень теоретико-методологічні питання розробки нових методів аналізу та оцінки функціонально-технологічної надійності виконавців будівельних проектів, впровадження інноваційних технологій та підходів для підвищення надійності виконавців у будівельній сфері, оцінка ефективності впроваджених інновацій, визначення показників успішності та ефективності нових підходів.

**Виклад основного матеріалу.** Термін «функціонально-технологічна надійність в будівництві» виник у контексті розвитку будівельної індустрії та прагнення до підвищення якості та надійності будівельних об'єктів. Він почав активно використовуватися з моменту звернення уваги на необхідність забезпечення не лише зовнішньої архітектурної привабливості споруд, але й їхньої функціональності та технічної надійності. Точну дату появи цього терміну важко визначити, оскільки він був результатом поступового розвитку та еволюції будівельної сфери, а також інтересу до аспектів якості та безпеки в будівництві. Його активне використання почалося у другій половині 20-го століття, коли стало важливим забезпечення функціональності та безпеки споруд у всіх сферах будівництва – від житлового до комерційного і промислового.

Сьогодні цей термін використовується широкою міжнародною спільнотою фахівців у будівельній сфері для позначення комплексного підходу до забезпечення надійності та ефективності будівництва, що враховує як функціональні, так і технологічні аспекти оновлення моделей організації будівництва в контексті їх адаптованості до сучасних управлінських та цифрових технологій. У сучасному світі, де швидкість змін надзвичайно висока, а технологічний прогрес нестримно розвивається, будівельна індустрія вступає в епоху великих трансформацій. Однією з ключових переваг для будівельних компаній є здатність адаптуватися до нових умов

та технологій. Оновлення моделей організації будівництва стає необхідністю для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності в цьому швидкозмінному середовищі.

Адаптогенність – це здатність системи або організації пристосовуватися до змін в навколишньому середовищі з мінімальними втратами та швидким реагуванням на нові виклики. У контексті будівництва, адаптованість моделей організації означає їхню готовність до ефективної реакції на зміни у вимогах замовників, ринкових умов, технологій та управлінських підходів.

В сучасній будівельній індустрії цифрові технології відіграють ключову роль у трансформації та оновленні моделей організації будівництва. Впровадження Building Information Modeling (BIM), інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), аналітики даних та інших цифрових інструментів дозволяє створити більш гнучкі, ефективні та реактивні організаційні моделі. Нові підходи до організації будівництва базуються на інтеграції цифрових технологій у всі аспекти будівельного процесу. Вони передбачають автоматизацію проектування та планування, моніторинг виробництва, управління ресурсами та ризиками, а також забезпечують підвищену взаємодію між учасниками проекту за допомогою цифрових платформ і систем обміну даними.

Однією з ключових складових аналітико-прикладних інновацій є використання сучасних інструментів аналізу даних. Завдяки ним можна вчасно виявляти потенційні проблеми та ризики ще на етапі проектування. Великі обсяги даних обробляються за допомогою штучного інтелекту та алгоритмів машинного навчання для прогнозування ймовірних негативних наслідків.

Ще однією важливою інновацією є використання імітаційних моделей. Вони дозволяють симулювати різні сценарії будівельного процесу, що допомагає у виявленні оптимальних рішень та уникненні небажаних подій.

Крім того, сучасні технології візуалізації дозволяють створювати реалістичні моделі будівельних об'єктів, що сприяє кращому розумінню проекту всіма учасниками будівельного процесу. Їх використання дозволяє підвищити якість будівництва, знизити ризики та витрати, а також сприяє розвитку індустрії в цілому. Загальна надійність виконавців в будівництві є важливим фактором для досягнення успіш-

ного завершення будівельних проєктів, забезпечуючи високу якість робіт, безпеку та відповідність стандартам якості.

**Оцінка функціонально-технологічної надійності виконавців в будівництві** базується на ряді ключових індикаторів, що відображають рівень якості та ефективності їхньої діяльності. Деякі з найбільш важливих ключових індикаторів включають:

**Дотримання графіку та термінів виконання робіт:** Цей індикатор визначає, наскільки точно виконавець виконує роботи у встановлені терміни. Затримки можуть вказувати на проблеми в управлінні проєктом або недоліки в робочій організації.

**Якість виконаних робіт:** Це включає в себе перевірку відповідності виконаних робіт технічним вимогам, відповідність проєктним рішенням та стандартам якості.

**Використання сучасних технологій та матеріалів:** Оцінка ступеня використання інноваційних технологій та матеріалів вказує на технологічну готовність виконавця та його здатність до застосування найефективніших рішень.

**Безпека та відповідність нормам з охорони праці:** Цей індикатор вказує на здатність виконавця забезпечити безпечні умови праці та відповідність всім нормативам щодо охорони праці.

**Співпраця та комунікація:** Оцінка рівня співпраці та комунікації вказує на здатність виконавця до ефективної взаємодії з іншими учасниками проєкту, що може впливати на загальний успіх будівельного процесу.

Ці індикатори допомагають забезпечити оцінку функціонально-технологічної надійності виконавців в будівництві та виявити потенційні проблеми чи можливості для покращення.

Оцінка функціонально-технологічної надійності виконавців будівельних проєктів тісно пов'язана з процесами цифровізації через використання сучасних цифрових технологій та аналізу даних. Використання цифрових інструментів для моніторингу та управління процесами будівництва, такі як системи автоматизації будівельних процесів (BIM), дозволяють в реальному часі відслідковувати хід виконання робіт, контролювати якість та ресурси, що використовуються. Аналіз великих обсягів даних (Big Data) про попередні проєкти дозволяє виявити патерни та тенденції, що сприяє удосконаленню про-

цесів будівництва та виправленню помилок. Штучний інтелект (AI) для передбачення потенційних проблем та ризиків у будівельних проєктах допомагає забезпечити їхню функціональну надійність та уникнути непередбачених ситуацій. Інтернет речей (IoT), як наприклад, встановлення датчиків та інших пристроїв IoT на будівельних об'єктах дозволяє в реальному часі моніторити стан систем та обладнання, що сприяє забезпеченню їхньої надійності та ефективності. Цифрові технології надають можливість виконавцям будівельних проєктів більш точно контролювати процеси, уникати помилок, прогнозувати ризики та підвищувати загальний рівень надійності виконання робіт. Таким чином, цифровізація сприяє покращенню оцінки та забезпеченню функціонально-технологічної надійності виконавців будівельних проєктів. Сучасна технологія моделювання організаційної підготовки та девелоперського супроводу проєктів будівництва – це інноваційний підхід, який використовується для оптимізації та удосконалення процесів управління будівельними проєктами з метою досягнення максимальної ефективності та успішного втілення проєктів. Основними складовими цієї технології є:

**Використання цифрових інструментів,** де технологія моделювання організаційної підготовки та девелоперського супроводу передбачає використання цифрових платформ, таких як Building Information Modeling (BIM), для створення цифрових моделей будівельних проєктів. Це дозволяє здійснювати комплексний аналіз і оптимізацію проєктів на кожному етапі від концепції до введення в експлуатацію.

**Управління ресурсами та ризиками,** що дозволяє автоматизувати процеси управління ресурсами (людськими, матеріальними, фінансовими) та ризиками, що дозволяє ефективно планувати, контролювати та мінімізувати можливі негативні впливи на проєкт.

**Забезпечення взаємодії та співпраці** стимулює взаємодію та співпрацю між усіма учасниками будівельного процесу, включаючи замовників, девелоперів, дизайнерів, підрядників та консультантів. Це сприяє зменшенню конфліктів, підвищенню якості проєкту та збільшенню швидкості виконання робіт.

**Аналіз та прогнозування** завдяки використанню аналітики даних та штучного інтелекту дозволяє проводити глибокий аналіз проєктів,

робити прогнози щодо їхнього виконання та реагувати на потенційні проблеми заздалегідь.

Усі ці елементи дозволяють підвищити ефективність управління будівельними проектами, знизити витрати та ризики, а також забезпечити високу якість та успішне завершення будівництва.

*Застосування інструментів нечіткої логіки та аналізу соціальних мереж (SNA – Social Network Analysis) для оцінки якості зв'язків між будівництвом та учасниками проекту є важливим напрямком досліджень в сучасній будівельній індустрії. Ці інструменти дозволяють аналізувати складні та нечіткі взаємодії між учасниками проекту та визначати якість комунікації, співпраці та взаєморозуміння.*

Застосування нечіткої логіки дозволяє моделювати та аналізувати нечіткі, неоднозначні аспекти взаємодії між учасниками будівельного проекту. Наприклад, нечіткість у визначенні рівня довіри, ефективності спілкування, або важливості певних аспектів співпраці може бути врахована та відображена за допомогою нечітких моделей. Це дозволяє краще розуміти та оцінювати якість взаємодії між сторонами проекту.

З іншого боку, аналіз соціальних мереж дозволяє виявляти та аналізувати структуру комунікаційних мереж між учасниками проекту. Це включає в себе визначення ключових учасників, груп та підгруп, а також оцінку потужності та ефективності зв'язків між ними. Дані, отримані в результаті аналізу соціальних мереж, можуть бути використані для вдосконалення комунікації, вирішення конфліктів та підвищення ефективності взаємодії між учасниками будівельного проекту.

Таким чином, застосування інструментів нечіткої логіки та SNA для оцінки якості зв'язків між будівництвом та учасниками проекту дозволяє отримати більш глибоке та повне розуміння взаємодії між сторонами, що може веде до покращення комунікації, зниження ризиків та досягнення більш успішних результатів у будівництві.

Оцінка надійності підрядників будівельних проектів передбачає урахування різних параметрів і факторів, які дозволять у першому наближенні переконатися, що обраний підрядник здатний успішно виконати проект. За методом експертних оцінок на основі відкритого анкетування працівників проектних, підрядних підприємств, девелоперських компаній (усього 20 фахівців) виокремлено ряд

факторів, які зазвичай враховуються при оцінюванні надійності виконавців будівельних проектів та можуть бути описані як числовими параметрами, так і лінгвістичними змінними, а саме:

1. *Досвід роботи у аналогічних проектах.* Така вимога є обов'язковою при участі підрядних підприємств у тендерах, де компанії мають не тільки вказати свій досвід, але і надавати підтвердження участі (акти виконаних робіт, договори минулих років тощо). При цьому враховується складність і розмір проекту, а також ступінь участі підрядника – обсяг виконаних робіт. Замовники ретельно вивчають дотримання графіків виконання робіт і перевищення бюджету (наявність додаткових угод та їх обсяг) у минулих проектах.

Метою дослідження є побудова нечіткої моделі для оцінки надійності виконавців проекту. Для створення моделі необхідно визначити її головні системоутворюючі елементи – правила, кількість та тип функцій для кожної із перелічених вище змінних моделі, параметри вихідних функцій, логічні оператори (та/або) тощо (рис. 1).

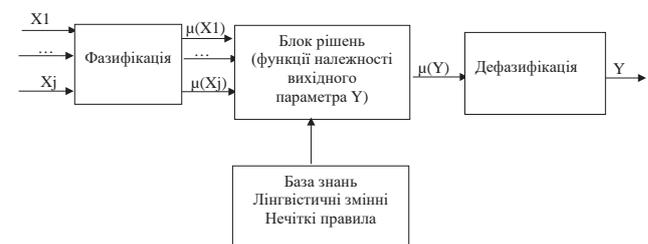


Рис. 1. Методичний підхід до визначення надійності виконавців будівельних робіт – традиційна модель.

Для побудови функцій належності обрано методичний підхід, використаний у роботі [7] для оцінювання якості проектних рішень, аналогічні підходи використано у працях [8-12]. Зазначений методичний підхід ґрунтується на розрахунку частоти кожного чинника, визначеної на основі статистичної обробки відповідей експертів за кожною із терм-множин і може бути використано для визначення надійності підприємств-виконавців будівельних робіт. Отримані частоти можуть слугувати основою для побудови функцій належності та створення системи нечітких правил.

На першому етапі дослідження, кожен експерт заповнює анкету, у якій вказує власну думку щодо характеристик кожного з елементів терм-множин для чинників 1-6. Експерти

надавали відповіді за дуальною системою оцінювання, де «1» – наявність параметру відповідної множини на думку даного експерта, а «0» – відсутність (табл. 1). Тобто відповіді кожного експерта є альтернативними. Описуваний параметр має належати тільки до однієї групи. Наприклад, для чинника «Досвід роботи у аналогічних проектах», кожен експерт має оцінити, чи досвід роботи відповідно відсутній, один-два роки, три-чотири роки тощо є «достатнім» бо «недостатнім» для гарантування надійності виконавця будівельних робіт. При цьому один і той самі інтервали в якому разі не може бути і достатнім і недостатнім одночасно. Одне твердження виключає інше.

Після отримання відповідей, усі оцінки експертів оброблялись і узагальнювались. Ступені належності нечіткій множині розраховано за формулою

$$\mu_i(l_i) = \frac{1}{N} \sum_{n=1, N} r_{ji}^n, i = \overline{1, m}, . \quad (1)$$

$N$  – кількість експертів,  
 $r_{ji}^n$  – думка кожного із  $N$  експертів ( $n = \overline{1, N}$ ) о можливості віднесення окремого елемента  $l_i$  о відповідної терм-множини на основі аналізу їх параметрів.

Роль досвіду роботи в подібних проектах у формуванні надійності учасників інвести-

ційної та будівельної діяльності є важливим чинником забезпечення надійності. Минулий досвід проекту впливає на компетентність, прийняття рішень та продуктивність окремих працівників і організації в цілому. Аналізуючи механізми, через які досвід роботи впливає на надійність проекту, включаючи передачу знань, управління ризиками та вирішення проблем, можна отримати цінну інформацію про важливість використання минулого досвіду для покращення результатів проекту.

Досвід є основним фактором успіху в будівельній галузі, де складні проекти вимагають глибокого розуміння технічних, логістичних та управлінських проблем. Досвід роботи в подібних проектах може значно вплинути на надійність учасників, оскільки формує їхню здатність передбачати проблеми, приймати зважені рішення та ефективно виконувати завдання.

Як показав аналіз результатів опитування, досвід роботи у семи і більшої кількості аналогічних проектів або виконання схожих видів робіт абсолютно усі експерти вважають достатнім для забезпечення надійності виконавця, а стовідсотково недостатнім досвідом є повна відсутність досвіду виконання аналогічних робіт або участі у схожих проектах (таблиця 2). Досвід роботи у п'яти-шести проектах із ймовірністю 75% можна вважати достатнім для забезпечення надійності

**Таблиця 1. Результати опитувань експертів щодо критерію «Досвід роботи у аналогічних проектах» (фрагмент)**

	Терм	Немає	1-2	3-4	5-6	7-8	Більше 8
Експерт 1	Достатній	0	0	1	1	1	1
	Недостатній	1	1	0	0	0	0
Експерт 2	Достатній	0	0	1	1	1	1
	Недостатній	1	1	0	0	0	0
Експерт 3	Достатній	0	0	0	0	1	1
	Недостатній	1	1	1	1	0	0
Експерт 4	Достатній	0	0	0	1	1	1
	Недостатній	1	1	1	0	0	0
...	...	...	...	...	...	...	...
Експерт 19	Достатній	0	1	1	1	1	1
	Недостатній	1	0	0	0	0	0
Експерт 20	Достатній	0	0	1	1	1	1
	Недостатній	1	1	0	0	0	0

**Таблиця 2. Узагальнення думок експертів щодо критерію «Досвід роботи у аналогічних проектах» (фрагмент)**

Терм	Немає	1-2	3-4	5-6	7-8	Більше 8
Достатній	0	7	10	15	20	20
Недостатній	20	13	10	5	0	0

*Розраховано автором*

майбутніх підрядних організацій-виконавців будівельних робіт, і навіть досвід участі тільки в одному чи двох проєктах 35% експертів вважають достатній для забезпечення надійності виконавця у майбутньому (табл. 3).

Якщо потенційний виконавець будівельних робіт – учасник інвестиційно-будівельного проєкту приймав участь тільки у трьох-чотирьох проєктах, у рівній мірі це може свідчити як про його надійність, так і про нестачу надійності. Тобто у такому випадку має місце найбільша невизначеність (рис. 1, табл. 1, табл. 2).

Функція належності до терму «недостатній» має вигляд:

$$\mu(x_1) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_1 - 0,0888}{3,394} \right)^2} \quad (1)$$

Функція належності до терму «достатній» має вигляд:

$$\mu(x_1) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_1 - 0,101832}{3,622} \right)^2} \quad (2)$$

Аналогічним чином визначаються функції належності для інших факторів, що впливають на надійність підприємства-виконавця будівельних робіт.

Попередній досвід у подібних проєктах служить важливою основою для учасників, формуючи їхні можливості та підходи в подальших починаннях, тоді як якість є основним фактором, що визначає успіх проєкту, вплива-

ючи на такі фактори, як продуктивність, задоволеність клієнтів і репутація. Аналізуючи механізми, за допомогою яких якість роботи підприємства впливає на його надійність як учасника інвестиційно-будівельного проєкту, включаючи формування репутації, розвиток навичок і задоволеність клієнтів, дозволить підвищити надійність та стійкість учасників інвестиційно-будівельних проєктів та сприятиме довгостроковому успіху організації.

Для подальшого уточнення та збільшення адаптивності моделі необхідно доповнювати і оновлювати вхідні дані щодо усіх претендентів на виконання робіт кожного інвестиційного проєкту. На основі оновлених даних, рекомендовано уточнювати отримані моделі та правила, що дозволить створити самоадаптивну систему оцінювання надійності виконавців будівельних робіт.

Формування методичного підґрунтя для інвестиційного контролінгу включає розробку стандартів, методів та процедур, що дозволяють ефективно виконувати контроль за інвестиційними проєктами. Інвестиційний контролінг на платформі BIM-технологій передбачає використання цифрових інструментів для збору, аналізу та візуалізації даних проєкту, що дозволяє забезпечити більш точний та швидкий контроль за фінансовими показниками. BIM (Building Information Modeling) як цифровий процес, дозволяє створювати та

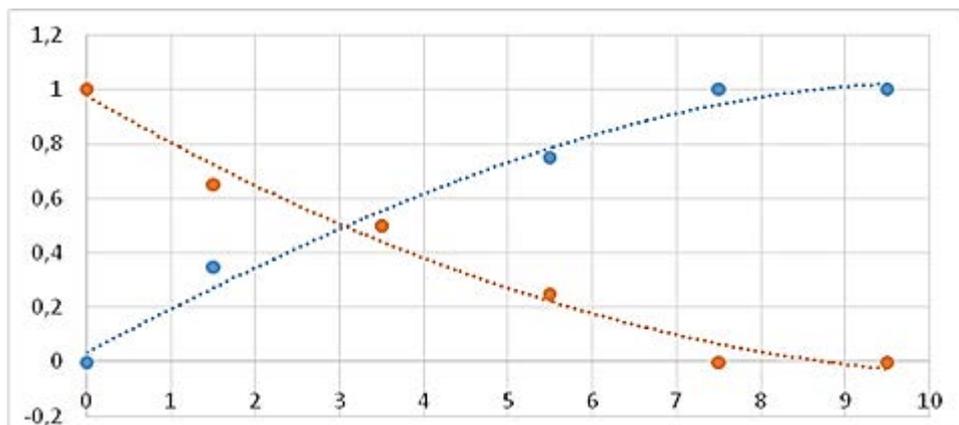


Рис. 2. Функції належності для терм-множини «Досвід роботи у аналогічних проєктах» (розроблено автором)

Таблиця 3. Визначення функцій належності для критерію «Досвід роботи у аналогічних проєктах» (фрагмент)

Терм	Немає	1-2	3-4	5-6	7-8	Більше 8
Достатній	0	0.35	0.5	0.75	1	1
Недостатній	1	0.65	0.5	0.25	0	0

Розраховано автором

керувати інформацією про будівельний об'єкт протягом всього життєвого циклу проекту. BIM дозволяє створювати віртуальну модель будівлі або іншого об'єкта, яка включає в себе інформацію про геометрію, матеріали, конструкції, технічне обладнання тощо. Використання BIM-технологій у містобудуванні сприяє покращенню процесів проектування, будівництва та управління будівлями, зменшенню витрат та ризиків, підвищенню якості та ефективності проектів. Об'єднання цих двох аспектів дозволяє створити методичне підґрунтя для ефективного інвестиційного контролінгу на основі BIM-технологій. Це включає в себе розробку стандартів та методів вимірювання та аналізу економічної ефективності впровадження BIM, розробку інструментів для моніторингу витрат та контролю за реалізацією інвестиційних проектів на основі цифрових моделей, а також впровадження систем автоматизованої звітності та аналізу на основі даних BIM.

Методичне регулювання реінжинірингу бізнес-процесів у сучасному девелопменті та організації будівництва є важливим інструментом для оптимізації та покращення ефективності в цих сферах. Реінжиніринг бізнес-процесів полягає в радикальному перегляді та перетворенні існуючих процесів з метою досягнення значних покращень у їхній ефективності, продуктивності та якості результатів. Для успішного впровадження реінжинірингу бізнес-процесів у сферах девелопменту та будівництва необхідно врахувати наступні етапи:

1. Аналіз ідентифікації процесів, де першим кроком є аналіз та ідентифікація ключових бізнес-процесів у сфері девелопменту та будівництва. Це включає в себе визначення всіх етапів процесів, ролей та відповідальностей учасників, а також визначення існуючих проблем та можливостей для покращення.

2. Визначення стратегічних цілей та завдань, які необхідно досягти за допомогою реінжинірингу бізнес-процесів. Це може включати збільшення ефективності, зниження витрат, покращення якості та швидкості виконання проектів тощо.

3. На основі аналізу і визначення стратегічних цілей необхідно розробити нові бізнес-процеси, які будуть спрямовані на досягнення цих цілей. Це може включати впровадження нових технологій, методів управління та організаційних структур.

4. Останнім етапом є впровадження нових бізнес-процесів та їхній постійний моніторинг і оновлення відповідно до потреб та змін у сфері девелопменту та будівництва.

Виявлено, що цифровізація призвела до необхідності адаптації учасників інвестиційно-будівельного процесу до нових вимог, оцінювання власного рівня цифрового розвитку, розробки стратегій цифровізації, які мають бути адаптованими до вимог участі у різних інвестиційно-будівельних проектах. Удосконалення механізму цифрової трансформації учасників будівництва в рамках інвестиційно-будівельних проектів включає створення системи індикаторів, призначених для оцінки та моніторингу ходу цифровізації та адаптації до вимог проектів, розробка заходів із розвитку цифровізації, визначення індикаторів та методики оцінювання розвитку будівництва на базі цифрових технологій.

**Висновки.** В сучасній будівельній індустрії ключовим аспектом стає забезпечення надійності та якості будівництва. Для досягнення цієї мети девелопери та будівельні компанії використовують аналітико-прикладні інновації. Ці інновації поєднують в собі аналітичні методи та сучасні технології для забезпечення оптимальної функціональності та технологічної надійності проектів. Оновлення моделей організації будівництва в контексті адаптованості до сучасних управлінських та цифрових технологій є критично важливим завданням для будівельної індустрії. Це вимагає не лише впровадження нових технологій, але і зміни в культурі та управлінських підходах, що сприятимуть створенню більш гнучких, ефективних та конкурентоздатних будівельних підприємств.

Функціонально-технологічна надійність виконавців в будівництві означає здатність будівельних підрядників та інших учасників будівельного процесу ефективно виконувати свої функції та завдання з урахуванням сучасних технологій, стандартів якості та вимог замовників. Це включає в себе не лише здатність виконати роботи відповідно до проекту та вимог, але й забезпечення високого рівня технічної готовності та відповідності робіт встановленим термінам. Запропоновано методологічні положення щодо формування механізму впровадження технологічного реінжинірингу, де у якості об'єктів визначені виробничо-технологічна база підрозділів, система управління, виробничі відносини та

інфраструктура матеріально-технічного забезпечення будівництва. Зазначений механізм спрямовано на оптимізацію вертикальних та горизонтальних функціональних взаємозв'язків, побудову організаційної взаємодії суб'єктів внутрішнього і зовнішнього середовища, внутрішньо-виробничих трансфертних відносин. Функціональна надійність орієнтована на

забезпечення правильності виконання функцій будівельних об'єктів та їх відповідність цілям і потребам замовника. Технологічна надійність визначається наявністю та якістю використання сучасних технологій, матеріалів і методів будівництва, що забезпечують ефективність, економічність та стійкість конструкцій та систем будівельних об'єктів.

### Література

1. Ніколаєв В.П., Ніколаєва Т.В. Інформаційне моделювання будівель: імперативи оптимізації будівельно-експлуатаційного процесу. Будівельне виробництво. 2015. № 59. С. 17–26.
2. Ключко А. А. Цифрові технології в галузі архітектури і будівництва. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 48. С. 61 – 68, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.61-68.
3. Рижаківа Г. М., Кішак Н. Г., Міронов О. О., Чуприна Х. М., Шпакова Г. В., Веремєєв С. О. Визначальні компоненти методологічної платформи трансформації системи управління будівельними підприємствами в умовах цифровізації. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 48. С. 95 – 101, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.95-101.
4. Шпаков А. В. Методологічні підходи формування інноваційних технологій управління підприємствами в динамічному бізнес-середовищі будівельного девелопменту. Управління розвитком складних систем. Київ. 2022. № 49. С. 124 – 131, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.49.124-131.
5. Revunov, Oleksandr, Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Predun, Kostiantyn, Prykhdokko, Dmytro & Orlenko, Igor. (2021). Analytical tools for diagnostics of quality management systems of enterprises-stakeholders of construction projects. *Management of Development of Complex Systems*, 45, 161–169, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.45.161-169.
6. Ryzhakova, G. M. (2019). General-methodical regulation and analytical and information support of administration processes in the modern system of building development. *Modern problems of architecture and urban planning*, 55, 154–168.
7. Bielienskova O., Stetsenko S., Sorokina L., Molodid O., Bolila N. (2020). System of preventive action of construction enterprises on the basis of identification of anticrisis potential. *Scientific Journal of Astana IT University*. No3. 15-27.
8. Ryzhakova, G. M., Ryzhakov, D. A. (2019). Performance evaluation of the developer's operating system in the microenvironment of housing construction stakeholders. *Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, 42, 120–131.
9. Gamil Yaser, Cwirzen Andrzej. "Digital Transformation of Concrete Technology-A Review." *Frontiers in Built Environment*, 2022, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.835236>
10. Lee Ching-Hung, Liu Chien-Liang, Trappey Amy, Mo John, Desouza Kevin. Understanding digital transformation in advanced manufacturing and engineering: A bibliometric analysis, topic modeling and research trend discovery. *Advanced Engineering Informatics*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101428>.
11. Klee C. Digitization of the property development industry: overview of current literature and research gaps. *Espergesia*, 2021. 8(1), 62–68. <https://doi.org/10.18050/rev.espergesia.v8i1.848>.
12. Sumer L. The Digital Future of the Construction Project Management. In: Calisir, F. (eds) *Industrial Engineering in the Age of Business Intelligence*. GJCIE 2021. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering, 2023. (Published 25 August 2022) Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08782-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08782-0_20).
13. Alizadehsalehi S, Yitmen I, Celik T, Arditi D. The effectiveness of an integrated BIM/UAV model in managing safety on construction sites. *Int J Occup Saf Ergon (JOSE)*, 2018. <https://doi.org/10.1080/10803548.2018.1504487>
14. Kline R, Turk Z. Construction 4.0—digital transformation of one of the oldest industries. *Econ Bus Rev*, 2019. No 21(3). Pp. 393–410.
15. ДБН А.1.1-1:2009. Система нормування та стандартизації у будівництві. Основні положення. [Затверджено та надано чинності: накази Мінрегіонбуду України від 29.12.2003 р. № 969 та від 7.07.2010 р. № 269, чинні з 2011-01-01]. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/12/DBN-A.1.1-1-2009.pdf>.
16. Стеценко С. П., Сорокіна Л. В., Ізмайлова К. В. Фінансовий аналіз та економічна діагностика. Київ: КНУБА. 2019. 320 с.
17. Сорокіна Л., Гойко А. Модель формування інвестиційної програми будівельного підприємства. *Управління розвитком складних систем*, 2023. (53), 100–110.
18. Goiko, A. F, Sorokina, L. V., Skakun, V. A. (2018). Management of business processes as an important factor in improving the quality of construction products. *Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, 18, 150–158.
19. Tugai, O. A. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres.2019. 130 p

### References

1. Nikolaiev V.P., Nikolaieva T.V. Informatsiine modeliuвання budivel: imperatyvy optymizatsii budivelno-eksploatatsiinoho protsessu [Information modeling of buildings: imperatives for optimizing the construction and operational process]. *Budivne vyrobnytstvo*. 2015, 59, 17–26.
2. Klochko A. A. Tsyfrovi tekhnolohii v haluzi arkhitektury i budivnytstva [Digital and Info-Communication Technologies in Branch of Architecture and Construction]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 2021, 48, 61 – 68, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.61-68.
3. Ryzhakova, Galyna, Kishchak, Nataliia, Mironov, Aleksandr, Chupryna, Khrystyna, Shpakova, Hanna & Veremeiev, Serhii. Vyznachalni komponenty metodolohichnoi platformy transformatsii systemy upravlinnia budivelnymy pidpriemstvamy v umovakh tsyfrovizatsii. [Defining components of the methodological platform for the transformation of the management system

- of construction companies in the context of digitalization]. *Management of Development of Complex Systems*. 2021. 48, 95–101. dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.48.95-101.
4. Shpakov A. V. Metodolohichni pidkhody formuvannya innovatsiinykh tekhnolohii upravlinnia pidpriemstvamy v dynamichnomu biznes-seredovyshchi budivelnogo development [Methodological approaches to the formation of innovative enterprise management technologies in the dynamic business environment of construction development]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. Kyiv. 2022. № 49. S. 124 – 131, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.49.124-131.
  5. Revunov, Oleksandr, Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Predun, Kostiantyn, Prykhodko, Dmytro, Orlenko, Igor. Analytical tools for diagnostics of quality management systems of enterprises-stakeholders of construction projects. *Management of Development of Complex Systems*. 2021. 45, 161–169, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2021.45.161-169.
  6. Ryzhakova, G. M. General-methodical regulation and analytical and information support of administration processes in the modern system of building development. *Modern problems of architecture and urban planning*, 2019, 55, 154–168.
  7. Bieliukova O., Stetsenko S., Sorokina L., Molodid O., Bolila N. (2020). System of preventive action of construction enterprises on the basis of identification of anticrisis potential. *Scientific Journal of Astana IT University*. 2020. No3. 15-27.
  8. Ryzhakova, G. M., Ryzhakov, D. A. (2019). Performance evaluation of the developers operating system in the microenvironment of housing construction stakeholders. *Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, 42, 120–131.
  9. Gamil Yaser, Cwirzen Andrzej. “Digital Transformation of Concrete Technology-A Review.” *Frontiers in Built Environment*, 2022, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.835236>
  10. Lee Ching-Hung, Liu Chien-Liang, Trappey Amy, Mo John, Desouza Kevin. Understanding digital transformation in advanced manufacturing and engineering: A bibliometric analysis, topic modeling and research trend discovery. *Advanced Engineering Informatics*, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101428>.
  11. Klee C. Digitization of the property development industry: overview of current literature and research gaps. *Espergesia*, 2021. 8(1), 62–68. <https://doi.org/10.18050/rev.espergesia.v8i1.848>.
  12. Sumer L. The Digital Future of the Construction Project Management. In: Calisir, F. (eds) *Industrial Engineering in the Age of Business Intelligence*. GJCIE 2021. Lecture Notes in Management and Industrial Engineering, 2023. (Published 25 August 2022) Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08782-0\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08782-0_20).
  13. Alizadehsalehi S, Yitmen I, Celik T, Arditi D. The effectiveness of an integrated BIM/UAV model in managing safety on construction sites. *Int J Occup Saf Ergon (JOSE)*, 2018. <https://doi.org/10.1080/10803548.2018.1504487>
  14. Klinc R, Turk Z. Construction 4.0—digital transformation of one of the oldest industries. *Econ Bus Rev*, 2019, 21(3), 393–410.
  15. DBN A.1.1-1:2009. Systema normuvannya ta standartyzatsii u budivnytstvi. Osnovni polozhennia [System of rationing and standardization in construction. Substantive provisions]. [Zatverdzheno ta nadano chynnosti: nakazy Minrehionbudu Ukrainy vid 29.12.2003 r. № 969 ta vid 7.07.2010 r. № 269, chynni z 2011-01-01]. URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/12/DBN-A.1.1-1-2009.pdf>.
  16. Stetsenko S. P., Sorokina L. V., Izmailova K. V. Finansovyi analiz ta ekonomichna diahnostyka [Financial analysis and economic diagnostics]. Kyiv: KNUBA. 2019. 320 p.
  17. Sorokina L., Hoiko A. Model formuvannya investytsiinoi prohramy budivelnogo pidpriemstva [The model of formation of the investment program of the construction enterprise]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 2023. (53), 100–110.
  18. Goiko, A. F, Sorokina, L. V., Skakun, V. A. (2018). Management of business processes as an important factor in improving the quality of construction products. *Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations*, 18, 150–158.
  19. Tugai, O. A. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres.2019. 130 p

## ANALYTICAL – APPLIED INNOVATIONS TO ENSURE THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF DEVELOPERS OF CONSTRUCTION PROJECTS

**Abstract.** Analytical and applied innovations to ensure the functional and technological reliability of development construction projects are a key element in the modern construction industry. This article considers the role of innovative approaches in improving the quality and safety of construction projects. It describes methods and analysis tools that help identify potential problems and risks at the design stage. This list includes the use of modern modeling, visualization and data analysis technologies, such as simulation models, artificial intelligence and big data analysis. The result of their application is improved project management processes, reduced costs, and increased reliability and quality of construction works. The article highlights practical applications of innovative solutions in real construction projects and their impact on the development of the industry. The author considers the current issues of updating construction organization models in the context of their adaptability to modern management and digital technologies, where rapid technological changes and growing consumer demands challenge the construction industry to adapt to new conditions and effectively use digital tools to improve construction processes. The article outlines the key aspects of this problem, including the concept of adaptability, the impact of digital technologies on the construction industry, innovative approaches to the organization of construction, and ways to improve the efficiency and competitiveness of enterprises in this context. The results of the study may be useful for construction professionals, managers and researchers interested in transformation and current trends in the construction industry.

**Key words:** construction, digital transformation of construction, development, functional and technological reliability of contractors, construction project.

**Zhaldak R. Yu.**

Postgraduate Student at the Department of Management in Construction, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Приходько О.О.**

аспірант кафедри менеджменту в будівництві,

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ORCID ID: 0000-0002-3092-6782

**АДАПТАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ  
ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ ПРОЕКТІВ НА ГРУНТІ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ**

***Анотація.** Технологічний підхід до вирішення проблем, відомий як цифровізація, є основою цифрової трансформації в будівництві. Вона передбачає впровадження цифрових процесів у всі аспекти будівельного процесу, починаючи від проектування і закінчуючи експлуатаційною підтримкою після завершення будівництва. Запропоновано ряд кроків для розробки стратегій цифровізації для учасників інвестиційно-будівельного процесу та зацікавлених сторін у будівництві, а також методичку оцінки рівня цифровізації на різних рівнях у рамках будівельних проектів. Було виявлено, що цифровізація вимагає адаптації учасників будівельного процесу до нових вимог, оцінки власного рівня цифрового розвитку та розробки стратегій цифровізації, які мають бути гнучкими для відповіді на різноманітні проекти. Удосконалення механізму цифрової трансформації включає створення системи індикаторів для оцінки та моніторингу процесу цифровізації та адаптації до проектних вимог, а також розробку заходів для розвитку цифровізації та визначення показників розвитку будівництва на основі цифрових технологій. Основу формування стратегії цифровізації складають індикатори цифрового розвитку з різними параметрами оцінки. Підприємства повинні самооцінювати свій рівень цифрової трансформації, що є необхідною складовою формування конкурентної стратегії. Пропонується оцінювати заходи з виявлення стану цифровізації учасників будівництва та встановлення цільових показників за допомогою експертних оцінок. Майбутні дослідження спрямовані на створення комплексного інструментарію для визначення рівня цифрового розвитку учасників будівництва в процесі цифрової трансформації та застосування новітніх технологій сучасного девелопменту.*

***Ключові слова:** будівництво, будівельна компанія, будівельний проект, організаційно-технологічне та цифрове адміністрування проектами, надійність забудовника, цифрові технології, цифровізація.*

**Постановка проблеми.** Будівельна сфера - одна з ключових галузей економіки, де використовуються різноманітні технології та процеси. Але за останні роки цей сектор стикається з проблемами, такими як низька ефективність, високі витрати та нестача робочої сили. Для вирішення цих проблем та підвищення продуктивності все більше компаній у будівельній галузі переходять до використання цифрових технологій. Цифровізація будівельної сфери стає все більш актуальною темою в сучасному світі, оскільки ці технології можуть поліпшити ефективність та якість будівництва, а також знизити витрати. Цифровізація цього сектора означає використання цифрових інструментів для вдосконалення процесів проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд. Це може вклю-

чати в себе використання програмного забезпечення для моделювання будівель (BIM), датчиків Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту (AI), автоматизації та інших технологій. Цифровізація будівельної сфери може принести багато переваг, таких як підвищення продуктивності, контролю якості, зниження витрат, мінімізація помилок та підвищення безпеки. Крім того, цифровізація може зробити будівництво більш екологічно стійким, що є важливим аспектом у сучасному світі.

Впровадження цифрових технологій у будівельній галузі стикається з численними викликами та перешкодами, які ускладнюють успішне впровадження та використання нових інноваційних рішень. Ось деякі з цих викликів, з якими зіштовхуються компанії при впровадженні цифрових технологій:

*Потреба в інвестуванні:* впровадження цифрових технологій у будівельну галузь потребує значних інвестицій у придбання обладнання, програмного забезпечення та навчання персоналу.

*Недостатня кваліфікація та знання:* впровадження нових технологій потребує наявності кваліфікованих фахівців, яких може бракувати в компаніях, особливо в Україні, де галузь не так широко розвинена, як в інших країнах.

*Проблеми сумісності:* різні цифрові технології можуть використовувати різні формати даних, що ускладнює їх сумісність на різних етапах проекту.

*Відсутність стандартизації:* відсутність єдиної системи стандартизації для використання цифрових технологій у будівельній галузі може ускладнювати сумісність та обмін інформацією між різними учасниками проекту.

**Мета статті** полягає в дослідженні та описі процесу адаптації інтегрованого програмного продукту для впровадження девелоперських проектів у цифровому середовищі на основі комбінованого підходу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ра результатами аналізу джерел науково-технічної літератури та результатів досліджень, які наведено у ряді праць, а саме [1-5] можливо зазначити, що праці більшості авторів присвячені вивченню технологічних інновацій, які можуть бути використані для підтримки цифрової трансформації у будівництві, таких як Building Information Modeling (BIM), інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (AI).

Теоретичні та методологічні підходи до розробки стратегій учасників будівництва в умовах цифрової трансформації, а також конкретні завдання щодо забезпечення цифровізації будівництва, висвітлені у працях [6-9; 11; 12] та інших, серед них із застосуванням методів fuzzy logic [13-19]

Незважаючи на значну увагу вчених до розвитку будівництва, питання цифровізації потребують детальної розробки механізмів інтеграції цифрових технологій у реалізації окремих інвестиційно-будівельних проектів, розробки стратегій учасників інвестиційно-будівельного процесу за головними напрямками впровадження цифрових технологій. Необхідна також розробка етапів реалізації стратегій цифровізації учасників будівництва в контексті потреб та завдань окремого проекту та

рівня цифровізації кожного учасника: розгляд впливу цифрової трансформації на ефективність управління девелоперськими проектами, зокрема щодо зменшення часу виконання, оптимізації витрат і підвищення якості будівництва; висвітлення практичних випадків успішної адаптації інтегрованих програмних продуктів в цифровому середовищі на основі комбінованого підходу в будівництві.

**Виклад основного матеріалу.** У наш час цифрові технології вже давно є необхідною частиною успішної діяльності підприємств у будь-якій галузі, включаючи будівельну сферу. Цифрова трансформація будівельних компаній в Україні має величезний потенціал для підвищення продуктивності, ефективності та конкурентоспроможності. Цифрова трансформація будівельних компаній передбачає використання інструментів та процесів для оптимізації витрат, уникнення помилок та досягнення кращих результатів. Ключовим є навчання персоналу та впровадження нових систем, таких як Microsoft Project, Power BI та бізнес-централ, для ефективного управління проектами та ресурсами. Для досягнення своїх цілей компанії повинні мати збудовані прозорі, зрозумілі та впроваджені процеси, культуру та команду. Якщо всі ці фактори працюють в балансі та гармонійно розвинуті, то компанія успішно рухатиметься вперед.

Цифрова трансформація означає вирішення проблем через технології. В будівництві це означає інтеграцію цифрових процесів у всі аспекти вартості будівництва, від проектування до закупівель та обслуговування, а саме:

*Digitalization* – вдосконалення процесів за допомогою цифрових рішень, оцифрування, переведення аналогової інформації в «цифру». Коли всі рішення починають прийматись на основі даних, які є в компанії.

*Digital transformation* – підхід вирішення проблем через технології. Цифрова трансформація в будівництві передбачає інтеграцію оцифрованих процесів у всьому ланцюжку вартості будівництва, від дизайну та проектування до закупівель, будівництва та обслуговування. За результатами дослідження можна побачити, що діджиталізація компаній призводить до величезних переваг:

- процес діджиталізації має свою найголовнішу місію: уникнути помилок, допомагає оперативню реагувати на всі процеси;
- це дозволяє зменшити потребу в людських ресурсах та знизити витрати на персонал;

- автоматизація процесів дозволяє ефективно планувати та виконувати роботу;
- діджиталізація процесів у будівництві дозволяє точно розраховувати вартість матеріалів та прогнозувати результативність проекту.

Відзначені результати дослідження показують, що діджиталізація компаній призводить до підвищення якості оцінювання витрат на 96%. Автоматизація процесів дозволяє ефективно планувати та виконувати роботу, зменшуючи витрати на персонал та точно розраховуючи вартість матеріалів та прогножуючи результативність проекту.

Процес впровадження девелоперських проектів в цифровому просторі *на ґрунті комбінованого підходу* - це сукупність кроків та стратегій, спрямованих на використання цифрових технологій у всіх аспектах розробки, будівництва та управління нерухомістю. Цей процес поєднує в собі як традиційні методи та практики девелопменту, так і сучасні цифрові інструменти та підходи, такі як використання програмного забезпечення для моделювання будівельних процесів (BIM), використання даних з датчиків Інтернету речей (IoT), аналіз даних за допомогою штучного інтелекту (AI) та інші інноваційні методи. Комбінований підхід передбачає використання різних стратегій та методів в залежності від конкретної ситуації та потреб проекту.

Для моделювання рівня цифровізації будівельного проекту, організаційно-технологічні параметри та структура проекту, з урахуванням життєвого циклу об'єкту можуть бути представлені у вигляді системи, яка включає вхідні елементи (чинники, параметри), елементи і процедури нечіткого моделювання та вихідні елементи.

Для побудови системи необхідно визначити перелік вхідних параметрів  $X = \{x_i\}$  організаційно-технологічних, адміністративних та інших чинників, які впливають на рівень цифровізації учасників будівельного проекту, а також перелік вихідних (результуючих)

параметрів  $Y = \{y_j\}$ , які можуть у повній мірі характеризувати рівень цифровізації проекту, які обрано за результатом аналізу джерел науково-технічної літератури та результатів досліджень, які наведено у ряді праць, а саме [1-9].

Аналіз літературних джерел [10-12] дозволи виявити вхідні параметри для оцінювання рівня цифровізації (табл.1). Такими параметрами стали фактори, обрані на основі чотирьох компонентної системи оцінювання загального рівня ефективності ЄС для впровадження BIM, розробленої Робочою групою EU BIM, за підтримки Європейської Комісії для підприємств державного сектору. Модель має мінімальний набір параметрів, який може бути доповнений у разі оцінювання окремих BIM у рамках проектів, які мають галузеві або інші особливості.

Відповідно до запропонованої моделі, досягнення високого рівня цифровізації в будівельному проекті вимагає уваги до кількох ключових факторів, а саме процесів, людей, адміністрування та технічної підтримки. Кожен із цих факторів відіграє вирішальну роль у забезпеченні успішного впровадження та використання цифрових технологій у будівельних проектах.

Оптимізація будівельних процесів за допомогою оцифрування передбачає реінжиніринг робочих процесів та інтеграцію цифрових інструментів і технологій на кожному етапі життєвого циклу проекту, від планування та проектування до будівництва та експлуатації. Оптимізація процесів за допомогою цифрових середовищ, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), CALS, OLAP, програмного забезпечення для управління проектами та інших інструментів для співпраці у рамках будівельного проекту, підвищує ефективність, продуктивність і спілкування між учасниками проекту [4-8]. Стандартизація процесів і впровадження найкращих практик за допомогою оцифрування допомагає мінімізувати помилки, скоротити кількість повторних робіт і покращити загальні результати проекту.

**Таблиця 1. Параметри оцінювання рівня цифровізації будівельного проекту [розроблено автором]**

Напрямок оцінювання	Позначка	Назва лінгвістичної змінної	Опис терм-множини
Процеси	X1	Обмін даними	T3 – «невідповідність (НВ) – часткова відповідність (ЧВ) – повна відповідність (ПВ)»
	X2	Спільна робота і координація	T3 – «невідповідність (НВ) – часткова відповідність (ЧВ) – повна відповідність (ПВ)»
	X3	Управління інформацією	T2 – «недостатній (НД) – достатній рівень (Д)»

Таким чином, процеси є невід’ємними компонентами досягнення високого рівня цифровізації будівельних проектів. Оптимізуючи процеси, розширюючи можливості людей, впроваджуючи ефективні практики адміністрування та надаючи надійну технічну підтримку, зацікавлені сторони будівництва можуть використовувати весь потенціал цифрових технологій для стимулювання інновацій, покращення результатів проектів і досягнення стійкого успіху в епоху цифрових технологій.

Алгоритм формування нечіткої моделі оцінювання відповідності рівнів організаційно-технологічного і цифрового адміністрування проектами є наступним [4; 5; 7; 10]:

Крок 1. Завдання системи лінгвістичних змінних, що формалізують чинники, які діють на персонал, процеси, адміністрування та технічне забезпечення цифровізації, створити структуру моделі, визначаючи фактори, актуальні для поставленого завдання

Крок 2. Фазифікація – обирають або задають функції належності для терм-множин вхідних та вихідних лінгвістичних змінних. Програмний комплекс Matlab дозволяє формувати наступні функції належності: трикутні, трапецієподібні, гаусові, Z-, S- подібні тощо.

Процес фазифікації в методі нечітких множин є вирішальним кроком у перетворенні чітких або точних вхідних даних у нечіткі множини, які представляють лінгвістичні терміни або ступені приналежності до системи нечіткої логіки. Фазифікація дозволяє обробляти неточну або невизначену інформацію, що часто зустрічається в реальному світі.

Процес фазифікації включає наступні етапи:

1. Спочатку система отримує чіткі вхідні дані, які складаються з точних числових значень або категоріальних змінних.

2. Лінгвістичні змінні визначаються для представлення якісних термінів або категорій, які описують вхідні дані. Ці лінгвістичні змінні часто визначаються за допомогою таких лінгвістичних термінів, як «низький», «середній» і «високий» для безперервних змінних.

3. Кожен лінгвістичний термін пов’язаний із функцією належності, яка відображає чіткі вхідні значення на ступінь належності до нечіткого набору лінгвістичного терміну. Функції належності описують ступінь приналежності вхідного значення до кожного лінгвістичного терміну. Ці функції можуть приймати різні форми, наприклад трикутну,

трапецієподібну або гаусову, залежно від природи змінної та знань про предметну область.

4. Під час процесу фазифікації чіткі вхідні значення оцінюються за функціями належності лінгвістичних змінних, щоб визначити ступінь їх належності до кожного нечіткого набору. Цей процес призначає значення належності від 0 до 1 кожному лінгвістичному терміну, вказуючи ступінь, до якого вхідне значення належить цьому терміну.

5. Результатом процесу фазифікації є набір нечітких значень, кожне з яких представляє ступінь належності до лінгвістичного терміну. Ці нечіткі значення фіксують невизначеність або неточність, властиву вхідним даним, і дозволяють гнучко реагувати та приймати рішення в системі нечіткої логіки.

Процес фазифікації перетворює чіткі вхідні дані в нечіткі значення, уможливаючи представлення та обробку неточної або невизначеної інформації в системах нечіткої логіки. Цей процес є основоположним для функціонування контролерів нечіткої логіки, експертних систем та інших застосувань нечіткої логіки в різних областях, включаючи системи керування, штучний інтелект і системи підтримки прийняття рішень.

Крок 3. Задання системи нечітких правил, які описують закономірності та залежності у системі організаційно-технічного і цифрового адміністрування проектами.

Крок 4. Дефазифікація, або перетворення нечіткої множини в чітке число. Існує кілька алгоритмів нечіткого висновку, серед яких найбільш розповсюдженими є алгоритми Мамдані, Сугено, Цукамото. У даному дослідженні реалізація нечіткого висновку здійснено за алгоритмом Сугено, який припускає отримання чіткого значення для змінних.

Для оцінювання рівня інтеграції цифрових технологій учасниками інвестиційно-будівельних проектів використано середовище Matlab, як таке, що часто використовується для вирішення подібного типу задач – коли вхідні і вихідні параметри не можна задати чітко і однозначно, а висновки і дані базуються на ряді суджень. Для створення нечіткої моделі використано розширення Fuzzy Logic Toolbox програмного середовища Matlab.

Моделях, дечинниками виходу першого рівня є «процеси», «персонал», «адміністрування», «технічне забезпечення», для кожного вхідного фактору створено функції належності різного типу. Так, для визначення збалансованості

і достатності організаційно-технологічного і цифрового розвитку процесів, задано три функції типу дзвоноподібна, які мають вигляд:

$$\mu(\text{процеси}1 - n) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - m}{k} \right|^{2l}} \quad (1)$$

де  $\mu(\text{процеси}1 - n)$  – міра належності чинника до деякої нечіткої множини (від двох до чотирьох термів);

$k$  коефіцієнт концентрації;

$l$  – коефіцієнт крутизни функції  $l > 0$ ;

$m$  координата максимуму функції належності.

Функції належності для термів вхідних змінних «спільна робота і координація» та «управління інформацією» для вихідного параметра «процеси» наведено у табл. 2.

**Таблиця 2. Функції належності для термів вхідних змінних «спільна робота і координація» та «управління інформацією» для вихідного параметру «процеси»**  
[розроблено автором]

Індикатор	Функція належності
Спільна робота і координація	$\mu_{\text{необх}}(\text{спільн роб}) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left  \frac{x - 0,8624}{3,6819} \right ^4} \\ 1, \text{ якщо } x_1 \geq 4,751 \end{cases}$
Управління інформацією	$\mu_{\text{необх}}(\text{інф достаттій}) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left  \frac{x + 0,09046}{1,405} \right ^4} \\ 1, \text{ якщо } x \geq 2,363 \end{cases}$

Взаємозалежність між факторами і результатом задано у вигляді бази нечітких правил, які базуються на множині залежностей типу «якщо.., то...», оскільки зв'язок між множиною факторів і результируючих параметрів можна представити у вигляді нечіткого співвідношення відповідних факторів множини. Для подальшого оцінювання рівня цифровізації проекту та управління процесом цифрової трансформації використовується система нечітких правил. У результаті отримано систему правил (рис. 1), за допомогою яких на етапі «логічний висновок» встановлюється міра істинності кожного із логічних правил. Міра істинності визначається на підставі вихідних змінних, за шкалою 0-1, встановлюється міра істинності кожного правила. У результаті рівень збалансованості цифрового та організаційно-технологічного розвитку будівництва у частині цифровізації процесів будівництва визначається за тим правилом або правилами, міра істинності яких є наближеною до одиниці. Якщо міра істинності правила дорівнює нулю, то вхідна величина не може належати до даної терм-множини.

Рівень організації процесів будівництва при різних способах адміністрування договірних відносин учасників будівництва, закупівель та вибору учасників проекту прямо впливає на ефективність організації і цифровізації процесів будівництва. При цьому жорстко регламентоване адміністрування, так само як і гнучкий спосіб організації адміністративних

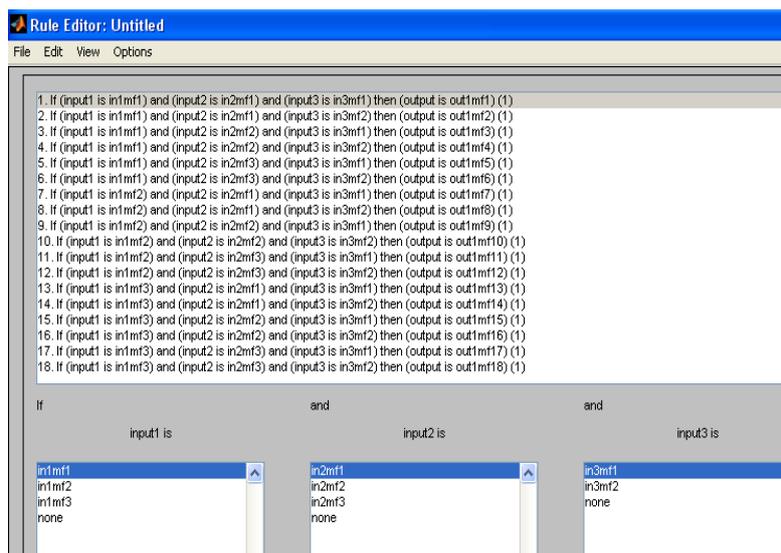


Рис. 1. Система правил нечіткого логічного висновку для визначення рівня збалансованості цифрового та організаційно-технологічного розвитку будівництва за чинником «процеси».

процесів будівництва є більш ефективними, ніж коли існує невизначеність і частина процесів адміністрування має низький рівень регламентації. У такому випадку навіть високий рівень організації не дозволить створити ефективно діючу систему цифрової взаємодії та взаємо узгодити процеси організації будівництва та цифрової трансформації.

**Висновки.** Цифрова трансформація в будівництві вимагає інтеграції сучасних технологій з традиційними методами управління проектами. Комбінований підхід дає можливість використання різноманітних інструментів і стратегій в залежності від конкретних вимог і умов проекту. Успішна цифрова трансформація девелоперських проектів потребує

глибокого розуміння як технологічних можливостей, так і специфіки будівельного галузі. Важливо розробляти інтегровані стратегії, які охоплюють усі етапи життєвого циклу проекту, від його концепції до експлуатації. Крім того, необхідно активно впроваджувати передові цифрові технології, такі як BIM, IoT, AI та інші, з метою оптимізації процесів та підвищення ефективності будівельних проектів. Перспективи подальшого дослідження полягатимуть у площині інтеграції цифрових технологій у взаємодію з учасниками будівельного процесу, розробку стандартизованих підходів до впровадження цифрових інструментів та вивчення їх впливу на якість, безпеку та ефективність будівництва.

### Література

1. Хоменко О. М., Петренко Г. С., Рижакова Г. М., Петруха Н. М., Чуприна Ю. А., Малихіна О. М., Кушнір О. К. Сучасні інструменти та програмні продукти адміністрування будівельними організаціями в умовах трансформації операційних систем менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. 2022. № 52. С. 113 – 125, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.52.113-125.
2. Рижакова Г. М., Кіщак Н. Г., Хоменко О. М., Ротов О. О., Ніколаєва М. Ю., Веремеєва Т. І. Сучасний вектор оновлення будівельного девелопменту в контексті стратегем Integrated Project Delivery. *Управління розвитком складних систем*. Київ. 2022. № 49. С. 113 – 123, dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2022.49.113-123.
3. Chernyshev D., Ryzhakov D., Homenko O. & Horbach M. Digital technologies as innovative trends of structural and transformational shifts in the management system of construction stakeholders. *Management of Development of Complex Systems*, 2021. 46, pp. 118–130.
4. Kulikov P., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Ryzhakov, D., Malykhina, O. OLAP-Tools for the Formation of Connected and Diversified Production and Project Management Systems. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2020. 8(10), 7337-7343, <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/1108102020> 16.
5. System configuration of construction management: modernization of methodical and analytical tools: col. Monograph. Edited by G. M. Ryzhakova. Kyiv: Publishing House of DNDI of Informatization and Economics, 2020. 428 p.
6. Belenkova, O. Yu. Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. *Urban planning and territorial planning*. 2022. 81, 13–22.
7. Bielienskova O., Novak O. Matsapura O. Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2022, 8, pp. 108-115, DOI: 10.46338/ijetae0822\_14
8. Tytok V., Bolila N., Ryzhakov D., Pokolenko V., Fedun I. CALS–technology as a basis of creating modules for assessment of construction products quality, regulation of organizational, technological and business processes of stakeholders of construction industry under the conditions of cyclical and seasonal variations. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2021. No1. 271-276.
9. Bielienskova O., Stetsenko S., Sorokina L., Molodid O., Bolila N. System of preventive action of construction enterprises on the basis of identification of anticrisis potential. *Scientific Journal of Astana IT University*. 2020. No3. 15-27.
10. Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві, створений Європейським державним сектором EUBIM [https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017\\_EU-BIM-Handbook\\_ua.pdf](https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017_EU-BIM-Handbook_ua.pdf)
11. Pokolenko, V.O. Mathematical formalization of the model of implementation of the portfolio of investment construction projects and its adaptation to the needs of the investor. Collection of scientific works “Ways to increase the efficiency of construction in terms of market relations”. 2017. Vip. 35. Economic. KNUBA, 80-90.
12. Chernyshev D., Ryzhakova G., Honcharenko T., Petrenko H., Chupryna I., Reznik N. Digital Administration of the Project Based on the Concept of Smart Construction. In: Alareeni, B., Hamdan, A. (eds) *Explore Business, Technology Opportunities and Challenges. After the Covid-19 Pandemic. ICBT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham. 2023. № 495. DOI: 10.1007/978-3-031-08954-1\_114.
13. Sorokina, L.V.: Capital cost management at banking institutions based on neuro-fuzzy modelling. *Actual Problemy Ekonomiky*. 2014. 154(4), 506–515
14. Sorokina L.V.: Improving the procedure of forecasting changes in financial condition in construction works by means of two-stage model of fuzzy inference. *Actual Problemy Ekonomiky*. 2011. 120(6), 285–293.
15. Shpakov A., Stetsenko S., Shpakova H., Sorokina L., Akselrod R.: Assessment of the influence of adaptability factors on the effectiveness of managing changes in enterprises by fuzzy logic. *Science Horizons*, 2021. 24(10), 72–82.
16. Беленкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.

17. Ryzhakova, G.M. Economic management tool for financial safety and security [monograph]. Sciences. ed. prof. Sorokina L.V., Goiko A.F. Kyiv: KNUCA, 2017. 404 p.
18. Росинський, А. (2023). Використання алгоритмів нечіткого логічного висновку в системі управління розвитком економічного потенціалу девелоперської компанії. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 2(50), 180–202. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(2\).180-202](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(2).180-202)
19. Сорокіна Л.В. Моделі і технології управління ринковою вартістю будівельних підприємств: монографія. К., 2011. 541 с.

### References

1. Homenko, O., Petrenko H, Ryzhakova, G, Chupryna, Y., Malykhina, O., Petrukha, N., Kushnir, O. Suchasni instrumenty ta prohramni produkty administruvannya budivelnymy orhanizatsiiamy v umovakh transformatsii operatsiinykh system menedzhmentu [Modern tools and software products for the administration of construction organizations in the conditions of transformation of operational management systems]. *Management of Development of Complex Systems*, 2022. 52, 113–125, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125).
2. Ryzhakova, G, Kishchak, N., Khomenko, O., Rotov, O., Nikolaeva, M., Veremeeva, T. Suchasnyi vektor onovlennia budivelnogo developmentu v konteksti stratahem Integrated Project Delivery [Modern vector of construction development renovation in the context of Integrated Project Delivery Stratagems]. *Management of Development of Complex Systems*, 2022. 49, 113–123. [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.113-123](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.49.113-123).
3. Chernyshev, D., Ryzhakov, D., Homenko, O., Horbach, M.. [Digital technologies as innovative trends of structural and transformational shifts in the management system of construction stakeholders]. *Management of Development of Complex Systems*, 2021, 46, pp. 118–130.
4. Kulikov P., Ryzhakova, G., Honcharenko, T., Ryzhakov, D., Malykhina, O. OLAP-Tools for the Formation of Connected and Diversified Production and Project Management Systems. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 2020, 8(10), 7337-7343, <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/1108102020> 16.
5. System configuration of construction management: modernization of methodical and analytical tools: col. Monograph. Edited by G. M. Ryzhakova. Kyiv: Publishing House of DNDI of Informatization and Economics, 2020. 428 p.
6. Belenkova, O. Yu. Digital transformation of construction and development of territories as an imperative for the formation of strategies of participants in the construction process. *Urban planning and territorial planning*, 2022, 81, 13–22.
7. Bielienskova O., Novak O. Matsapura O. Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2022, 8, pp. 108-115, DOI: 10.46338/ijetae0822\_14
8. Tytok V., Bolila N., Ryzhakov D., Pokolenko V., Fedun I. CALS–technology as a basis of creating modules for assessment of construction products quality, regulation of organizational, technological and business processes of stakeholders of construction industry under the conditions of cyclical and seasonal variations. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 2021. No1. 271-276.
9. Bielienskova O., Stetsenko S., Sorokina L., Molodid O., Bolila N. System of preventive action of construction enterprises on the basis of identification of anticrisis potential. *Scientific Journal of Astana IT University*. 2020. No3. 15-27.
10. Posibnyk z vprovadzhennia informatsiinoho modeliuвання v budivnytstvi, stvorenyi Yevropeiskym derzhavnym sektorom EUBIM [Handbook on the implementation of information modeling in construction, created by the European public sector EUBIM] [https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017\\_EU-BIM-Handbook\\_ua.pdf](https://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2020/12/2017_EU-BIM-Handbook_ua.pdf)
11. Pokolenko, V.O. Mathematical formalization of the model of implementation of the portfolio of investment construction projects and its adaptation to the needs of the investor. Collection of scientific works “Ways to increase the efficiency of construction in terms of market relations”. 2017ю 35, 80-90.
12. Chernyshev D., Ryzhakova G., Honcharenko T., Petrenko H., Chupryna I., Reznik N. Digital Administration of the Project Based on the Concept of Smart Construction. In: Alareeni, B., Hamdan, A. (eds) *Explore Business, Technology Opportunities and Challenges. After the Covid-19 Pandemic. ICBT 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*. Springer, Cham. 2023. № 495. DOI: 10.1007/978-3-031-08954-1\_114.
13. Sorokina, L.V.: Capital cost management at banking institutions based on neuro-fuzzy modelling. *Actual Problemy Ekonomiky*. 2014. 154(4), 506–515
14. Sorokina L.V.: Improving the procedure of forecasting changes in financial condition in construction works by means of two-stage model of fuzzy inference. *Actual Problemy Ekonomiky*. 2011. 120(6), 285–293.
15. Shpakov A., Stetsenko S., Shpakova H., Sorokina L., Akselrod R.: Assessment of the influence of adaptability factors on the effectiveness of managing changes in enterprises by fuzzy logic. *Science Horizons*, 2021. 24(10), 72–82.
16. Bielienskova O.Iu. Stratehiia ta mekhanizmy zabezpechennia konkurentospromozhnosti budivelnykh pidpriemstv na osnovi modeli staloho rozvytku [Strategy and mechanisms for ensuring the competitiveness of construction enterprises based on the model of sustainable development]: monohrafiia. Kyiv: Lira-K, 2020. 512 s..
17. Ryzhakova, G.M. (2017). Economic management tool for financial safety and security [Text]: [monograph]. Sciences. ed. prof. Sorokina L.V., Goiko A.F. Kyiv: KNUCA, 404 p.
18. Rosynskiy, A. Vykorystannia alhorytmiv nechitkoho lohichnoho vysnovku v systemi upravlinnia rozvytkom ekonomichnoho potentsialu developerkoi kompanii. [The use of algorithms of fuzzy logical conclusion in the management system of the development of the economic potential of the development company] *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 2023. 2(50), 180–202. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(2\).180-202](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(2).180-202)
19. Sorokina L.V. Modeli i tekhnologii upravlinnia rynkovoio vartistiu budivelnykh pidpriemstv [Models and technologies for managing the market value of construction enterprises] monohrafiia. K., 2011. 541 s.

**ADAPTATION OF AN INTEGRATED SOFTWARE PRODUCT FOR THE IMPLEMENTATION OF DEVELOPMENT PROJECTS BASED ON A COMBINED APPROACH**

**Abstract.** *A technological approach to solving problems, known as digitalization, is the basis of digital transformation in construction. It involves the implementation of digital processes in all aspects of the construction process, from design to operational support after construction is completed. A number of steps for the development of digitalization strategies for participants in the investment and construction process and interested parties in construction are proposed, as well as a methodology for assessing the level of digitalization at various levels within the framework of construction projects. It was found that digitalization requires adaptation of construction process participants to new requirements, assessment of their own level of digital development and development of digitalization strategies that should be flexible to respond to various projects. Improving the mechanism of digital transformation includes the creation of a system of indicators for evaluating and monitoring the process of digitalization and adaptation to project requirements, as well as the development of measures for the development of digitalization and the determination of indicators of the development of construction based on digital technologies. Digital development indicators with various evaluation parameters form the basis of digitalization strategy formation. Enterprises should self-assess their level of digital transformation, which is a necessary component of forming a competitive strategy. It is proposed to evaluate measures to identify the state of digitization of construction participants and establish target indicators with the help of expert evaluations. Future studies are aimed at creating a comprehensive toolkit for determining the level of digital development of construction participants in the process of digital transformation and the application of the latest technologies of modern development.*

**Key words:** *construction, construction company, construction project, organizational-technological and digital administration of projects, reliability of the developer, digital technologies, digitalization.*

**Prykhodko O.O.**

Postgraduate Student at the Department of Construction Management,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Скакун В.А.**

к.т.н., докторант,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ORCID ID: 0000-0001-7329-620X

**Галунка О.Д.**

здобувачка,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ORCID ID: 0000-0002-3437-2553

## ЧЕСЬКИЙ ДОСВІД ЗЕЛЕНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ

**Анотація.** У статті розглядаються питання щодо проведення аналізу міжнародного досвіду систем зеленої сертифікації з метою відбору критерій оцінки та адаптації їх до системи добровільної сертифікації в будівництві «ЕКО-УКРАЇНА».

Методологія сертифікації (система SBToolCZ) унікальна в Чехії тим, що досі є єдиною суто національною програмою сертифікації. Її перевагами є інтеграція місцевих кліматичних, будівельних і законодавчих умов, більш низька ціна в порівнянні з іноземними сертифікатами і, нарешті, чеська мова, що робить його більш доступним як для професіоналів, так і для широкої публіки, яка може легко оцінити будівлі з точки зору їх впливу на навколишнє середовище.

SBToolCZ має загалом два основні завдання. По-перше, надати інструмент оптимізації для проектування будівлі, який полегшує задоволення вимог клієнтів, одночасно зменшуючи вплив на навколишнє середовище протягом усього життєвого циклу та створюючи функціональне та здорове середовище в приміщенні. Друге завдання – запропонувати маркетинговий інструмент – сертифікат, який доведе якісне проектування і екологічну експлуатацію будівлі, і порівняння з іншими будівлями аналогічного типу. Сертифікат як такий також є вагомим обґрунтуванням для підвищення ринкової ціни будівлі. Як наслідок, зростає попит і пропозиція на екологічні будівлі, що мотивує виробників виробляти екологічно чисту продукцію з дотриманням Екологічної декларації про продукцію (EPD).

Для етапу проектування будівлі методологія SBToolCZ має 33 критерії, які поділяються на три основні групи відповідно до принципів сталого будівництва:

Екологічні; Соціальні (соціокультурні); Економіка та менеджмент; Місце розташування будівлі (ці критерії не входять до остаточної оцінки).

**Ключові слова:** проектування, зелена сертифікація, методологія та система оцінки, стале будівництво, сталий розвиток, критерії оцінки, добровільна сертифікація, ціна.

**Постановка проблеми.** Сталий розвиток – це поняття, яке останніми роками проникає в підсвідомість широкої громадськості, але це вже досить усталена тема в будівельній галузі, яка вкорінена практично у всіх можливих будівельних заходах [12-14]. Екологічні сертифікати безпосередньо засновані на ідеї будівництва і підтримки будівель і навколишнього середовища в такому стані, щоб наступні покоління могли знайти нашу планету хоча б в тому стані, в якому ми її знайшли, або навіть краще. Їх основна мета – надати рекомендації для проектувальників та архітекторів

щодо того, як спроектувати екологічно чисту будівлю, а також для керівників проектів щодо того, як досягти відповідальної будівельної діяльності для досягнення її зведення з урахуванням сталого розвитку [15]. Будівельна галузь є одним з найбільших споживачів світових запасів всіх видів, тому фахівці всіх галузей промисловості повинні працювати разом і постійно винаходити нові процеси і матеріали, які будуть більш екологічними і приведуть до зведення будівель, які не будуть порушувати навколишнє середовище, а будуть доповнювати і підтримувати його.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Перша значуща згадка про сертифікати з'явилася в 2006 році, коли була сертифікована перша будівля в Чехії. Ця будівля є штаб-квартирою CSOB у празькому Радліце, а сертифікат був американським LEED. За десять років 106 будівель отримали екологічні сертифікати, які також сертифіковані британським інструментом сертифікації BREEAM, німецьким DGNB і, що не менш важливо, чеською методологією SBToolCZ. У майбутньому буде додано більше сертифікованих будівель, такий швидкий початок пов'язаний з тим, що для власників будівель сертифікат приносить маркетингову перевагу на ринку і є певним чином символом престижу. Другою віхою є будівництво нової офісної будівлі бізнес-центру Aspіra в празькому районі Нове Бутовіца, яка першою в Чеській Республіці має на меті отримати два сертифікати BREEAM на Excellent та LEED на Gold, що має гарантувати, що будівля буде побудована найвищої якості. Це, поки що унікальне явище стало поштовхом до аналізу світового досвіду, оскільки дозволяє порівняти найбільш широко використовувані засоби сертифікації з метою подальшого відбору найкращих критерій оцінки задля формування принципів і правил системи добровільної сертифікації в будівництві «ЕКО-УКРАЇНА».

**Постановка завдання.** Метою дослідження є проведення аналізу міжнародного досвіду систем зеленої сертифікації з метою відбору критерій оцінки та адаптації їх до системи добровільної сертифікації в будівництві «ЕКО-УКРАЇНА».

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Екологічні сертифікати будівель виконують багато функцій, наприклад, як керівництво для проектування зелених будівель, як реклама ідеї сталого розвитку або як інструмент для порівняння якості та впливу окремих будівель на навколишнє середовище, які служать як професійній громадськості, так і широкому загалу. Екологічні сертифікати відомі і використовуються в Чехії вже кілька років, але для багатьох вони все ще залишаються новинкою. Багато представників широкої громадськості взагалі не знають їх або плутають з енергетичними етикетками. Однак вони вже дуже добре відомі за кордоном, і багато компаній використовують їх або для простої сертифікації будівлі, або для використання своїх методологій проектування. Спо-

чатку приводом для сертифікації будівель було лише бачення маркетингової переваги, але з часом у гру вступила ідея сталого та економічного будівництва, принципи якої лежать в основі цих сертифікатів.

Загальна кількість сертифікованих проєктів-будівель в Чехії 141 об'єкт станом на кінець 2022 року. За BREEAM – 88 об'єктів. LEED – 32 об'єкти. SBToolCZ – 20 об'єктів. DGNB – 1 об'єкт. Причиною різниці в цифрах є той факт, що BREEAM також видала два сертифікати для деяких будівель, які оцінювали будівлю поетапно відповідно до керівництва BREEAM In-Use: Частина 1 – Ефективність активів та Частина 2 – Управління будівлею або Частина 3 – Управління мешканцями. Таким чином, загальний аналіз включає сертифікати, видані в Чеській Республіці, незалежно від типу проєкту/посібника. Поки що в Чехії існує чотири інструменти сертифікації – BREEAM, LEED, SBToolCZ та DGNB [4-7, 10], які відсортовані за кількістю сертифікованих проєктів з використанням даних з веб-сайту Чеської ради з зеленого будівництва [6]. Незважаючи на те, що система SBToolCZ є відносно новою у порівнянні з попередніми сертифікатами, за чеською методологією вже видали 20 сертифікатів, з яких 12 – це сімейні будинки, 7 багатоквартирних будинків і лише одна офісна будівля бронзового рівня. Як пізніше з'ясувалося, проєкти офісних будівель мають проблему отримання більш високих рівнів в сертифікаті, що в основному пов'язано з жорсткими пороговими значеннями для виконання обов'язкових критеріїв оцінки і більшою кількістю балів за окремими критеріями, особливо в плані різних викидів.

SBToolCZ – це національна програма сертифікації, яка використовується для порівняння якості окремих будівель, особливо з акцентом на принципи сталого будівництва. Вперше інструмент сертифікації був представлений і введений в експлуатацію в 2010 році. Методологія сертифікації (система SBToolCZ) унікальна в Чехії тим, що досі є єдиною суто національною програмою сертифікації. Її перевагами є інтеграція місцевих кліматичних, будівельних і законодавчих умов, більш низька ціна в порівнянні з іноземними сертифікатами і, нарешті, чеська мова, що робить його більш доступним як для професіоналів, так і для широкої публіки, яка може легко оцінити будівлі з точки зору їх впливу на навколишнє середовище.

SBToolCZ має загалом два основні завдання. По-перше, надати інструмент оптимізації для проектування будівлі, який полегшує задоволення вимог клієнтів, одночасно зменшуючи вплив на навколишнє середовище протягом усього життєвого циклу та створюючи функціональне та здорове середовище в приміщенні. У той же час, оптимізація проекту сприятиме зниженню енергоефективності будівлі, що вимагається Директивою 2010/31/ЄС Європейського Парламенту та Ради про енергетичну ефективність будівель EPBD II, та пов'язаному з цим зниженню експлуатаційних витрат. Для демонстрації використання цих процедур при проектуванні використовується видача будівлі достовірного сертифіката, який свідчить про виконання законодавчих вимог і застосування принципів сталого будівництва. Друге завдання – запропонувати маркетинговий інструмент – сертифікат, який доведе якісне проектування і екологічну експлуатацію будівлі, і порівняння з іншими будівлями аналогічного типу. Сертифікат як такий також є вагомим обґрунтуванням для підвищення ринкової ціни будівлі. Як наслідок, зростає попит і пропозиція на екологічні будівлі, що мотивує виробників виробляти екологічно чисту продукцію з дотриманням Екологічної декларації про продукцію (EPD).

Сертифікаційний орган у Чеській Республіці SBToolCZ не є суто чеським винаходом, його структура, яку розробляє команда професіоналів факультету будівництва Чеського технічного університету в Празі, базується на методології SBTool, яка розроблена міжнародною організацією International Initiative for Sustainable Built Environment (iiSBE). Тому SBTool відомий і використовується в ряді країн світу, а особливо в Іспанії, Португалії чи Італії, сертифікація використовується цим інструментом на національному рівні. Чеське товариство сталого будівництва, до складу якого входять експерти Чеського технічного університету, є представником iiBSE для Чеської Республіки. Завдяки співпраці та подальшій домовленості Чеського технічного університету в Празі (CTU), Технічного та випробувального інституту будівництва в Празі (TZÚS) та Інституту будівельних досліджень – Товариства сертифікації (RIBM) наприкінці 2011 року було створено Національну платформу SBToolCZ, яка відповідає за розробку, адміністрування та сертифікацію системи SBToolCZ, а також за

підтримку сталого будівництва в Чеській Республіці як такої. Ці три компанії також є окремими частинами цієї платформи, CTU в Празі займається розробкою сертифікації і в той же час керує навчальним центром, який організовує лекції для громадськості, а також курси для нових та існуючих аудиторів сертифікації. Дві інші компанії, Технічний і випробувальний інститут будівництва та RIBM, діють як сертифікаційні центри з 2012 року.

Сертифікація будівель за допомогою SBToolCZ використовується для сертифікації сімейних будинків, багатоквартирних будинків та офісних будівель, якщо є зацікавленість у сертифікації будівлі з іншою метою використання, можливе використання пілотного варіанту сертифікації. Адже, як і інші сертифікати, SBToolCZ можна використовувати двома способами. Початок процесу оцінки вже на етапі підготовки проекту, так звана сертифікація будівельного проекту, є одним із способів вигідної оптимізації проекту відповідно до заданих критеріїв з метою отримання кращого рівня сертифікації. Такий метод проектування полегшить проектування екологічної будівлі з низькими експлуатаційними витратами, оскільки процес створюється і є можливість розглянути його з міжнародною командою експертів, і можна вчасно внести необхідні зміни в проект. Іншим способом є початок процесу сертифікації вже споруджуваного або навіть завершеного проекту, так званої сертифікації фактичного виконання будівництва, яка, однак, несе ризик низької оцінки або її повної відсутності через навіть вузьку невідповідність критеріям.

Методологія SBToolCZ складається з груп і підгруп, які включають критерії сталого будівництва. Склад окремих груп залежить від типу сертифікованої будівлі, адже кожен тип будівлі є специфічним і підкреслює різні частини. Однак фаза життєвого циклу (проектування, будівництво, введення в експлуатацію, експлуатація будівлі), в якій він оцінюється, також грає роль в складі критеріїв. Окремі критерії оцінюються на бальній основі, а їх вагові коефіцієнти встановлюються в загальній оцінці таким чином, щоб результат служив потребам і захисту суспільних інтересів та якісному публічному простору.

У процесі сертифікації критерії оцінюються за трьома основними групами: екологічні – *E*, соціокультурні – *S* та економіка та менеджмент – *E*. Оцінюється четверта група: населений пункт – *L*, однак це не впливає на

результат сертифіката якості. Кожен критерій оцінюється за заздалегідь визначеною процедурою, а потім оцінюється за шкалою від 0 до 10 за допомогою контрольних показників. Оскільки, оцінюються всі категорії, оцінка не тільки сприяє загальній оцінці якості будівлі, але також можна порівняти показник успішності в кожній категорії. Важливість оцінки: – інтервал від 8 до 10 – найвища якість – інтервал від 6 до 8 – висока якість – інтервал від 4 до 6 – найвища якість – інтервал від 0 до 4 – поширений стан у Чехії – цей стан можна назвати стандартним. Окремі бали за заданими критеріями зважуються, їх підсумкова сума знову ж таки дорівнює числу за шкалою від 0 до 10. Це результуюче значення визначає якість конструкції будівлі і одночасно один з чотирьох рівнів сертифіката, кожен з яких має графічно легко впізнаваний символ (рис. 1):

- Золотий сертифікат якості (8 – 10)
- Срібний сертифікат якості (6 – 7,9)
- Бронзовий сертифікат якості (4 – 5,9)
- Сертифікована будівля (0 – 3,9 бала)

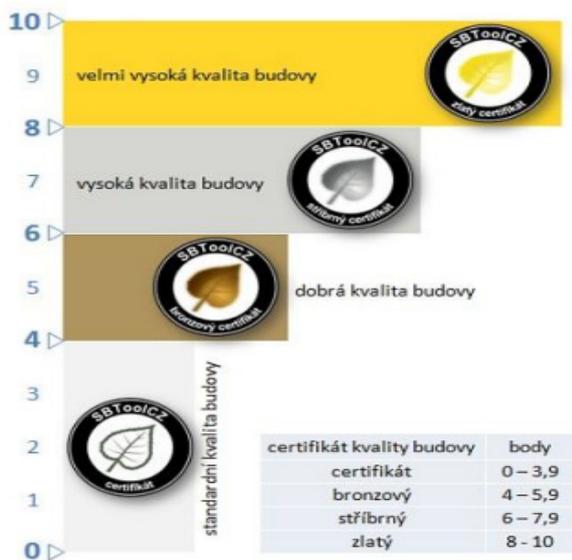


Рис. 1. Шкала підсумкової суми балів та окремих рівнів сертифіката за SBToolCZ [4]

Перспектива досягнення найкращого рівня сертифікації спонукає архітекторів і проєктувальників пропонувати інноваційні заходи в проєктуванні як конструктивних, так і технічних частин, оскільки поліпшення навіть, здавалося б, невеликих частин будівлі призводить до значного зниження впливу на навколишнє середовище.

Результатом всього процесу оцінки якості будівлі є так званий сертифікат якості будівлі

(рис. 2). Сертифікат якості будівлі, який є сертифікатом оцінки будівлі та її якості. Цей документ видається Центром сертифікації та містить наступну інформацію: – Адреса проєктованої будівлі та назва будівлі. Замовник – оцінка будівлі за трьома напрямками критеріїв – загальна оцінка будівлі та оцінка ділянки – досягнутий сертифікат якості (графічний символ) – вказівка етапу оцінки – порядковий номер сертифіката – дата видачі – ім'я аудитора, який проводив оцінку та видав Сертифікат – короткий перелік від двох до п'яти позитивних властивостей будівлі. Всі сертифікати, видані в Чехії, також доступні для перегляду на сайті [www.sbtool.cz](http://www.sbtool.cz) у вкладці «Видані сертифікати», де можна знайти шукальний сертифікат за унікальним кодом, наприклад, BD-PR-10-001.

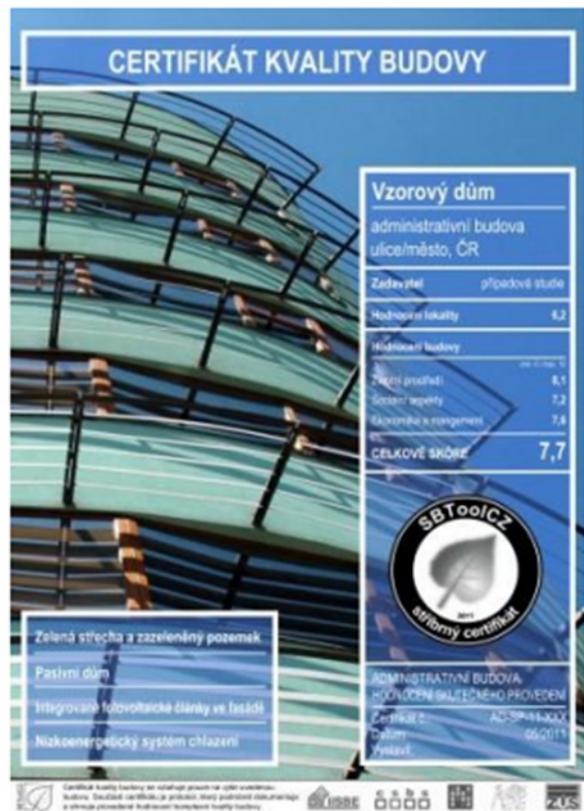


Рис. 2. Зразок сертифіката якості будівлі [4]

Навчальний центр, яким керує Чеський технічний університет у Празі, організовує низку лекцій та курсів з питань системи сертифікації SBToolCZ. Метою курсів є ознайомлення громадськості з методологією SBToolCZ, навчання зацікавлених у авторизації на видачу сертифікату, ознайомлення з можливістю використання цього сертифікату в державному та приватному секторах,

а також інформування про шляхи сталого будівництва.

Сталий розвиток та зусилля, спрямовані на заохочення виробників будівельних матеріалів інтегрувати ці принципи у виробничий процес, також є однією з цілей цих курсів.

Після проходження курсу та успішної здачі іспиту особі видається свідоцтво про авторизацію на видачу сертифіката SBToolCZ. Згідно з пройденим курсом, *аудитор* уповноважений оцінювати будівлі даної категорії – сімейні будинки, багатоквартирні будинки, офісні будівлі та шкільні будівлі. Ще один спосіб роботи з SBToolCZ – пройти курс на так званій «бакалаврській програмі». Однак *експерт-консультант*, який знайомий з питаннями сертифікації може проконсультувати інвесторів та проєктувальників, але не може проводити сертифікацію [4], [7], [11].

Методологія SBToolCZ надає інструмент для етапу проєктування будівель, який вказує на можливості вдосконалення будівлі в контрольованих параметрах, або в більш широкому контексті, а також оцінює вплив на навколишнє середовище будівлі. В даний час за цією методикою можуть бути оцінені тільки житлові будинки на стадії проєктування. На виході видається сертифікат якості будівлі (рис. 3).

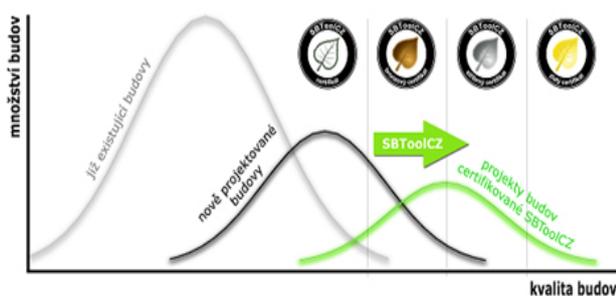


Рис. 3. Позитивний вплив використання методології сертифікації SBToolCZ на проєктування будівель (www.sbtool.cz)

Для етапу проєктування будівлі методологія SBToolCZ має 33 критерії, які поділяються на три основні групи відповідно до принципів сталого будівництва:

- Екологічні
- Соціальні (соціокультурні)
- Економіка та менеджмент
- Місце розташування будівлі (ці критерії не входять до остаточної оцінки)

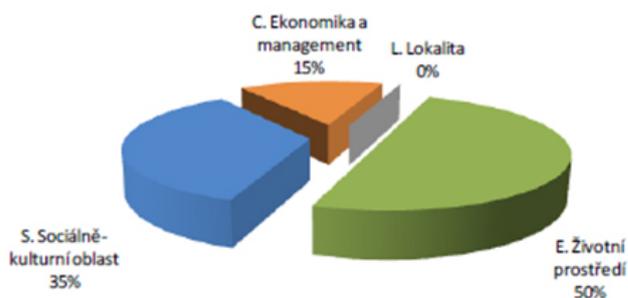


Рис. 3.1. Загальна вага групи (за даними сайту www.sbtool.cz)

Процес відбору критеріїв виглядав наступним чином:

Спочатку були зібрані критерії стійкості, які можна було розглянути, в результаті чого вийшов великий список можливих критеріїв.

Згодом зібралася експертна група, перед якою стояло завдання відібрати критерії, актуальні для новобудов Чехії. Процес відбору відбувався на 4 спільних зустрічах у період з березня по червень 2017 року, на яких оцінки від окремих експертів були заздалегідь підготовлені та обговорені колективно.

Оцінка проводилася незалежно за допомогою двох методів:

*Метод матриці значущості ризику (соціально орієнтований).*

*Метод оцінки ймовірності настання негативного явища та оцінки економічних витрат, викликаних виникненням явища (більш економічно орієнтований).*

З оцінки обома методами були відібрані списки критеріїв, які були оцінені як найбільш значущі. Потім вони були порівняні на робочій зустрічі, і група згодом консенсусом вирішила, який з критеріїв буде включений до остаточного списку. Остаточний список критеріїв був об'єднаний в групи за логічними зв'язками:

#### **Екологічна група має 12 критеріїв**

- E.01 Потенціал глобального потепління
- E.02 Потенціал підкислення навколишнього середовища
- E.03 Потенціал евтрофікації навколишнього середовища
- E.04 Потенціал руйнування озонового шару
- E.05 Потенціал генерації озону на рівні землі
- E.06 Використання зелених насаджень на присадибній ділянці

- E.07 Використання зелених насаджень на дахах та фасадах
- E.08 Споживання питної води
- E.09 Споживання первинної енергії з невідновлюваних джерел
- E.10 Використання будівельних матеріалів у будівництві
- E.11. Землекористування
- E.12. Частка дощової води, зібраної на суші

**Соціальна група має 11 критеріїв**

- S.01 Візуальний комфорт
- S.02 Акустичний комфорт
- S.03 Тепловий комфорт влітку
- S.04 Тепловий комфорт взимку
- S.05 Безпека матеріалів для здоров'я
- S.06 Комфорт користувача
- S.07 Безбар'єрний доступ
- S.08 Забезпечення безпеки будівель
- S.09 Гнучкість використання будівлі
- S.10 Ефективність використання простору
- S.11 Використання зовнішнього вигляду будівлі для проживання мешканців

**Економіка і менеджмент має 4 критерії**

- C.01 Аналіз операційних витрат
- C.02 Надання проектної та експлуатаційної документації
- C.03 Автономність роботи
- C.04 Поводження з відсортованими відходами

**Розташування будівлі має 6 критеріїв**

- L.01 Біорізноманіття
- L.02 Наявність громадських місць для відпочинку
- L.03. Доступність послуг
- L.04 Наявність громадського транспорту
- L.05 Безпека будівлі та навколишнього середовища
- L.06 Природні небезпеки

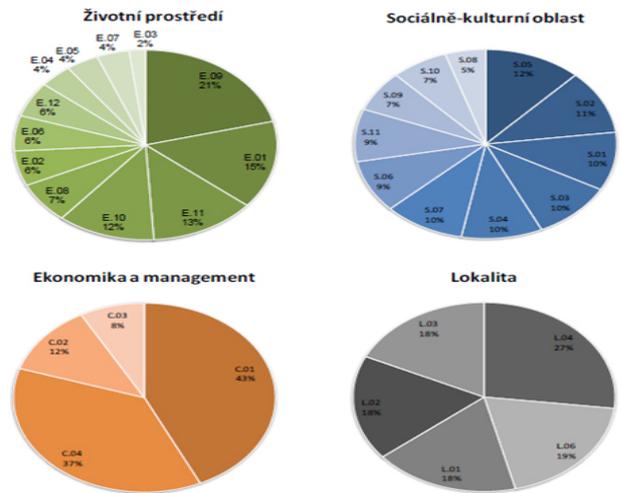


Рис. 3.2. Ваги критеріїв в окремих групах (за даними сайту www.sbtool.cz)

**Висновки.** Основним результатом проекту є аналіз чеської методології оцінки стійкості будівель, яка була успішно сертифікована восени 2020 року Інститутом будівельних досліджень – сертифікаційною компанією. Методологія пройшла багатоступеневе тестування в період з 2017 по 2020 рік, в основному на пілотних будівлях в рамках проекту (загалом 6 будівель, включаючи варіанти), а також на низці інших будівель за межами проекту. Таким чином, забезпечення збалансованого розвитку та становлення вітчизняної системи добровільної сертифікації повинен передбачати інноваційно-інтеграційні критерії оцінки та шкали оцінювання; багатоканальних механізмів взаємодії всіх її елементів у процесі проходження сертифікації.

**Література**

1. Fedun, I., Stetsenko, S., Tsyfra, T, Valchuk, B., Valentyna, A. Innovative Software Tools for Effective Management of Financial and Economic Activities of the Organization. Lecture Notes in Networks and Systemst, 2023, 485, pp. 17–38.
2. Bielenkova O., Novak Y., Matsapura O., ZapiechnaY., Kalashnikov, D., Dubinin, D.: Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2022, 12(8), 108–115.
3. Vorobec, S., Voytsekhovska, V., Zahoretska, O., Kozyk, V.: The Context of the Circular Economy Model Implementation, Based on Indicators of the European Union in/for Ukraine by Means of Fuzzy Methods. In: Kryvinska, N., Greguš, M. (eds) Developments in Information & Knowledge Management for Business Applications. Studies in Systems, Decision and Control, 2022, vol 421. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-97008-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-97008-6_4).
4. SBToolCZ – VONKA, Martin. SBToolCZ: [manuál hodnocení administrativních budov ve fázi návrhu. Praha: CIDEAS – Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, 2011.
5. BREEAM – BREEAM International New Construction Technical Manual, SD5075 – 1.0:2013
5. LEED – Green building design and construction. 2009 ed. Washington, DC: U.S. Green Building Council.
6. Registr certifikovaných budov. Česká rada pro šetrné budovy [online]. 2016 Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/registr-certifikovanych-budov>
7. Metodika SBToolCZ. Národní nástroj pro certifikaci kvality budov [online]. Dostupné z: <http://www.sbtool.cz/cs/metodika>

8. Haute Qualité Environnementale (HQE). Sustainable Building Alliance [online]. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.sballiance.org/our-work/libraries/haute-qualite-environnementale/>
9. Budova CSOB dosáhla na ekologické zlato. Konstrukce [online]. 2008. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/budova-csob-dosahla-na-ekologicke-zlato/>
10. Německý certifikační systém DGNB. Česká rada pro šetrné budovy [online]. 2012 Dostupné z: <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/177/nemecky-certifikacni-system-dgnb->
11. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Česká rada pro šetrné budovy [online]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/breeam>
12. Шевчук В. Я., Черняк В.К., Ковальчук Т.Т., Педан М.П., Панков О.І. та ін. Розвиток заради порятунку: монографія. К.: Геопринт, 2016. 227 с.
13. Беленкова О. Ю. Теоретичні підходи до забезпечення стратегічної конкурентоспроможності підприємств на базі сталого розвитку. Управління розвитком складних систем. 2020. № 42. С. 153 – 158.
14. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
15. Цифра Т. Ю., Деркач Є. В. Система сертифікації – нові реалії України. Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2016. Вип. 8. С. 403-408
16. Максимов А. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування /А.Максимов, І.Вахович, Т.Гутніченко, П.Бабічева та інші. Асоціація міст України –К, ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. 84 с.

### References

1. Fedun, I., Stetsenko, S., Tsyfra, T, Valchuk, B., Valentyna, A. (2023) Innovative Software Tools for Effective Management of Financial and Economic Activities of the Organization. Lecture Notes in Networks and Systemst, 485, pp. 17–38
2. Bielienkova O., Novak Y., Matsapura O., ZapiechnaY., Kalashnikov, D., Dubinin, D. (2022) Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12(8), 108–115.
3. Vorobec, S., Voytsekhovska, V., Zahoretska, O., Kozyk, V. (2022) The Context of the Circular Economy Model Implementation, Based on Indicators of the European Union in/for Ukraine by Means of Fuzzy Methods. In: Kryvinska, N., Greguš, M. (eds) Developments in Information & Knowledge Management for Business Applications. Studies in Systems, Decision and Control, vol 421. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-97008-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-97008-6_4).
4. SBToolCZ – VONKA, Martin. SBToolCZ: [manuál hodnocení administrativních budov ve fázi návrhu. Praha: CIDEAS – Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí, 2011.
5. BREEAM – BREEAM International New Construction Technical Manual, SD5075 – 1.0:2013
5. LEED – Green building design and construction. 2009 ed. Washington, DC: U.S. Green Building Council.
6. Registr certifikovaných budov. Česká rada pro šetrné budovy [online]. 2016 Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/registr-certifikovanych-budov>
7. Metodika SBToolCZ. Národní nástroj pro certifikaci kvality budov [online]. Dostupné z: <http://www.sbtool.cz/cs/metodika>
8. Haute Qualité Environnementale (HQE). Sustainable Building Alliance [online]. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <http://www.sballiance.org/our-work/libraries/haute-qualite-environnementale/>
9. Budova CSOB dosáhla na ekologické zlato. Konstrukce [online]. 2008. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/budova-csob-dosahla-na-ekologicke-zlato/>
10. Německý certifikační systém DGNB. Česká rada pro šetrné budovy [online]. 2012 Dostupné z: <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/177/nemecky-certifikacni-system-dgnb->
11. Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Česká rada pro šetrné budovy [online]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/breeam>
12. Shevchuk V. Ya., Cherniak V.K., Kovalchuk T.T., Pedan M.P., Pankov O.I. ta in. (2016) Rozvytok zarady poriatunku: monohrafiia. K.: Heoprynt.
13. Bielienkova O. Yu. (2020). Teoretychni pidkhody do zabezpechennia stratehichnoi konkurentospromozhnosti pidpriemstv na bazi staloho rozvytku. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. № 42. pp. 153 – 158.
14. Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
15. Tsyfra T. Yu., Derkach Ye. V. (2016) Systemasertyfikatsii – novi realii Ukrainy. *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi*. 8. pp. 403-408
16. Maksymov A. (2015). Enerhoefektyvnist v munitsypalnomu sektori. Navchalnyi posibnyk dlia posadovykh osib mistsevoho samovriaduvannia /A.Maksymov, I.Vakhovych, T.Hutnichenko, P.Babicheva ta insh. Asotsiatsiia mist Ukrainy. K., TOV «PIDPRYIE MSTVO «VI EN EI».

### CZECH EXPERIENCE OF GREEN CERTIFICATION

**Abstract.** *The article deals with the analysis of the international experience of the green certification system using the selection of evaluation criteria and their adaptation to the voluntary certification system in the ECO-UKRAINE construction industry.*

*The certification methodology (SBToolCZ system) is unique in the Czech Republic in that it is still the only purely national certification program. The advantages are the integration of local climatic, construction and legislative conditions, a lower price compared to foreign certificates and, finally, the Czech language, which makes it more accessible both to professionals and to its general public, who can easily evaluate buildings in terms of their impact on the environment.*

*SBToolCZ has two main tasks in general. First, to provide an optimization tool for building design that makes it easier to meet customer requirements while reducing environmental impact throughout the life cycle and creating a functional and healthy on-site environment. The second task is to offer a marketing tool – a certificate that leads to high-quality design and ecological operation of the building, and comparison with other buildings of a similar type. The certificate as such is also a strong justification for increasing the market price of construction. As a result, the demand and supply for ecological buildings is growing, which encourages manufacturers to produce ecologically clean products in compliance with the Environmental Product Declaration (EPD).*

*For the construction design stage, the SBToolCZ methodology has 33 criteria, which are divided into three main groups according to the principles of sustainable construction:*

*Ecological; Social (socio-cultural); Economics and management; The location of the building (these criteria are not included in the final evaluation).*

**Key words:** *design, green certification, methodology and evaluation system, sustainable construction, sustainable development, evaluation criteria, voluntary certification, price.*

**Skakun V.A.**

Candidate of Technical Sciences, Doctoral Student

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

**Halunka O.D.**

Postgraduate Student

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

УДК 69.003: 658

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.13>

**Мудра М.С.**

аспірант кафедри менеджменту в будівництві,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ  
ORCID ID: 0000-0003-3315-6469

**Кричевська Ю.В.**

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ  
ORCID ID: 0009-0003-7036-3376

**Зайчук С.В.**

викладач кафедри менеджменту в будівництві,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ  
ORCID ID: 0000-0003-0919-4190

**Дружинін М.А.**

к.т.н., доцент, доцент кафедри будівництва та інформаційних технологій,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ  
ORCID ID: 0000-0003-1821-1968

**Хоменко О.М.**

к.е.н, доцент, доцент кафедри організації і управління будівництвом,  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ  
ORCID ID: 0000-0002-6242-4736

## **ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ ІНДИКАТОРІВ ТА БІЗНЕС-ПРОЦЕДУР ОЦІНКИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

**Анотація.** У статті представлені теоретико-методичні результати дослідження, яке спрямоване на ретельне висвітлення ключових аспектів сучасної концепції інноваційного розвитку та менеджменту якості діяльності підприємств будівельної галузі, основ системного підходу до управління інноваційною діяльністю та змісту ключових положень креативних технологій управління проектами та програмами з метою моделювання руху організації у проектно-орієнтованому середовищі будівництва. Автори розглядають базові принципи та методи моделювання процесів в організації, спрямовані на підвищення ефективності управління проектами та оптимізацію використання ресурсів. В статті проведено аналіз ролі інноваційних підходів у моделюванні руху організації, включаючи застосування новітніх технологій, таких як штучний інтелект та блокчейн, а також інтегровані системи управління ризиками та симуляційні моделі. Перевагою процесного підходу є забезпечення неперервного контролю зв'язків окремих процесів у межах системи, а також їхніх взаємозв'язків. Обґрунтовано, що цей підхід застосовується у системі управління інноваційним розвитком підприємства і підкреслює важливість розуміння вимог, створення додаткової цінності, оцінки ефективності та постійного поліпшення процесів на основі об'єктивних вимірювань. Зміст та ієрархія параметрів та розрахунково-аналітична основа економіко-математичних моделей підпорядковані особливостям операційної системи будівельного підприємства, вимогам середовища будівельного проекту та особливостям інвестиційного циклу, що створює належні передумови для оцінки інноваційного розвитку та якості менеджменту будівельного підприємства як стейкхолдера (зацікавленої сторони) будівельного проекту. Модель створює належні підстави для трансформації підсумків формалізованого оцінювання управлінняського, виробничого, ресурсно-майнового та фінансового потенціалу підприємства. Висновки статті підтверджують важливість впровадження інноваційних методів управління для підвищення ефективності та успішного виконання будівельних проектів у сучасних умовах.  
**Ключові слова:** будівельне підприємство, економічна поведінка організації, проектне середовище, інноваційний розвиток.

**Постановка проблеми.** У сучасному світі, де конкуренція на будівельному ринку стає все більшою, важливою стає не лише швидкість виконання робіт та їх якість, але й здатність до постійного вдосконалення. Інноваційний розвиток та система менеджменту якості (СМЯ) будівельних підприємств стають невід'ємними складовими успішної діяльності у цьому секторі.

Повномасштабне вторгнення РФ кардинальним чином змінило географію та обсяг будівельного ринку України, спричинило кадрові зміни, вплинуло на нормативну базу, а також відкрило нові напрямки діяльності для українських будівельних компаній. У 2022 році обсяг будівельного ринку України зменшився приблизно на 65%. На сьогодні загальні втрати становлять понад \$150 млрд, в тому числі найбільші збитки зазнав житловий фонд (\$56 млрд), інфраструктура (\$37 млрд) та промисловість (\$12 млрд). За два роки повномасштабного вторгнення близько 15% виробничих потужностей будівельних матеріалів зазнали руйнувань. У 2023 році спостерігається тенденція до збільшення споживання будівельної продукції та послуг і за результатами року очікується зростання ринку на 25%. При цьому обсяг ринку житлової нерухомості у гривневому еквіваленті залишиться на рівні минулого року, нежитлової нерухомості – зросте на 15%, а інженерних споруд – покаже приріст 40%.

Кардинально змінилася структура попиту на нові об'єкти житлової нерухомості України. Прифронтові регіони зазнали найбільшого падіння обсягів будівництва до майже 90%, центральна частина – зменшення до 70%, а на заході будівництво зросло на 15%, що пов'язано з релокацією бізнесу та внутрішньо переміщених осіб, а також активним розвитком курортної нерухомості у Карпатах. Ринок первинної нерухомості переорієнтувався переважно на захід України. Девелопери в інших регіонах зосереджені здебільшого на закінченні проєктів, розпочатих до березня 2022 року. Наразі більшість інвесторів не наважуються починати нові будівельні проєкти і займають вичікувальну позицію. Найбільш швидкозростаючим сегментом будівництва наразі є відбудова інфраструктури, в першу чергу мостів і об'єктів соціального призначення, за рахунок бюджетних та донорських коштів. Більшість українських інвесторів готуються до відбудови і активно прораховують

вартість будівництва, але очікують закінчення воєнних дій для старту нових проєктів.

Міжнародні фінансові інституції планують залучатися до відбудови і поступово заходять на ринок України. Ключовими критеріями фінансування повоєнного будівництва в Україні будуть прозорість та швидкість реалізації проєктів, тому міжнародні організації вже сьогодні починають налагоджувати партнерство з надійними українськими будівельниками. При цьому у пріоритеті стають компанії, які працюють з європейськими матеріалами та інноваційними технологіями в будівництві [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значний вклад у вирішення проблематики інвестиційно-інноваційного розвитку на рівні підприємств, регіонів та держави в цілому внесли такі вчені, як Куліков О. П. [6], М.І. Крупка, Т.В. Момот, А.А. Пересада, Л.І. Федулова та інші. Серед ґрунтовних публікацій, які присвячені проблемам управління реалізацією інвестиційно-інноваційних (в т. ч., девелоперських) проєктів, варто виділити роботи таких науковців, як: Іванов С. В. [2], Горда О.В., Назаренко І.І. [3], Зянько В. В., Єпіфанова І. Ю. [4], Беленкова О. Ю. [5], Рижаківа Г. М. [6], Трач Р. В. [6], Михайленко В.М. [8].

Проблемам розвитку проєктного фінансування та формуванню цифрових індикаторів присвячені роботи українських і закордонних вчених, таких як Томсен Е. [9], Хірата, С.М., Ліма, Й.С. [10], Салмам Ф.З., Факір М., Ерраттахі Р. [11], Ромеро О., Педерсен Т.Б., Берланга Р., Небот В., Арамбуру М.Й., Сімітсіс А. [12] та інші [15-18].

Останніми роками категорії «інноваційний розвиток», «інноваційний процес» знайшли досить широке відображення у працях таких вітчизняних учених, як С.М. Ілляшенко, А.С. Гальчинський, Н.С. Краснокутська, М.А. Йохна, Л.І. Федулова, та в роботах таких зарубіжних науковців, як Б. Санто, В. Хайдріх, Й. Шумпетер. Аналіз опублікованих праць з цієї проблематики дає змогу говорити, що досі не сформована цілісна система поглядів щодо змісту категорії «інноваційний процес» та його місця в концепті інтегрованої реалізації будівельних проєктів як основа інноваційного розвитку будівельного підприємства. Багаточисельні дослідження вітчизняних і зарубіжних фахівців показали невідворотність інноваційного шляху розвитку економіки. Саме девелопмент, як відносно нова концепція

організації інноваційного процесу в галузі будівництва, вимагає розробки і розвитку адекватних моделей цільового вибору репрезентативних індикаторів діяльності будівельних підприємств, розробки етимології та типології систем економічної діагностики та бізнес-процедур оцінки інноваційного розвитку будівельного підприємства.

**Метою статті** є дослідження економічних та функціонально-операційних імперативів формування господарського портфеля підприємства-девелопера в будівництві в контексті визначення цифрових індикаторів та бізнес-процедур оцінки інноваційного розвитку будівельного підприємства.

**Виклад основного матеріалу.** У світовій економічній літературі «інновація» інтерпретується як перетворення потенційного науковотехнічного прогресу в реальний, що втілюється в нових продуктах і технологіях. Вітчизняними економістами цей термін став активно використовуватися лише в період переходу до ринкової економіки. Причому як самостійно, так і для позначення ряду родинних понять: «інноваційна діяльність», «інноваційний процес», «інноваційне рішення» і т. ін.

Методологія системного опису технологічних інновацій в умовах ринкової економіки базується на міжнародних стандартах, згідно з якими інновація визначається як кінцевий результат науковотехнічної діяльності, що одержав втілення у вигляді нового чи удосконаленого продукту, впровадженого на ринку; нового чи удосконаленого технологічного процесу, котрий використовується в практичній діяльності, або в новому підході до соціальних послуг [16].

Інновації на будівельних підприємствах включають в себе впровадження нових технологій, методів будівництва, матеріалів та організаційних підходів. Це може охоплювати використання сучасних будівельних матеріалів, впровадження енергоефективних технологій, застосування інформаційних систем управління будівельними проектами та багато іншого. Інновації допомагають підприємствам підвищувати продуктивність, зменшувати витрати, підвищувати якість будівельних робіт та відповідати вимогам ринку. Система менеджменту якості є стратегічним інструментом, спрямованим на забезпечення високої якості продукції чи послуг. На будівельних підприємствах вона відіграє важливу роль у керуванні всіма процесами, пов'яза-

ними з будівництвом, від початкового проектування до закінчення будівництва та експлуатації об'єкта.

Аксіологічне уявлення системи – відображення системи в термінах цілей і цільових функціоналів. Цей термін використовують в тих випадках, коли необхідно вибрати підхід до відображення системи на початковому етапі моделювання і протиставити це відображення опису системи в термінах «перерахування» елементів системи і їх безпосереднього впливу друг на друга, тобто каузального уявлення.

Каузальне уявлення системи – опис системи в термінах впливу одних змінних на інші, без вживання понять мети та засобів досягнення цілей. Цей термін походить від поняття "cause" – причина, тобто має на увазі причинно-наслідкові зв'язки. Застосовують каузальне уявлення у разі попереднього опису системи, коли мета відразу не може бути сформульована і для відображення системи або проблемної ситуації не може бути застосоване аксіологічне уявлення.

Розглянемо індуктивний і дедуктивний підходи і покажемо суттєву перевагу системного підходу при моделюванні систем.

*Індукцією* називається спосіб міркування від часткового до загального. При індуктивному підході до моделювання систем модель системи формується за принципом «від часткового до загального», тобто компоненти системи і їх моделі розробляються окремо, незалежно один від одного, а система і її загальна модель формуються шляхом об'єднання окремих моделей в загальну модель системи; при цьому не вдається врахувати взаємозв'язок (взаємозалежність) елементів.

При класичному (індуктивному) підході до моделювання вихідна система розбивається на окремі підсистеми, які розглядаються як відносно незалежні. Для кожної з підсистем вибираються вихідні дані і формується мета моделювання. Кожна з цілей і сукупність даних відображають окремі сторони функціонування системи. Для кожної з підсистем формується часткова модель, яка є компонентою майбутньої загальної моделі. Потім отримані часткові моделі агрегуються (об'єднуються) в загальну модель системи. Таким чином, при формуванні моделі системи на основі класичного підходу виконуються наступні основні операції над моделями: *декомпозиція* і *агрегування*.

Декомпозицією називається поділ (розбиття, розчленування) вихідної системи  $S$  на підсистеми  $S_i, i = 1, 2, \dots, n$ , які не залежать одне від одного як відносно цілей  $P_i(S_i)$ , так і по відношенню до заходів ефективності і  $(P_i(S_i))$ , тобто  $P_i(S_i) \neq P_j(S_j) = 0, i \neq j, i (P_i(S_i)) \cap (P_j(S_j)) = \emptyset, i$ , отже

$$P(S) = \bigcup_{i=1}^n P(x_i).$$

Агрегування – це операція, зворотна декомпозиції, яка полягає в об'єднанні кількох систем  $S_i, i = 1, 2, \dots, n$  в одну загальну систему  $S$ :

$$S = \bigcup_{i=1}^n S_i.$$

Операція агрегування виконується по відношенню до моделей  $M_i$ :

$$M = \bigcup_{i=1}^n M_i.$$

При агрегування систем функція ефективності визначається наступним чином:  $Min = \sum_{i=1}^n i$  [3].

Для здійснення оцінювання впливу інноваційного розвитку будівельного підприємства

на підсумкову продуктивність його операційної системи (у складі середовища реалізації проєктів будівництва), слід чітко вирізнити провідні етапи циклу інноваційного розвитку зазначеного підприємства (табл. 1).

Інновації та система менеджменту якості на будівельних підприємствах взаємопов'язані і взаємодоповнюють один одного. Інновації можуть впроваджуватись з метою покращення процесів будівництва та підвищення якості продукції. Система менеджменту якості в свою чергу забезпечує контроль якості на всіх етапах виробництва та управління якістю продукції.

Наприклад, впровадження нових технологій будівництва може вимагати перегляду та модернізації процесів контролю якості. Застосування енергоефективних рішень може потребувати додаткових вимог до якості матеріалів та методів монтажу. Система менеджменту якості допомагає впроваджувати ці інновації системно та забезпечувати відповідність вимогам якості.

Моделювання руху організації у проєктному середовищі (рис. 1) є важливим

**Таблиця 1. Основі змістовно-операційні етапи циклу інноваційного розвитку будівельного підприємства (БП) [розроблено М. Мудрою]**

№ з/п	Найменування етапу	Зміст етапу
1	Дослідження та аналіз сегменту ринку, охопленого БП	на цьому етапі підприємство визначає потреби ринку, досліджує конкурентів та їх продукти, аналізує тенденції розвитку галузі.
2	Розробка та впровадження інноваційної ідеї (проєкту інноваційного розвитку)	підприємство розробляє нову продукцію, послугу чи технологію, проводить тестування та адаптацію ідеї під вимоги ринку
3	Маркетинг і просування:	Змістом цього етапу для БП є суттєве оновлення маркетингової стратегію, розробка плану просування продукту БП (послуг) на певному сегменті ринку, проведення рекламних заходів щодо подальшого ознайомлення нових замовників з продуктом (послугами) даного БП щодовиконання будівельних спеціалізованих робіт та послуг в девелоперських проєктах.
4	Виробництво та впровадження:	Підприємство розпочинає надання оновленої (з позицій досвіду власної операційної діяльності) номенклатури робіт та послуг, запускає на ринок, навчає персонал, проводить маркетингові акції
5	Стратегічний контроль проєкту (циклу) інноваційного розвитку та вжиття коригуючих заходів	Оцінка операційних результатів від вжитих на даному БП заходів щодо інноваційного розвитку та наступне коригування цих заходів – БП опрацьовує результати роботи, оцінює ефективність інновацій, вносить корективи у стратегію розвитку, проводить регулярні поліпшення покращення (реіндінгінг, модернізацію) на основі зворотного зв'язку від замовників – фактичних та потенційних цільових споживачів робіт та послуг даного БП.
6	Масштабування	За умови прийняття впроваджених заходів інноваційного розвитку на даному БП в якості успішних, підприємству доцільно перейти до масштабування виробництва, розширення асортименту, збільшення частки на ринку та проникнення на нові ринки.

інструментом для розуміння та аналізу динаміки діяльності організації під час виконання проектів. Це підходить в основному для проектно-орієнтованих компаній, де кожен проект може мати власні унікальні особливості та вимоги, які можливо визнати як концептуальні складові процесного підходу: моделювання процесів; аналіз ефективності; оптимізація ресурсів; прогнозування результатів; вдосконалення процесів. А саме:

– організація проекту складається з різних процесів, які взаємодіють між собою. Моделювання руху організації дозволяє створити детальні моделі цих процесів, відображаючи послідовність подій, залежності між ними та розподіл ресурсів.

– аналіз ефективності шляхом моделювання руху організації дозволяє ідентифікувати можливі проблемні ситуації, затримки та ризики заздалегідь і приймати вчасні заходи для їх вирішення.

– оптимізація ресурсів таких як: людські, фінансові та матеріальні, для досягнення найкращих результатів у проекті допомагає уникнути перевитрат та забезпечити оптимальне використання ресурсів.

– прогнозування результатів з урахуванням різних сценаріїв та умов дозволяє управлінням приймати обґрунтовані рішення щодо ресурсного забезпечення та стратегій виконання проекту.

– вдосконалення процесів дозволяє виявляти слабкі місця та можливості, що сприяє постійному покращенню діяльності організації та забезпечує її конкурентоспроможність на ринку.

Інноваційний розвиток в процесі моделювання руху організації в будівництві може бути визначений через кілька ключових критеріїв: впровадження нових технологій; підвищення продуктивності та ефективності; створення нових методів та стратегій; розвиток нових продуктів та послуг. Управління будівельною компанією на основі принципів, закладених в останній версії стандартів ISO, дає керівництву будівельного підприємства реальні інструменти впливу на всі фактори забезпечення конкурентоспроможності будівельного підприємства (рис. 2) [6].

Проектне середовище в будівництві є комплексним та унікальним середовищем, яке вимагає специфічних стратегій та підходів для ефективного управління та успішного завершення будівельних проектів.



Рис. 1. Основні етапи моделювання [3, с. 114]

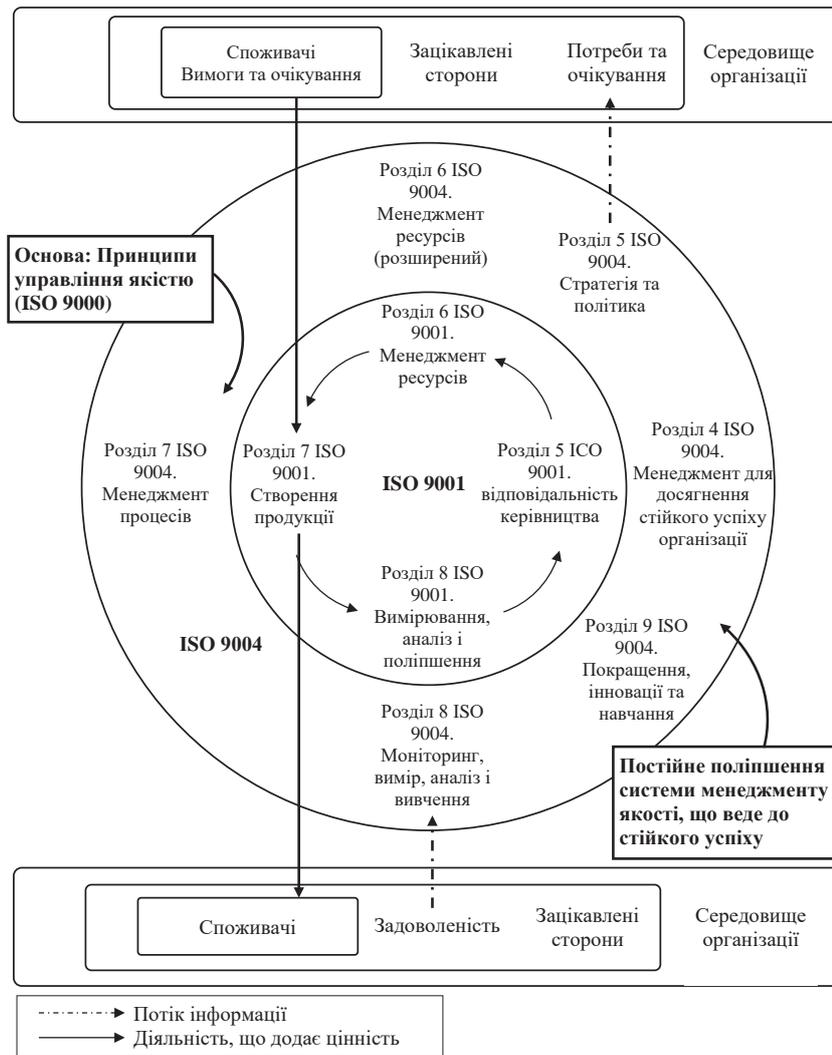


Рис. 2. Агрегована модель процесного управління інноваційним розвитком та базових імперативів управління якістю на сучасних будівельних підприємствах [6]

Агрегована модель процесного управління інноваційним розвитком підприємства в будівництві є комплексним підходом, який об'єднує методології управління процесами та інноваційним розвитком з метою покращення ефективності, якості та конкурентоспроможності будівельних підприємств. Ця модель базується на ідеї впровадження системного підходу до управління, де кожен процес інтегрується в загальну систему з метою досягнення стратегічних цілей та задоволення потреб ринку. Принцип інтегрованого підходу передбачає тісне співробітництво між різними учасниками будівельного процесу, такими як архітектори, інженери, конструктори, замовники та підрядники, ще на ранніх етапах проектування. Це дозволяє враховувати всі

аспекти будівництва під час розробки концепції проекту та уникнути непорозумінь і конфліктів під час його виконання. Інтегрований підхід в управлінні інноваційним розвитком організації передбачає поєднання різних аспектів та компонентів з метою забезпечення комплексного та системного підходу до процесу інноваційної діяльності. Рішення про впровадження інновацій вимагає порівняльного аналізу ефективності інвестицій, оцінки ризиків та можливих втрат. Такі ризики, як недосягнення прогнозованих обсягів та цін на нову продукцію, збільшення термінів реалізації інноваційного проекту, можуть впливати на фінансові результати підприємства.

Зазначені характеристики слід опрацювати з методичних позицій врахування

об'єктно-суб'єктних відносин на будівельному підприємстві (БП), зокрема щодо входів та виходів циклу інноваційного розвитку для БП:

– входами є перебіг процесів (заходів) в складі проекту інновацій;

– виходами є зміни в структурі компонент операційної системи БП та в її результативності (ресурсовіддачі).

Для опису операційної діяльності компанії F1 необхідно визначити множину внутрішніх параметрів:

$$R = \{r_k\}, k = \overline{1, K} \quad (1)$$

де  $R$  множина внутрішніх параметрів операційної діяльності компанії,  $r_k$  внутрішній  $k$ -параметр операційної діяльності компанії, впливу,  $K$  загальна кількість внутрішніх параметрів.

Споживчі властивості одержуваного продукту описуються:

$$Y = \{y_l\}, l = \overline{1, L} \quad (2)$$

де  $Y$  множина споживчих властивостей готового будівельного продукту (товару/роботи/послуги),  $y_l$  споживча  $l$  властивість продукту,  $L$  загальна кількість споживчих властивостей готового будівельного продукту.

Процеси інновації  $F_2$  на всіх стадіях життєвого циклу продукції визначаються множиною:

$$S = \{s_p\}, p = \overline{1, P} \quad (3)$$

де  $S$  множина інноваційних процесів,  $p$  процес, який може впливати на операційну діяльність підприємства,  $P$  загальна кількість інновацій, яка може бути застосована для впливу на операційну діяльність підприємства.

Проектне середовище в будівництві – це комплекс умов, факторів та процесів, які характеризуються особливими умовами виконання будівельного проекту. Це специфічна обстановка, яка виникає в ході планування, розробки, виконання та завершення будівельних робіт. Основні риси проектного середовища в будівництві включають:

*Тимчасовість:* Будівельний проект має чітко визначений початок і кінець, тому що його виконання зазвичай є тимчасовою діяльністю. Проектне середовище у будівництві відрізняється від постійних операційних середовищ, оскільки воно існує лише на час реалізації проекту.

*Комплексність і складність:* Будівельні проекти зазвичай мають складну структуру і включають в себе велику кількість різних етапів та процесів. Проектне середовище характеризується великою кількістю зацікавлених сторін, різноманітним видами робіт та іншими складнощами, які виникають у зв'язку з реалізацією будівельного проекту.

*Необхідність управління ризиками:* Будівництво пов'язане з ризиками, пов'язаними з такими факторами, як погодні умови, зміни

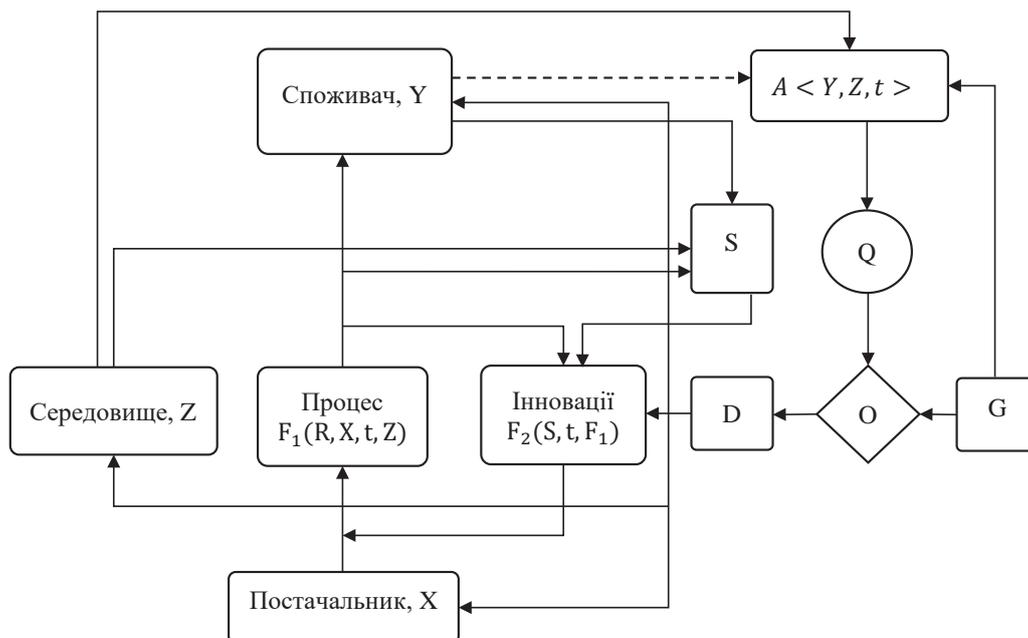


Рис. 3. Структурна модель процесного управління інноваційним розвитком підприємства [6]

у вимогах замовника, технічні проблеми тощо. Проектне середовище вимагає ефективного управління цими ризиками для забезпечення успішного завершення проекту.

*Необхідність співпраці та координації:* У будівництві беруть участь різні учасники, такі як архітектори, інженери, підрядники, постачальники тощо. Проектне середовище вимагає ефективної співпраці та координації між усіма учасниками проекту для досягнення поставлених цілей.

*Зміна умов та вимог:* У будівництві часто змінюються умови та вимоги до проекту під час його реалізації. Проектне середовище потребує гнучкості та адаптивності для врахування таких змін і забезпечення відповідного реагування на них.

Інтегрований підхід передбачає систематичне управління всіма етапами життєвого циклу інноваційного процесу, включаючи стадії розробки ідеї, впровадження та масштабування інновацій. Застосування інноваційних методів управління ризиками впровадження будівельних проектів дозволяє ефективно виявляти, оцінювати та керувати ризиками, що можуть виникнути під час реалізації проекту, зменшити ймовірність негативних наслідків та забезпечити успішне завершення проектів, а саме:

– Використання аналітичних технологій та штучного інтелекту (AI) для аналізу великих обсягів даних допомагає ідентифікувати потенційні ризики та передбачити їхні наслідки. Системи штучного інтелекту можуть автоматично виявляти патерни та тенденції в ризиках на основі історичних даних та інших факторів, що дозволяє розробляти більш точні стратегії управління ризиками.

– Використання блокчейн технологій для створення безпечних та надійних систем управління ризиками, які забезпечують відстеження та підтвердження даних про ризики та заходи управління ризиками. Це може допомогти уникнути маніпуляцій та фальсифікації інформації та забезпечити прозорість управління ризиками.

– Впровадження динамічних моделей ризиків, що забезпечують можливість врахування змін у проектних умовах та середовищі під час реалізації проекту. Це дозволяє реагувати на нові ризики та змінювати стратегії управління ризиками в реальному часі, забезпечуючи адаптивність та гнучкість управління ризиками.

– Використання цифрових платформ та інтегрованих систем управління ризиками, які дозволяють централізовано збирати, аналізувати та візуалізувати інформацію про ризики з різних джерел. Це дозволяє забезпечити доступність та зрозумілість інформації для всіх учасників проекту та підвищити ефективність управління ризиками.

– Створення симуляційних моделей та прогностичних аналізів як віртуальні експерименти з різними стратегіями управління ризиками та оцінювати їх ефективність перед їхнім впровадженням на практиці. Прогностичні аналізи дозволяють передбачати можливі сценарії розвитку подій та їхні впливи на проект, що дозволяє планувати відповідні стратегії управління ризиками.

*Креативні технології управління проектами та програмами* представляють собою інноваційні підходи, методи та інструменти, що використовуються для досягнення ефективного управління проектами та програмами з акцентом на творчість, інновації та адаптивність. Ось деякі з них:

*Design Thinking* (Дизайн-мислення): Цей підхід базується на ідеї розглядання проблеми з точки зору користувача та зосередження на пошуку креативних та інноваційних рішень. Дизайн-мислення сприяє розвитку новаторських ідей та розробці унікальних рішень управління проектами. Design Thinking – це методологія розв'язання проблем, яка зосереджена на створенні інноваційних та емпатичних рішень, спираючись на потреби та відчуття користувачів. Вона може бути успішно застосована у будівництві для створення просторових рішень, дизайну інфраструктури та покращення якості життя в будівлях.

*Agile Project Management* (Гнучке управління проектами): Цей підхід передбачає ітеративний та інкрементальний процес розробки, який дозволяє швидко адаптуватися до змінних вимог та умов. Гнучке управління проектами сприяє збільшенню прозорості, співпраці та швидкості виконання проектів. Agile Project Management – це підхід до управління проектами, який базується на принципах Agile-методологій, таких як Scrum, Kanban, та інші. Цей підхід орієнтований на гнучкість, швидкість та здатність швидко адаптуватися до змін, що є особливо важливим у сфері будівництва, де зміни можуть бути частими та непередбачуваними.

*Lean Project Management* -це використання принципів японської методології Lean (ощадливе виробництво): Цей підхід спрямований на максимізацію ефективності та мінімізацію витрат шляхом усунення зайвих процесів та ресурсів. Ощадливе управління проектами стимулює створення значущих результатів при мінімальних витратах. У будівництві, де часто зустрічаються зміни, неочікувані обставини та високі вимоги до ефективності, *Lean Project Management* може бути корисним для оптимізації процесів, зниження витрат та підвищення якості проектів.

*Design Sprint* – це інтенсивний творчий процес, який дозволяє команді швидко створити та протестувати інноваційні ідеї та рішення. Дизайн-спринт сприяє швидкому прототипуванню, валідації та вдосконаленню ідей проекту. *Design Sprint* – це методологія швидкого та інтенсивного розроблення продукту або рішення, розроблена співробітниками Google Ventures. Хоча вона спочатку була призначена для розробки програмного забезпечення та цифрових продуктів, вона також може бути успішно застосована у будівництві для вирішення різноманітних завдань, пов'язаних з проектами.

*Scrum*-методологічний підхід базується на ітеративному та інкрементальному розробленні, де робочий процес розділяється на короткі ітерації, відомі як «спринти». *Scrum* сприяє зосередженню на постійному вдосконаленні та управлінні ризиками, що дозволяють командам швидко адаптуватися до змін у вимогах та умовах проекту.

Використання *технології блокчейн* для управління проектами та програмами може забезпечити безпеку, прозорість та автоматизацію процесів, зокрема в областях управління контрактами, фінансами та логістикою. Використання технології блокчейн у будівництві може відкривати ряд можливостей для покращення та оптимізації процесів у цій галузі. Потенційні напрями застосувань технології блокчейн у будівництві: управління ланцюгом постачання; створення "розумних" контрактів, які автоматично виконуються при

виконанні певних умов; розробка спільних баз даних, які забезпечують доступ до актуальних даних проекту для всіх учасників; відстеження власності та прав на нерухомість.

**Висновки.** Інноваційний розвиток та система менеджменту якості є важливими складовими успішної діяльності будівельних підприємств. Вони сприяють підвищенню ефективності, зменшенню витрат та підвищенню конкурентоспроможності. Взаємодія між цими двома аспектами дозволяє підприємствам не лише відповідати сучасним вимогам, але й забезпечувати стале зростання у майбутньому.

Моделювання руху організації у проектному середовищі допомагає зрозуміти, як ефективно керувати проектами, оптимізувати використання ресурсів та досягати поставлених цілей у найкращий спосіб. Основні складові агрегованої моделі процесного управління інноваційним розвитком підприємства в будівництві включають: аналіз потреб ринку, конкурентної обстановки та внутрішніх ресурсів підприємства для розробки стратегій інноваційного розвитку; розробку, впровадження та контроль інноваційних проектів та ініціатив, спрямованих на покращення продуктів, послуг, технологій та процесів будівництва; впровадження системи управління якістю, яка забезпечує стабільність та високу якість виробничих процесів і продукції; оптимізацію використання ресурсів, таких як людські, фінансові, матеріальні та інші, з метою забезпечення ефективності та ефективності виробничих процесів; моніторинг та аналіз результатів роботи, аналіз відхилень від поставлених цілей та прийняття коригуючих заходів для досягнення стратегічних цілей.

Агрегована модель процесного управління інноваційним розвитком підприємства в будівництві сприяє створенню гнучкої, ефективно та конкурентоспроможної організації, яка в змінному середовищі може швидко адаптуватися та досягати належного рівня економічного розвитку підприємств-стейкхолдерів в оновленому форматі будівельного девелопменту.

### Література

1. Тенденції будівельного ринку України під час воєнного стану [https://propertytimes.com.ua/tendentsiyi\\_budivelnogo\\_rinku\\_ukrayini\\_pid\\_chas\\_voennogo\\_stanu](https://propertytimes.com.ua/tendentsiyi_budivelnogo_rinku_ukrayini_pid_chas_voennogo_stanu)
2. Іванов С. В. Будівельна галузь як один з векторів розвитку України: стан, практика та перспективи: монографія; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2020. 264 с
3. Горда О.В., Назаренко І.І. Моделювання систем. К.: КНУБА, 2020. 174с.
4. Зянько В. В., Єліфанова І. Ю. Інноваційна діяльність підприємств та її фінансове забезпечення в умовах трансформаційних змін економіки України: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2015. 172 с.

5. Беленкова О. Ю. Теоретичні підходи до забезпечення стратегічної конкурентоспроможності підприємств на базі сталого розвитку. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 42. С. 153 – 158; dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.42.153-158.
6. Куліков О. П. Діагностика стану бізнес-процесів підприємства: базові імперативи поліпшення якості менеджменту. *Управління розвитком складних систем*. 2020. № 42. С. 176 – 183; dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.42.176-183.
7. Рижаківа Г. М. Моделі цільового вибору репрезентативних індикаторів діяльності будівельних підприємств: етимологія та типологія систем діагностики. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 32. С. 159 – 165.
8. Трач Р. В. Інформаційне моделювання та концепція інтегрованої реалізації будівельних проєктів як основа інноваційного розвитку будівельного підприємства. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 31. С. 173 – 178.
9. Viktor Mihaylenko, Tetyana Honcharenko, Khrystyna Chupryna, Yurii Andrashko, Svitlana Budnik, Modeling of Spatial Data on the Construction Site Based on Multidimensional Information Objects in 'International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)', ISSN: 2249-8958 (Online), Volume-8 Issue-6, August 2019, Page No. 3934-3940. URL: <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F9057088619.pdf>
10. Thomsen E. OLAP Solution: Building Multidimensional Information System. NY, Wiley Computer Publishing, 2002, 688 p.
11. Hirata, C.M., Lima, J.C. Multidimensional cyclic graph approach: representing a data cube without common sub-graphs. *Information Sciences*, 2011, Vol. 181, P. 2626–2655, DOI: 10.1016/j.ins.2010.05.0
12. Salmam F.Z., Fakir M., Errattahi R. Prediction on OLAP data cubes. *Journal of Information & Knowledge Management*. 2016. Vol. 15. No. 2. P. 449–458. DOI:10.1142/S0219649216500222
13. Fu L.: Efficient evaluation of sparse data cubes. In: Li Q., Wang G., Feng L. *Advances in Web-Age Information Management*, vol. 3129 – WAIM 2004. Heidelberg, Springer, 2004. P. 336–345. DOI: 10.1007/978-3-540-27772-9\_34
14. Romero O., Pedersen T.B., Berlanga R., Nebot V., Aramburu M.J., Simitsis A.: Using semantic web technologies for exploratory OLAP: A survey. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2015. Vol. 27. No.2. P. 571–588. DOI: 10.1109/TKDE.2014.2330822
15. Nikolaiev V.P., Hryhorovskiy P.Ye., Khyzhniak V.O., Ryzhakova G.M., Bielienskova O.Yu., Molodid O.S. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p.
16. Лівінський О.М., Єсипенко А.Д., Зельцер Є.Р., Беленкова О.Ю. Економіка будівництва: навч. посібник. Київ: «Видавництво Людмила», 2019. 224 с.
17. Савенко В.І., Савенко С.С., Доценко С.І. та ін. Конкурентоспроможність будівельної організації – основа виживання економіки: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 128 с.
18. Лівінський О.М., Савенко В.І. та ін. Менеджмент якості в будівництві та виробничі організаційні системи: монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 230 с.

### References

1. Tendentsii budivelnogo rynku Ukrainy pid chas voiennoho stanu [Trends in the construction market of Ukraine during martial law] [https://propertytimes.com.ua/tendentsiyi\\_budivelnogo\\_rinku\\_ukrayini\\_pid\\_chas\\_voennogo\\_stanu](https://propertytimes.com.ua/tendentsiyi_budivelnogo_rinku_ukrayini_pid_chas_voennogo_stanu)
2. Ivanov, S. V. (2020) Budivelnna haluz yak odyin z vektoriv rozvytku Ukrainy: stan, praktyka ta perspektyvy [Construction industry as one of the vectors of Ukraine's development: state, practice and prospects]: monohrafiia; NAN Ukrainy, In-ekonomiky prom-sti. Kyiv, 2020. 264 p
3. Horda O.V., Nazarenko I.I. Modeliuvannia system [Modeling of systems]. K.: KNUBA, 2020. 174 p.
4. Zianko V. V., Yepifanova I. Yu. Innovatsiina diialnist pidpriemstv ta yii finansove zabezpechennia v umovakh transformatsiinykh zmin ekonomiky Ukrainy [Innovative activity of enterprises and its financial support in the conditions of transformational changes in the economy of Ukraine]: monohrafiia. Vinnytsia : VNTU, 2015. 172 s.
5. Bielienskova O. Yu. Teoretychni pidkhody do zabezpechennia stratehichnoi konkurentospromozhnosti pidpriemstv na bazi staloho rozvytku [Theoretical approaches to ensuring strategic competitiveness of enterprises on the basis of sustainable development]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. 2020, № 42, S. 153 – 158; dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.42.153-158.
6. Kulikov O. P. Diahnostyka stanu biznes-protsesiv pidpriemstva: bazovi imperatyvy polipshennia yakosti menedzhmentu [Diagnosis of the state of business processes of enterprise: basic imperatives for improving the quality of management]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. 2020, № 42, 176 – 183; dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2020.42.176-183.
7. Ryzhakova, Galyna, Prykhodko, Dmitry, Predun, Konstantin, Lugyna, Tatyana, Koval, Timur. (2017). Modeli tsilovoho vyboru reprezentatyvnykh indyktoriv diialnosti budivelnnykh pidpriemstv: etymolohiia ta typolohiia system diahnostyky [Models of target selection of representative indicators of activities of construction enterprises: the etymology and typology of systems of diagnostics]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 2017, 32,159 – 165.
8. Trach, Roman, Ryzhakova, Galyna, Kryzhanovsky, Viktor. Informatsiine modeliuvannia ta kontsepsiia intehrovanoi realizatsii budivelnnykh proektiv yak osnova innovatsiinoho rozvytku budivelnogo pidpriemstva [Information modeling and integrated management of the construction projects as the basis for innovative development of construction enterprise]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. 2017, 31, 173 – 178.
9. Mihaylenko, Viktor, Honcharenko, Tetyana, Chupryna, Khrystyna, Andrashko, Yurii, Budnik, Svitlana, (2019). Modeling of Spatial Data on the Construction Site Based on Multidimensional Information Objects. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 8, 6, 3934 – 3940. URL: <https://www.ijeat.org/wp-content/uploads/papers/v8i6/F9057088619.pdf>
10. Thomsen, E. (2002). OLAP Solution: Building Multidimensional Information System. NY, Wiley Computer Publishing, 688.
11. Hirata, C.M., Lima, J.C. (2011). Multidimensional cyclic graph approach: representing a data cube without common sub-graphs. *Information Sciences*, 181, 2626–2655. DOI: 10.1016/j.ins.2010.05.0
12. Salmam, F.Z., Fakir, M., Errattahi, R. Prediction on OLAP data cubes. *Journal of Information Knowledge Management*, 2016, 15, 2, 449 – 458. DOI: 10.1142/S0219649216500222
13. Fu, L. Efficient evaluation of sparse data cubes. *Advances in Web-Age Information Management*, 2004, 336–345. DOI: 10.1007/978-3-540-27772-9\_34
14. Romero, O., Pedersen, T.B., Berlanga, R., Nebot, V., Aramburu, M.J., & Simitsis, A. Using semantic web technologies for exploratory OLAP: A survey. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2015, 27, 2, 571–588. DOI: 10.1109/TKDE.2014.2330822
15. Nikolaiev V.P., Hryhorovskiy P.Ye., Khyzhniak V.O., Ryzhakova G.M., Bielienskova O.Yu., Molodid O.S. Technical and economic aspects of real estate properties: collective monograph. Lviv-Toruń: Liha-Pres, 2019. 124 p.

16. Livinskyi O.M., Yesypenko A.D., Zeltser Ye.R., Bielienskova O.Iu. Ekonomika budivnytstva [Economics of construction]: navch. posibnyk. Kyiv: «Vydavnytstvo Liudmyla», 2019. 224 p.
17. Savenko V.I., Savenko S.S., Dotsenko S.I. ta in. Konkurentospromozhnist budivnoi orhanizatsii – osnova vyzhvannia ekonomiky [Competitiveness of the construction organization is the basis of economic survival]: monohrafiia. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 2017. 128 p.
18. Livinskyi O.M., Savenko V.I. ta in. Menedzhment yakosti v budivnytstvi ta vyrobnychi orhanizatsiini systemy [Quality management in construction and production organizational systems]: monohrafiia. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 2018. 230 p.

## FORMATION OF DIGITAL INDICATORS AND BUSINESS PROCEDURES FOR ASSESSING THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTION ENTERPRISE

**Abstract.** *The article presents the theoretical and methodological results of the study aimed at thoroughly covering the key aspects of the modern concept of innovative development and quality management of construction industry enterprises, the basics of a systematic approach to managing innovation activities and the content of key provisions of creative project and program management technologies in order to model the movement of an organization in a project-oriented construction environment. The authors consider the basic principles and methods of modeling processes in an organization aimed at improving the efficiency of project management and optimizing the use of resources. The article analyzes the role of innovative approaches in modeling the organization's movement, including the use of the latest technologies, such as artificial intelligence and blockchain, as well as integrated risk management systems and simulation models. The advantage of the process approach is to ensure continuous monitoring of the links of individual processes within the system, as well as their interrelationships. It is substantiated that this approach is used in the system of managing the innovative development of an enterprise and emphasizes the importance of understanding the requirements, creating added value, evaluating efficiency and continuous improvement of processes based on objective measurements. The content and hierarchy of parameters and the calculation and analytical basis of economic and mathematical models are subordinated to the peculiarities of the operating system of a construction enterprise, the requirements of the construction project environment and the peculiarities of the investment cycle, which creates the appropriate prerequisites for assessing the innovative development and quality of management of a construction enterprise as a stakeholder (interested party) of a construction project. The model creates appropriate grounds for transforming the results of a formalized assessment of the managerial, production, resource and property, and financial potential of an enterprise. The conclusions of the article confirm the importance of introducing innovative management methods to improve the efficiency and successful implementation of construction projects in modern conditions.*

**Key words:** *construction enterprise, economic behavior of the organization, project environment, innovative development.*

### **Mudra M.S.**

Postgraduate Student at the Department of Management in Construction,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### **Krychevska Yu.V.**

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### **Zaichuk S.V.**

Teacher at the Department of Management in Construction,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### **Druzhynin M.A.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Civil Engineering and Information Technology,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### **Khomenko O.M.**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Management in Construction,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

УДК 330:338.24.021.8

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2023.43.14>**Плис Н.В.**

аспірантка кафедри менеджменту в будівництві

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ORCID ID: 0000-0002-9796-1152

**НАУКОВА ГІПОТЕЗА ЯК ВИХІДНА ПЕРЕДУМОВИ УСПІШНОГО ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ПІДПРИЄМСТВА-СТЕЙКХОЛДЕРА В ОПЕРАЦІЙНОМУ ЦИКЛІ ДПП**

***Анотація.** Наукова гіпотеза є ключовим елементом у вирішенні завдань підприємства-стейкхолдера в операційному циклі державно-приватного партнерства (ДПП). Ця дослідницька робота спрямована на аналіз ролі наукових гіпотез у досягненні успіху у процесі взаємодії підприємств з різними зацікавленими сторонами в рамках ДПП.*

*Дослідження базується на теоретичних підходах до розуміння поняття наукової гіпотези та її ролі в наукових дослідженнях та прийнятті рішень. Використовуються методи аналізу та синтезу наукової літератури, а також емпіричні дані для підтвердження гіпотези.*

*Результати дослідження вказують на те, що наукова гіпотеза є важливою передумовою для успішного вирішення завдань підприємства-стейкхолдера в операційному циклі ДПП. Формулювання чіткої гіпотези дозволяє чітко визначити проблему або гіпотетичну ситуацію, а також встановити перспективні напрями дослідження.*

*Крім того, використання наукової гіпотези сприяє покращенню стратегічного планування та управління ресурсами підприємства-стейкхолдера. Вона дозволяє ефективно використовувати наявні ресурси та визначити оптимальні шляхи досягнення поставлених цілей.*

***Ключові слова:** Наукова гіпотеза, підприємство-стейкхолдер, державно-приватне партнерство (ДПП), вирішення завдань, стейкхолдерська модель, будівельний кластер.*

**Постановка проблеми.** Основною метою дослідження є виявлення та аналіз проблематики, пов'язаної з роллю наукової гіпотези у вирішенні завдань підприємства-стейкхолдера в операційному циклі державно-приватного партнерства (ДПП). Незважаючи на важливість наукових гіпотез у плануванні та реалізації стратегій участі в ДПП, існують певні проблеми, які ускладнюють їхнє використання та можуть вплинути на успішність співпраці між підприємствами та стейкхолдерами. Серед таких проблем можуть бути недостатня ясність у формулюванні гіпотез, недостатня обґрунтованість та відсутність достатніх доказів їхньої правдоподібності. Крім того, важливим аспектом є відсутність методологічних підходів до розробки та перевірки наукових гіпотез в контексті ДПП. Такі проблеми можуть ускладнювати процеси прийняття рішень та спричиняти неефективність у вирішенні завдань, що ставить під загрозу успішність участі підприємства-стейкхолдера в операційному циклі ДПП.

**Виклад основного матеріалу.** Наукові гіпотези є основою наукових досліджень і важли-

вим інструментом для вирішення проблем підприємства. Гіпотези – це передбачення або припущення, зроблені на основі спостережень, аналізу даних, літератури та інших джерел інформації. Вони перевіряються за допомогою експериментів і додаткових досліджень, щоб підтвердити або спростувати їх. Важливо, що науково обґрунтовані гіпотези слугують відправною точкою для успішного вирішення питань зацікавлених сторін у бізнес-циклі державного приватного партнерства (ДПП). Розглянемо кілька аргументів на користь використання наукових гіпотез у сфері ДПП.

Перш за все, варто зазначити, що гіпотези забезпечують чітке розуміння проблеми. Це пов'язано з тим, що чітко сформульована гіпотеза дозволяє всім учасникам ДПП зрозуміти суть проблеми, яку необхідно вирішити. Гіпотези спрямовують дослідницьку діяльність, окреслюючи коло питань, на які потрібно відповісти, і зосереджуючи ресурси на пошуку відповідей. Гіпотези також заохочують генерування нових ідей, сприяють творчому мисленню та генерують нові підходи до

вирішення проблем. Використання наукових гіпотез для розв'язання нових проблем також дозволяє перевірити нові ідеї. Це означає, що здійсненність нових концепцій і теорій може бути оцінена на практиці, що веде до більш успішного прийняття рішень, оскільки на основі зібраних даних можуть бути прийняті обґрунтовані рішення.

Варто зазначити, що кожна гіпотеза підтверджується прикладами успішних ДПП, де для розробки оптимальної структури державного приватного партнерства були використані науково обґрунтовані гіпотези. Визначення оптимального розподілу ризиків та відповідальності між учасниками допомагає підвищити рівень успішності вирішення завдань з мінімальними втратами та максимізацією результатів [1]. На рисунку 1 представлено ключові елементи оцінки успішного функціонування проектів ДПП, які опираються на наукові гіпотези.

Окрім оцінки результативності проекту, моніторинг також допомагає відстежувати хід реалізації та вносити необхідні корективи для покращення результатів проекту та діяльності підприємства. Моніторинг допомагає вчасно виявити та запобігти негативним факторам і вчасно їх стабілізувати. Таким чином, наукові гіпотези є цінним інструментом для компаній-зацікавлених сторін для успішного вирішення проблем в операційному циклі ДПП.

Розглянемо також детально поняття підприємство-стейкхолдер. В загальному розумінні, підприємства-стейкхолдери являють собою підприємства, які мають інтерес чи

зацікавленість у діяльності певної компанії або організації [2].

Інша інтерпретація цього поняття полягає в тому, що стейкхолдер – це фізична, юридична особа або неформальна група, чії дії, поведінка або рішення можуть вплинути на інтереси та процеси компанії. Це можуть бути різні типи та форми власності, такі як корпорації, приватні компанії, державні органи, неприбуткові організації тощо. Стейкхолдери – це суб'єкти, які впливають на діяльність компанії або перебувають під її впливом, наприклад, клієнти, постачальники, інвестори, конкуренти, державні органи, працівники, громадські організації тощо. Врахування інтересів різних стейкхолдерів є важливим аспектом управління та розвитку підприємства, оскільки допомагає підтримувати стабільні відносини та досягати спільних цілей.

Концепція теорії взаємодії компанії зі стейкхолдерами є важливим елементом їх діяльності. По праву її можна назвати теорією, яка узгоджує інтереси всіх зацікавлених сторін. Ця теорія є запорукою успіху будь-якої компанії, яка піддається впливу різних сил, таких як держава, ринок, корупція, банди та суспільство. Процес взаємодії між компанією та її стейкхолдерами вимагає особливої уваги до підтвердження взаємних очікувань і поведінки та запобігання можливим ризикам, як показано на рис. 2.

Діяльність компанії, спрямована на створення можливостей для діалогу між компанією та однією або кількома її зацікавленими сторонами та їх відображення в процесі при-

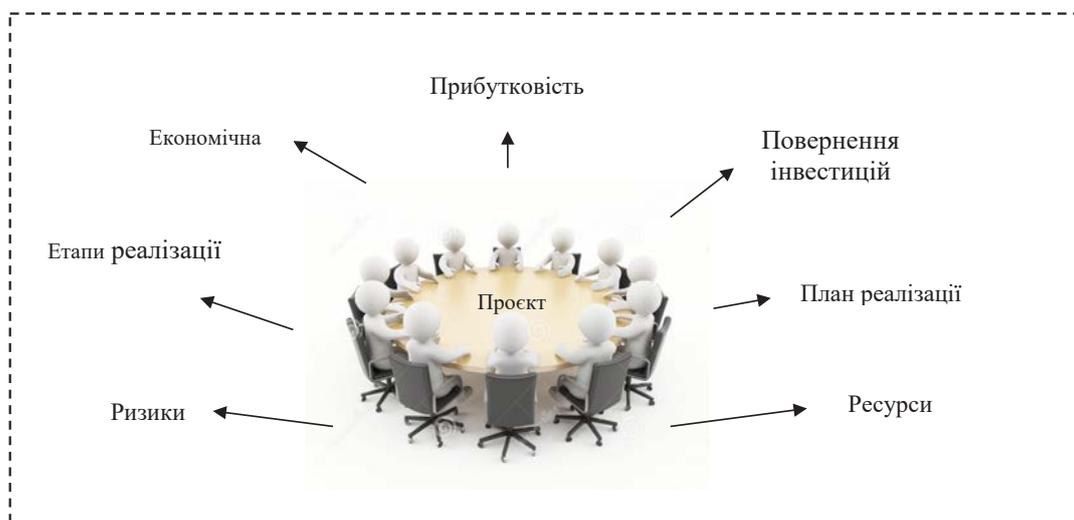


Рис. 1. Складові елементи для оцінки ефективного функціонування проекту ДПП



Рис. 2. Структура взаєморозуміння та взаємодії між компанією та її зацікавленими сторонами

йняття корпоративних рішень називається класифікацією стейкхолдерів. Їх класифікація є передумовою для побудови моделі діалогу з ними. Так, одним із підходів до аналізу різних стейкхолдерів є поділ їх на зовнішні групи (покупці, посередники, партнери, інвестори, постачальники, органи влади тощо) та внутрішні групи (власники, акціонери, менеджмент, персонал). У роботі [12] зазначається, що відповідні аспекти взаємовідносин формуються групами стейкхолдерів:

– Інтровертний аспект взаємовідносин характеризує наявну ключову здатність компанії досягати встановлених цілей маркетингу взаємовідносин порівняно з конкурентами, внутрішній аспект взаємовідносин Це значною мірою контрольована серія взаємопов'язаних і взаємозалежних взаємодій між персоналом та акціонерами/власниками, спричинених комунікацією (внутрішніми відносинами);

– Екстравертний аспект взаємовідносин – це значною мірою неконтрольована послідовність взаємодій між компанією та її партнерами і громадськістю, з якими для досягнення бажаних цілей маркетингу взаємовідносин (зовнішніх зв'язків) компанія повинна співвідноситися, впливати на них і спонукати до дії, щоб досягти бажаних цілей маркетингу взаємовідносин. Характеризує готовність і здатність компанії встановлювати з ними зв'язки, впливати на них і мотивувати їх до

дій для досягнення бажаних цілей маркетингу взаємовідносин.

Для того, щоб організувати процес взаємодії зі стейкхолдерами та забезпечити високий рівень залучення стейкхолдерів до планування та реалізації конкретних дій, необхідно дотримуватися наступних принципів, зображених на рисунку 3 [16].

У міжнародному досвіді країн до стейкхолдерів компаній відносять як зовнішні, так і внутрішні зацікавлені сторони. До них належать постачальники, кінцеві покупці товарів, посередники, інвестори, кредитори, працівники, топ-менеджмент, менеджмент середньої ланки та засновники, а також представники органів влади різних рівнів (регіонального та муніципального) і всі соціальні суб'єкти та інститути, що впливають на діяльність компанії (рис. 4).

Важливо зазначити, що групи зацікавлених сторін мають значний вплив на успіх або невдачу бізнесу, тому важливо ретельно вивчити це питання, починаючи з визначення всіх відповідних груп. Не викликає сумнівів той факт, що понад 70% підприємців у всьому світі визнають, що успішні бізнесмени звертають увагу не лише на інтереси своїх акціонерів, але й на більш широке коло зацікавлених сторін, таких як клієнти, працівники, постачальники та місцеві громади.

Також стейкхолдери утворюють взаємозалежну систему, своєрідну "мережу", яка може

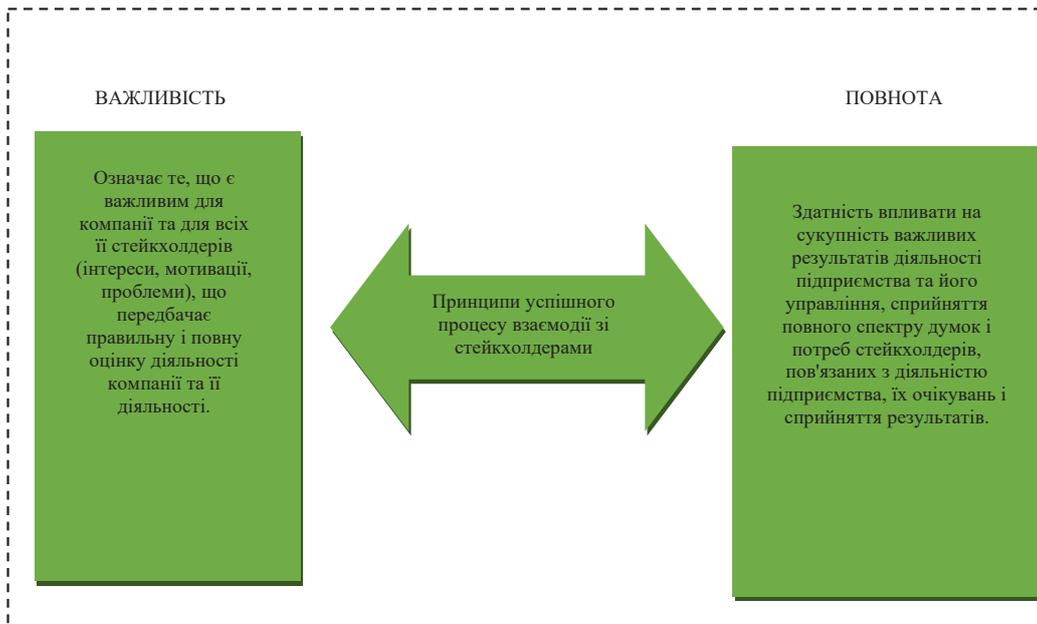


Рис. 3. Принципи успішного процесу взаємодії зі стейкхолдерами

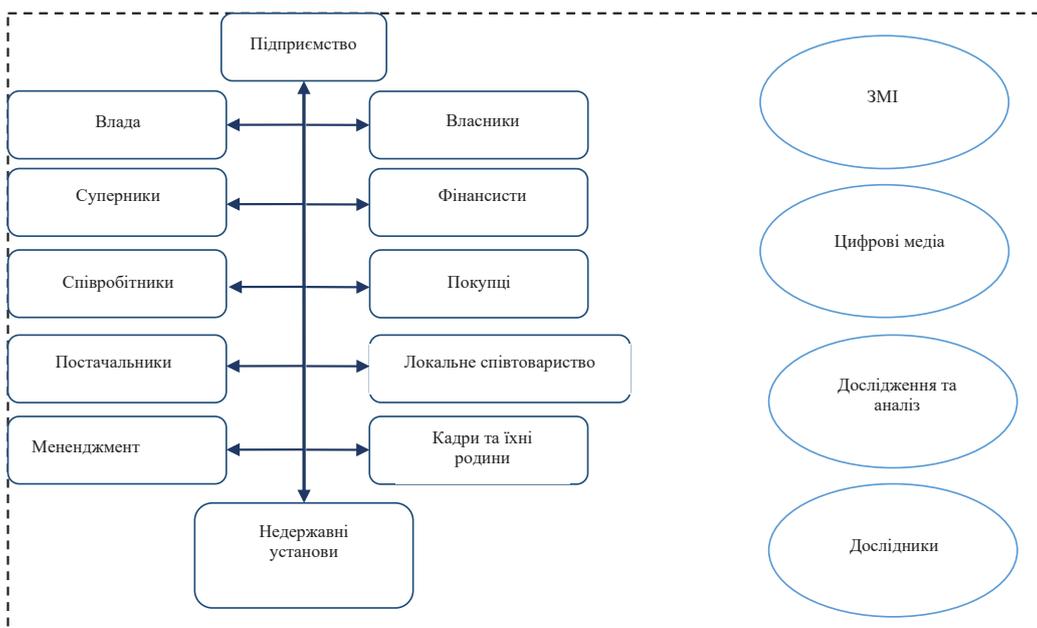


Рис. 4. Огляд зацікавлених сторін підприємств

підтримати бізнес у важкі часи або, навпаки, ускладнити роботу компанії. Зрозуміло, що для різних стейкхолдерів економічний аналіз функціонування компанії буде різним [20].

Крім того, варто зазначити, що сучасні інвестиційні та будівельні проекти підприємств із залученням зацікавлених сторін є складними системами, в яких задіяна велика кількість різних учасників та стейкхолдерів. Окрім основних учасників, до таких проектів можуть залучатися й інші зацікавлені сто-

рони, наприклад, представники екологічних та соціальних організацій, громадські активісти та місцеві органи влади [21].

Для того, щоб такі проекти були успішними, важливо налагодити ефективну систему співпраці та взаємодії між усіма учасниками. Це передбачає не лише встановлення правил і санкцій, а й відкриті та довірливі партнерські стосунки, спрямовані на досягнення спільних цілей. Такий підхід допомагає підвищити рівень взаєморозуміння, знизити ризики та

максимізувати вигоди для всіх сторін, а також сприяє створенню сталого та ефективного середовища для реалізації інвестиційних та будівельних проектів.

Один з ключових принципів – принцип партнерства в будівельних контрактах означає, що договірні сторони не діють як конкуренти, а працюють разом для досягнення спільних цілей. Такий підхід характеризується активною взаємодією та спільним прийняттям рішень для забезпечення успіху проекту. Така співпраця створює сприятливу атмосферу для досягнення оптимальних результатів і максимального використання ресурсів.

Однією з головних переваг такого партнерського підходу є те, що завдяки спільній роботі можна мінімізувати ризики та підвищити ефективність проекту [2, 18]. Це досягається шляхом розподілу обов'язків і ресурсів між учасниками проекту та мобілізації їхнього колективного досвіду і знань.

Зокрема, створення нових структур територіальних кластерів є одним із напрямів розвитку, що сприяє формуванню спільних стратегій та взаємодії між різними суб'єктами задля досягнення спільних цілей та забезпечення сталого розвитку регіону.

Участь у будівельних проектах зазвичай передбачає взаємодію з низкою суб'єктів, включаючи підрядників, інвесторів, проєктувальників, постачальників ресурсів та клієнтів. Робочий процес регулюється будівельними контрактами, які встановлюють правила, що визначають поведінку учасників проекту та передбачають санкції за їх недотримання [4].

Донедавна система взаємовідносин між учасниками будівельних проектів зазвичай будувалася на суперечках та виконанні договірних зобов'язань. Однак з початку 2000-х років в Україні та з 1990-х років за кордоном все більшого поширення набуває підхід, заснований на партнерстві. Згідно з цією концепцією, учасники будівельного проекту розглядаються не як конкуренти, а як партнери, що працюють разом для досягнення спільних цілей. У такому партнерстві відбувається активна взаємодія та спільне прийняття рішень для забезпечення успішного завершення проекту [17].

Такий підхід позитивно впливає на ефективність та результативність проекту, оскільки мінімізує ризики та допомагає побудувати взаємовигідні відносини між учасниками.

Взаємодія у формі партнерства є важливою складовою структури будівельних проектів, що допомагає досягти найкращих результатів та максимально ефективно використовувати ресурси. Дослідження, спрямовані на розробку механізмів співпраці в рамках інтегрованих об'єднань, таких як залучення органів державної влади через державно-приватне партнерство, залишаються актуальними, оскільки ця тема ще не до кінця вивчена.

При реалізації регіональних проектів у рамках кластера партнерство розглядається як формальне юридичне співробітництво між підрядниками, замовниками та іншими учасниками для досягнення спільних цілей, які приносять користь окремим суб'єктам. Діяльність кластера також тягне за собою обов'язки учасників зі збору ресурсів або спільного надання ресурсів [3]. Тому залучення нових учасників до інтегрованих об'єднань може становити загрозу, особливо з точки зору розподілу ресурсів та вигод від завершення проекту. Важливо, щоб уся співпраця в рамках кластера була відкритою та заснованою на партнерстві. Необхідно розробити механізми оцінки ефективності такого партнерства, а також стратегії залучення нових членів і забезпечення майбутньої сталості. Схема формування регіональних кластерів через створення партнерств наведена на рисунку 5.

Існує два типи партнерства: формальне та неформальне. Формальне партнерство передбачає такі варіанти

- Укладення договору про спільну діяльність;
- Укладення інших договорів або субконтрактів на основі цілей партнерства;
- Підготовка інших документів, які не є юридично обов'язковими, але рекомендуються для досягнення цілей партнерства.

Формальні партнерства можна поділити на такі типи

- Партнерства для реалізації одного або декількох проектів;
- Партнерства на визначений термін;
- Партнерство на невизначений термін.

У випадку партнерства для одного будівельного або інвестиційного проекту передбачається укладення окремого договору про партнерство під конкретний проєкт, додавання конкретних положень до існуючого договору про партнерство або іншого виду договору в якості доповнення, включення всіх сторін партнерської угоди до всіх існую-

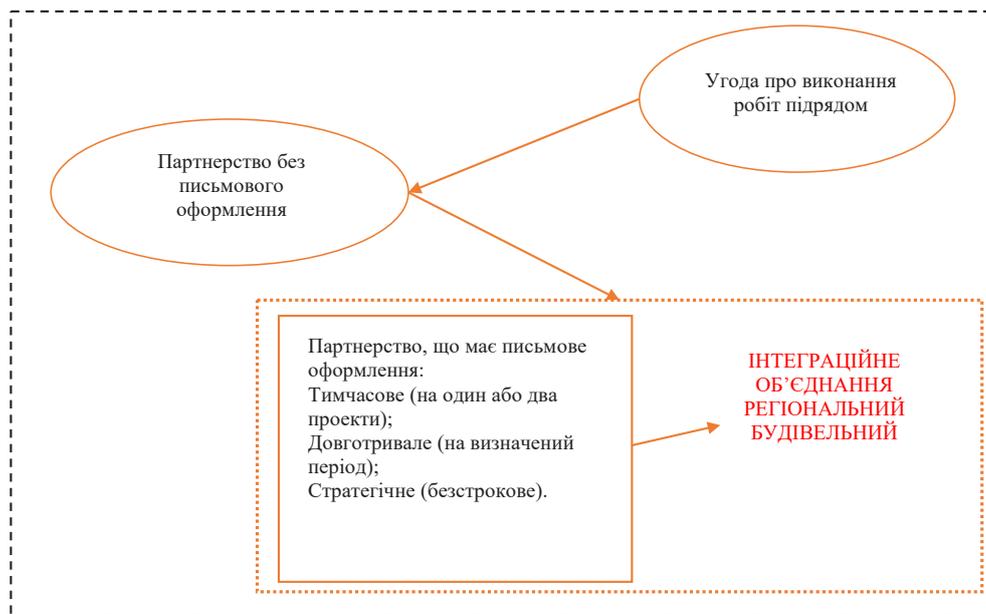


Рис. 5. Структура створення регіонального територіального кластера за допомогою укладання угод про партнерство

чих договорів під уточнюючим пунктом, що регулює умови партнерства. Такий підхід дозволить створити спільний орган управління проектом, до складу якого увійдуть представники всіх сторін угоди про партнерство. Він також передбачає укладення двосторонніх договорів між різними учасниками проекту, такими як замовник, інвестиційний та регіональний менеджери проекту, генеральні підрядники, проектувальники, генпідрядники та субпідрядники. Для координації таких угод створюється спільний орган, а виконання угод забезпечується посадовими особами відповідних учасників проекту [4].

Описана вище модель будівельного партнерства забезпечує ефективну співпрацю між учасниками проекту, сприяє досягненню спільних цілей та максимізує інтереси кожної зі сторін. Однак успіх таких партнерських відносин вимагає чіткого розуміння обов'язків, відповідальності та зобов'язань кожного учасника, а також створення ефективної системи управління проектом. Забезпечення взаємодії та координації між усіма сторонами проекту вимагає не лише юридичних та фінансових аспектів, але й уваги до інтересів у спільних цілях та збалансованого підходу до розподілу ресурсів. Такий підхід дозволяє створювати стійкі партнерські відносини та успішно реалізовувати будівельні проекти. На рисунку 6 зображено схему укладання угод про співп-

рацю як двостороннього, так і багатостороннього типу в рамках діяльності будівельного проекту.

У будівельному кластері існує ще один тип партнерства, який визначається як строкове партнерство. Ця форма часто використовується для забезпечення ефективності обмежених у часі проектів, таких як ремонт, будівництво та обслуговування об'єктів. Часто такі проекти включають одну або кілька будівель, інфраструктурних об'єктів або дорожніх робіт.

Також виділяють підряд, у будівельному секторі він є невід'ємною частиною будівельних проектів. Підрядники виконують різні будівельні роботи на одному або декількох об'єктах протягом певного періоду часу, укладаючи зі своїми замовниками індивідуальні договори підряду. Ці договори чітко визначають обсяг та умови виконання робіт, а також строки їх завершення. Важливим аспектом таких контрактів є те, що замовник може припинити співпрацю з підрядником, якщо той порушує свої договірні зобов'язання. Це дає замовнику правовий механізм захисту своїх інтересів та можливість контролювати якість і своєчасність виконання робіт. Партнерські угоди, які визначають взаємні права та обов'язки сторін і встановлюють чіткі рамки співпраці. Важливим елементом є визначення можливих санкцій у разі порушення умов договору [5]. Такий підхід збалансовує інте-

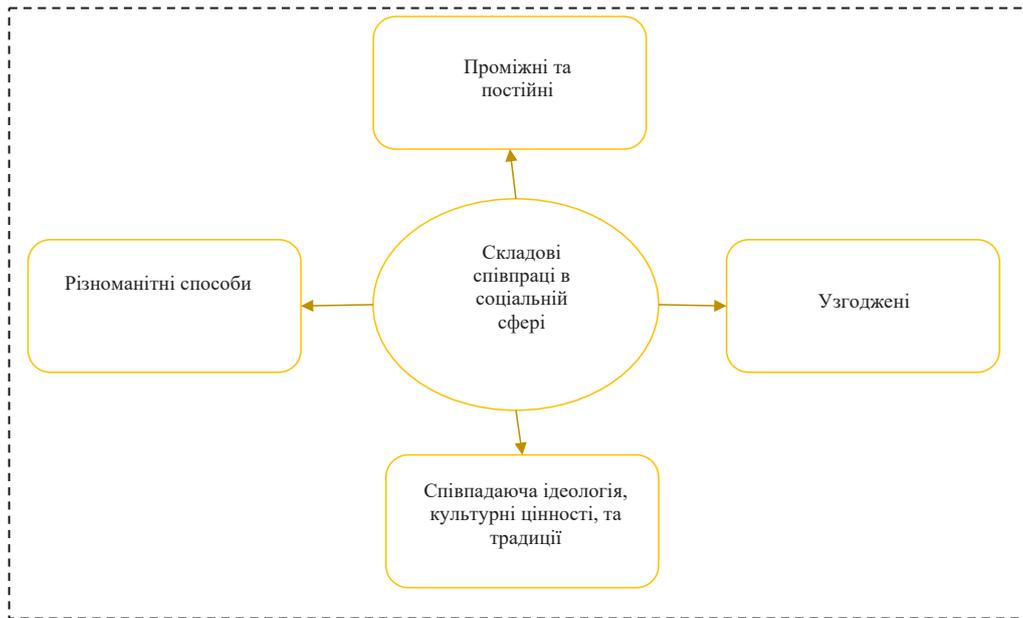


Рис. 6. Укладання угод про співпрацю як двостороннього, так і багатостороннього типу в рамках будівельного проекту

реси сторін та сприяє ефективній реалізації будівельних проектів.

Загалом, договірні відносини в будівельній галузі базуються на прозорих та зрозумілих договірних відносинах, які забезпечують взаємне дотримання умов договору та сприяють успішній реалізації будівельного проекту. Підприємці виконують будівельні роботи на одному або декількох об'єктах без необхідності укладання окремих договорів. Це означає, що існує лише один договір простого товариства, який містить всі умови такої співпраці.

Інша форма – договори простого товариства, особливо в контексті інвестиційних та будівельних проектів, часто передбачають багато учасників і іноді називаються багатосторонніми або міжвідомчими договорами. У таких випадках різні сторони об'єднують свої ресурси та зусилля для спільного досягнення мети.

Такі домовленості вимагають від клієнта ретельного опрацювання технічних питань. Цей документ є основою для роботи всіх учасників проекту і визначає їхні обов'язки та відповідальність.

Важливим аспектом партнерської угоди є визначення вартості робіт [6]. Сюди входить оцінка вартості матеріалів, робочої сили, технічного обладнання та інших необхідних ресурсів. Важливо, щоб ці витрати були чітко визначені та відповідали бюджету проекту.

Загалом, партнерські угоди у сфері інвестиційних та будівельних проектів є складними та багатограними контрактами, які потребують ретельного опрацювання деталей та чіткої координації між усіма сторонами. Їх успішна реалізація залежить від ефективної співпраці та виконання взятих на себе зобов'язань.

Існують також партнерські угоди з невідзначеним терміном дії. Зазвичай цей тип договорів стосується експлуатації будівель і споруд, утримання території, проведення ремонтних та періодичних робіт. Однак такі договори використовуються рідко, оскільки вони можуть порушити конкуренцію між учасниками ринку інвестиційних та будівельних проектів і їх важко обґрунтувати.

Перший тип партнерства, який можна зустріти в ЄС, США та інших країнах, передбачає укладення договору про спільну діяльність, який слугує доповненням до раніше укладених договорів. Ця угода також передбачає створення координаційного центру. Важливою є гнучкість угоди, яка дозволяє включати до партнерства нових учасників або, у випадку регіональних будівельних кластерів, нових стейкхолдерів. Нові зацікавлені сторони повинні дотримуватися раніше прийнятої угоди про партнерство [7].

Також можуть використовуватися багатосторонні угоди про партнерство. Це єдина угода, яка замінює всі інші угоди між учасниками будівельного кластера. Особливості даного виду договору описано на рисунку 7.

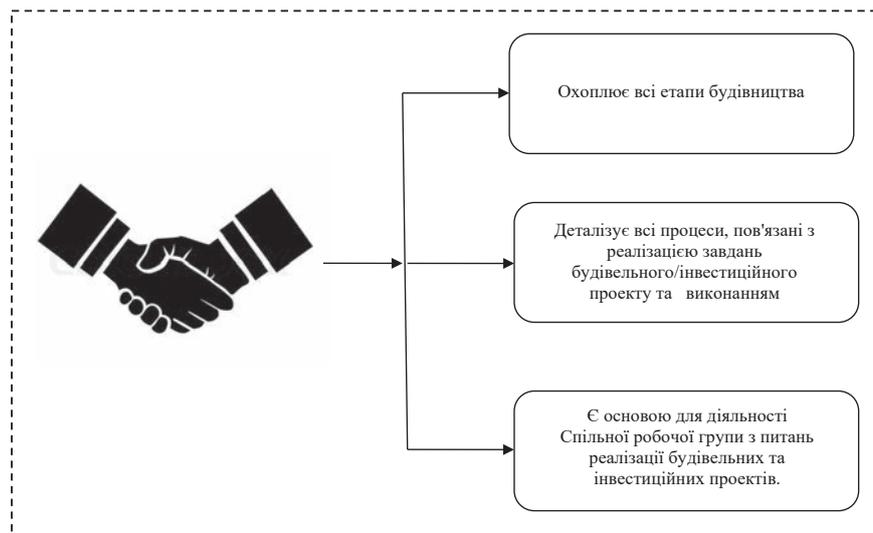


Рис. 7. Особливості укладання багатосторонньої угоди про партнерство

Багатосторонні договори укладаються між замовником, підрядниками, проектувальниками, субпідрядниками та іншими учасниками будівельного кластеру і не передбачають укладення окремих двосторонніх договорів між замовником та іншими учасниками. У разі необхідності інші учасники проекту, такі як проектувальники та поставальники, також можуть брати участь у партнерських угодах між замовниками та підрядниками, і в цьому випадку партнерство стає багатостороннім або мультиагентським партнерством. Це може включати створення стандартних умов партнерської угоди, що діє протягом певного періоду часу для вирішення конкретних завдань, пов'язаних з будівництвом, капітальним ремонтом та експлуатацією об'єкта [7].

Постійні партнерства укладаються для довгострокової (необмеженої) спільної діяльності, яка може бути оформлена або не оформлена договором про партнерство. Безстрокові партнерства можуть бути виправдані, якщо проект, який буде реалізовуватися в рамках партнерства, є особливим або якщо на ринку немає конкуренції для певного виду будівельних робіт. Для обслуговування та експлуатації об'єктів може бути краще використовувати постійне партнерство, ніж строкове партнерство. Однак використання постійних товариств може бути поставлено під сумнів, оскільки вони суперечать принципу конкуренції, перешкоджають інноваціям та порушують законодавство, особливо у сфері будівництва для державних закупівель.

Суть полягає в тому, що зацікавленість держави в організації таких форм взаємодії є визначальною для розвитку партнерства та діяльності будівельних кластерів у будівельній галузі як нової форми співпраці між учасниками інвестиційно-будівельної діяльності на засадах державно-приватного партнерства. Для впровадження партнерства та заміни договорів підряду на нові види партнерських угод необхідно організувати громадські обговорення та забезпечити державне фінансування пілотних проєктів, які демонструють успішність та переваги такого підходу [8]. Для України це має вирішальне значення, оскільки створення інтегрованих об'єднань може ефективно протидіяти наслідкам кризи в галузі. Будівельні кластери, оформлені Угодою про багатостороннє партнерство, дозволяють максимально врахувати інтереси всіх учасників інтегрованого об'єднання, як з точки зору репутації, так і з точки зору фізичного обсягу.

На жаль, Україна стикається з проблемами у впровадженні різних видів партнерства, зокрема у будівельному секторі. Державно-приватне партнерство залишається скоріше винятком, ніж загальним правилом. Незважаючи на потенціал і важливість цієї форми співпраці, її впровадження відбувається повільно або навіть відсутнє з різних причин, включаючи бюрократичні перепони, нестабільне законодавство та відсутність чіткої нормативно-правової бази.

Тим не менш, нещодавнє зростання української будівельної галузі створило стимули для великих холдингових компаній та менших

будівельних компаній переглянути свої стратегії. У той же час, встановлення стандартів ефективності для інвестиційних та будівельних проектів стає вирішальним кроком для успіху проекту [9].

Так, економічна ефективність проекту визначається його фінансовими вигодами як у короткостроковій, так і в довгостроковій перспективі, такими як прибуток і дохідність. Це важливо для забезпечення фінансової стабільності та привабливості проекту для потенційних інвесторів. Цільова ефективність оцінює ступінь досягнення цілей проекту та відповідність фактичних результатів очікуванням. Це дозволяє уникнути ризику невдачі та незадоволення зацікавлених сторін. Технічна ефективність проекту визначається тим, наскільки успішно впроваджуються нові технології або вдосконалюються існуючі технології в ході його реалізації.

Загалом, ефективність інвестиційно-будівельних проектів в Україні визначається не лише фінансовими показниками, але й враховує досягнення поставлених цілей та технологічні інновації [19]. Оцінка за цими критеріями є важливим етапом успішної реалізації будівельних проектів в країні.

Одним із способів оцінки ефективності діяльності стейкхолдерів при реалізації спільних проектів в рамках партнерських угод є застосування загальноєвропейської практики розробки якісних та кількісних ключових показників ефективності (КРІ). Досяг-

нення або недосягнення КРІ за певний період часу свідчить про результативність діяльності учасників територіального кластеру та відображає як окремі інвестиційно-будівельні проекти, так і діяльність кластеру в цілому.

Оцінка ефективності моделі стейкхолдерів територіального кластера є складним завданням, яке передбачає аналіз позитивних і негативних наслідків, які може мати проект. Помилки в оцінці можуть призвести до невдалих управлінських та інвестиційних рішень.

У процесі оцінки ефективності стейкхолдерської моделі територіального кластера особлива увага приділяється економічній ефективності та цільовим показникам [10]. На рисунку 8 зображено показники, за якими визначається ефективність стейкхолдерів.

Розрізнення трьох типів ефективності дозволяє краще зрозуміти взаємозв'язок між різними точками зору спостерігачів і враховує їхню позицію в системі та середовищі. Створення матриці, яка відображає межі та інтереси кожної сторони, може допомогти прояснити ключові аспекти оцінки. Всі три визначення ефективності системи ґрунтуються на ланцюжку входів, виходів і цілей, але проблема полягає в тому, що кожен тип ефективності вимірюється по-різному і не може бути адекватно виражений у вигляді скалярної величини. Це створює важливі проблеми вимірювання, оскільки кожна сторона має власні критерії і може оцінювати ефективність з різних точок зору. Наприклад, економічна ефек-

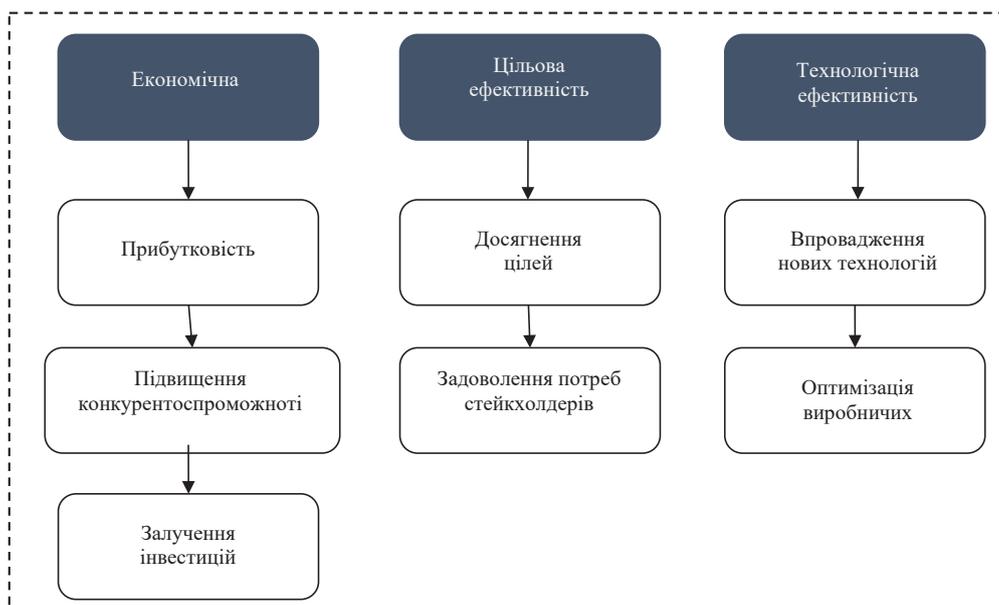


Рис. 8. Показники для розрахунку ефективності стейкхолдерів

тивність може бути виміряна за допомогою фінансових показників, тоді як соціальна ефективність може включати оцінку впливу на якість життя в громаді або задоволеність користувачів послуг. Таким чином, розуміння різних підходів до ефективності може допомогти оцінити систему більш об'єктивно та повно.

Крім того, для повної оцінки ефективності стейкхолдерської моделі регіональних кластерів необхідно враховувати різні точки зору всіх учасників інвестиційно-будівельної діяльності, а також їхні очікування та потреби.

Виділяють різні підходи для оцінки загальної ефективності. Одним із способів оцінки загальної ефективності є застосування підходу, заснованого на концепції доданої вартості. У цьому контексті основною метою проекту є збільшення вартості підприємства-власника, яка виникає в результаті врахування економічних вигод та альтернативних варіантів повернення інвестицій. Ефективність будь-якого проекту, що реалізується регіональним кластером, повинна оцінюватися за низкою критеріїв та рівнів. Кожне підприємство, а отже і кожен інвестиційний проект, розглядається з точки зору його загальної ефективності, яка відображає його функціональну, технічну, економічну та інституційну ефективність.

Функціональна ефективність визначається здатністю підприємства виконувати свої функції, які включають виробництво товарів і надання послуг [11]. Технологічна ефективність відображає використання передових технологій та оптимізацію виробничих процесів. Економічна ефективність відображає досягнення таких фінансових показників, як прибутковість та рентабельність. Інституційна ефективність оцінюється через ефективне управління та взаємодію з усіма зацікавленими сторонами [22, 23].

Застосування підходу доданої вартості сприяє більш об'єктивній та комплексній оцінці ефективності бізнес- та інвестиційних проектів, що реалізуються в рамках регіональних кластерів.

Однак, існуючі методи також ускладнюють об'єктивну оцінку ефективності інвестиційних проектів. Нові методи та індикатори також мають недоліки і не є універсальними. Лише показники доданої вартості можуть наблизити нас до досягнення цієї мети. Важливим моментом, який слід враховувати, є можливість вибору альтернатив. Для об'єк-

тивної оцінки заплановані витрати та вигоди проекту слід порівняти з витратами та вигодами існуючих та альтернативних проектів.

Проте можливості для детального розгляду інвестиційних альтернатив обмежені. Підхід на основі зацікавлених сторін враховує складну реальність, в якій економічні суб'єкти взаємодіють і обмінюються активами та ресурсами для отримання взаємної вигоди. Врахування цінності всіх зацікавлених сторін розширює можливості менеджерів, дозволяючи їм враховувати їхні інтереси при прийнятті рішень. Цей підхід формує теоретичне підґрунтя для нового підходу до управління корпоративною вартістю, який полягає у максимізації суспільного добробуту.

Також слід мати на увазі, що цей підхід також має свої обмеження і недоліки, особливо в складних проектах і в ситуаціях, коли на результат впливає багато факторів. Тому важливо постійно вдосконалювати підхід до оцінювання та адаптувати його до конкретних умов і потреб зацікавлених сторін.

Френк Фізі вже дослідив і підтвердив, що реструктуризація відносин між сторонами має сенс лише в тому випадку, якщо вигоди, отримані від контакту між сторонами, перевищують витрати. Цей важливий момент підкреслює важливість раціонального використання ресурсів і максимізації вигоди для всіх залучених сторін. Для оцінки внеску стейкхолдерів можна використовувати традиційний підхід, що базується на підрахунку чистих вигод та врахуванні ризиків.

Цей підхід аналізує вигоди і витрати для кожної сторони та оцінює ризики, пов'язані з отриманням цих вигод. Чисті вигоди визначаються як різниця між вигодами та витратами для сторін після взаємодії. Однак для повної оцінки необхідно також враховувати ризики, пов'язані з можливими втратами та невдачами.

Такий підхід дозволяє зацікавленим сторонам зрозуміти справжні вигоди, які вони отримують від взаємодії. Це може допомогти приймати обґрунтовані рішення та розробляти стратегії, спрямовані на максимізацію вигоди для всіх сторін. Такий підхід є особливо корисним у контексті розвитку бізнесу, де взаємодія між різними стейкхолдерами є ключовим елементом успішної стратегії [13].

З метою розкриття економічного змісту діяльності операційної компанії конструкція Фігге може бути розширена для отримання

раціональної моделі, яка допомагає прояснити механізми формування вартості компанії та її стейкхолдерів.

Моделюючи взаємодію з зацікавленими сторонами з точки зору створення організаційного багатства, ми можемо отримати рівняння, що відображає вартість підприємства (V) в контексті теорії зацікавлених сторін:

$$K = \sum(c=1 \text{ to } L); \quad (1)$$

де, K – дохід від зацікавленої сторони і за період c – витрати на обслуговування зацікавленої сторони і за період n) / (1 + d0)<sup>n</sup>

Також можна обчислити сукупну користь, яку отримали зацікавлені сторони від діяльності підприємства (M):

$$M = \sum(c=1 \text{ to } L); \quad (2)$$

де, M – дохід зацікавлених сторін за період c – витрати зацікавлених сторін на обслуговування інтересів підприємства за період c) / (1 + di)<sup>c</sup>

Метою як підприємства (T(x<sub>0</sub>)), так і його стейкхолдерів (T<sub>i</sub>(x<sub>i</sub>)) є максимізація відповідних вартостей, щоб ефективно використовувати обмежені ресурси.

Щоб максимізувати ці цільові функції, потрібно знайти оптимальні ресурси, які слід передати між сторонами. Оскільки ці ресурси впливають на всіх учасників, ці цільові функції взаємопов'язані:

$$T_0(x_0) \rightarrow \max \leftrightarrow T_i(X_i) \rightarrow \max, \quad (3)$$

Такі моделі визначають витрати і вигоди як для компанії, так і для її стейкхолдерів і відображають різні фактори, які керівництво повинно враховувати в процесі управ-

ління. До таких факторів належать кількість ресурсів, ціни, структура ресурсних потоків та рівень ризику кожного суб'єкта господарювання.

Побудована нами модель формування та оцінки вартості діючих компаній та їх стейкхолдерів розкриває, окрім багатства організації, інші важливі аспекти, які необхідно враховувати в управлінських зусиллях менеджера [14]. До них відносяться натуральні обсяги ресурсів, що постачаються та споживаються, їх відносні ціни, структура ресурсних потоків та різні рівні ризику для кожного суб'єкта господарювання.

Ці моделі не тільки допомагають оцінити ефективність використання ресурсів, але й є основою для прийняття бізнес-рішень, спрямованих на максимізацію цінності для всіх зацікавлених сторін. При цьому важливо враховувати різноманітні потреби та інтереси різних стейкхолдерів і забезпечувати баланс між ними для досягнення оптимальних результатів.

Моделі створення та оцінки цінності (Рисунок 9) мають важливе значення для успішного стратегічного планування та управління бізнесом у сучасних умовах. Ці моделі допомагають не лише проаналізувати поточну ситуацію, а й визначити шляхи майбутнього розвитку компанії з урахуванням інтересів усіх зацікавлених сторін.

Використовуючи моделі вартості, компанії можуть зосередитися на ключових аспектах свого бізнесу та визначити потенційні можливості для зростання і підвищення ефективності. Як результат, компанії можуть розробити ціле-

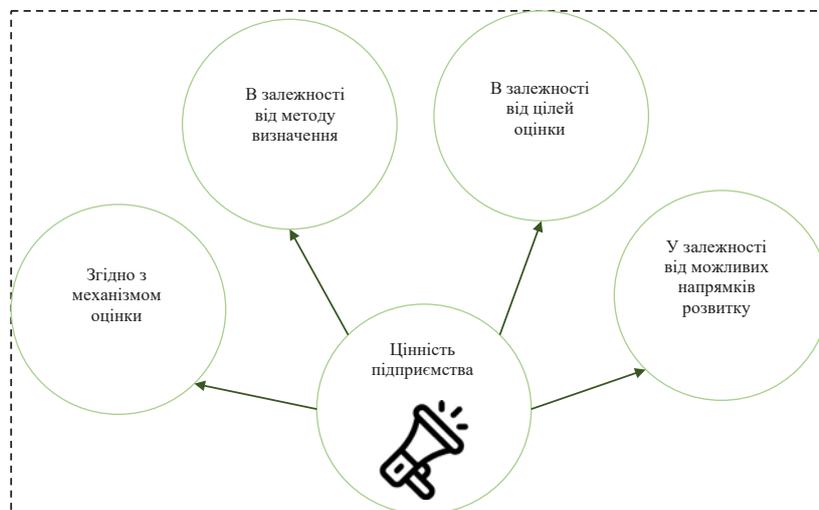


Рис. 9. Моделі формування та оцінки вартостей

спрямовані стратегії для досягнення конкурентних переваг та задоволення потреб ринку.

Однією з головних переваг використання такої моделі є те, що вона може враховувати цілий ряд факторів, що впливають на діяльність компанії, таких як економічні, соціальні, технологічні та юридичні аспекти. Це дозволяє більш об'єктивно оцінювати ситуацію та приймати ефективні рішення [15].

Використання моделей цінності допомагає виявити потреби стейкхолдерів та врахувати їхні очікування. Це може зробити управління компанією більш прозорим і відкритим, підвищити довіру внутрішніх і зовнішніх стейкхолдерів.

Таким чином, використання моделей створення та оцінки вартості стає важливим елементом стратегічного управління, що допомагає компаніям отримати стійкі конкурентні переваги та успішно адаптуватися до ринкових змін.

**Висновки.** В рамках розглянутої теми, наукова гіпотеза виявляється ключовим елементом, який визначає напрямок та перспективи вирішення завдань підприємства-стейкхол-

дера в операційному циклі державно-приватного партнерства (ДПП). Її належне формулювання та перевірка створюють необхідну передумову для успішної реалізації стратегічних цілей та завдань у співпраці з державними та приватними партнерами.

Аналіз показує, що наукова гіпотеза допомагає підприємству-стейкхолдеру уточнити проблеми та можливі шляхи їх вирішення, що сприяє ефективному плануванню та реалізації стратегій участі в ДПП. Крім того, вона сприяє формуванню обґрунтованих висновків та прийняттю об'єктивних рішень з метою досягнення позитивних результатів у операційному циклі. Таким чином, наукова гіпотеза виступає важливою передумовою успішного вирішення завдань підприємства-стейкхолдера в операційному циклі ДПП. Її використання дозволяє реалізувати потенціал співпраці між стейкхолдерами та досягти позитивних результатів у процесі взаємодії. Продовження досліджень у цій області є важливим для подальшого розвитку та вдосконалення практичного застосування наукових гіпотез у управлінні проектами ДПП.

### Література

1. Бакушевич І. В. Особливості розвитку державно-приватного партнерства в умовах транскордонного інноваційно-освітнього співробітництва. Проблеми підвищення ефективності функціонування підприємств різних форм власності. Донецьк, 2009. Вип. 2. Т. 1. С. 46–53.
2. Стеценко С., Григоровський П. Є., Менейлюк О. І., Хижняк В. О., Рижаква Г. М. Багатокритеріальні моделі для підтвердження ефективності інвестиційно-будівельних проектів. Інженерія організаційно-технологічної моделі в будівельній галузі: колективна монографія – Львів-Торунь Ліга-Прес. СЕНС. 2019. 136 с.
3. Балюк О. О. Теорія Честера Ірвінга Барнарда та державно-приватне партнерство. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна*. 2012. С. 13–18. – (Серія "Економічна").
4. Бараненко І. О. Роль публічно-приватного партнерства в забезпеченні сталого розвитку держави. *Сучасна регіональна політика: освіта, наука, практика*. Одеса, 2011. Т. 2. С. 6–8.
5. Барб'є, Жан-Поль, Олен Хансен, Олександр Самородов Партнерство державних та приватних структур у сфері послуг з працевлаштування – Женева: Міжнар. бюро праці, 2008. 31 с.
6. Єрмілов С. Ф. Формування механізмів державно-приватного партнерства в науково-інноваційній сфері України: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. наук з держ. упр. : спец. 25.00.02 / С. Ф. Єрмілов; Класич. приват. ун-т. – Запоріжжя, 2012. 20 с.
7. Єфіменко Т. І. Публічно-приватне партнерство як істотний вектор антикризових програм. Проблеми підвищення ефективності функціонування підприємств різних форм власності. – Донецьк, 2009. Вип. 2. Т. 1. С. 25–38
8. Єфіменко Т. І. Державно-приватне партнерство у системі регулювання економіки: монографія К.: [Б. в.], 2012. 371 с.
9. Жуковський А. І., Васильєв С. В. Розробка, реалізація та оцінка регіональних цільових програм (на основі канадського досвіду): навч.-метод. посібник., 2006. 175 с.
10. Задохайло Д. В. Господарсько-правове забезпечення економічної політики держави : [монографія]. – Х. : Юрайт». 2012. 456 с. 13., с.352
11. Закон України «Про державні цільові програми» № 1621– IV від 18.03.2004 р.// Відомості Верховної Ради, 2004, № 25, ст. 352.
12. Чернишева, С.В. Оцінка якості відносин підприємства з покупцями [Електронний ресурс] Режим доступу: [http://www.nbuv.gov.ua/old\\_jrn/natural/VKhNU/Ekon/802/08csvozi.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/old_jrn/natural/VKhNU/Ekon/802/08csvozi.pdf)
13. Чуприна Ю.А., Омеляненко О.П., Зінченко М.М. Систематизація теоретико-методичних підходів щодо інтегрованого оцінювання якості кадрового потенціалу підприємств-стейкхолдерів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2015, 34. Ч.2, С.162-171
14. Шевченко А.В. Щодо державної політики підтримки розвитку інноваційних кластерів у промисловості України";. Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень при Президентові України Режим доступу : <http://www.eurosvita.net/prog/print.php/prog/print.php?id=2545&amp;%20Minerals>

15. Шилепницький П.І. Державно-приватне партнерство: теорія і практика: монографія / Інститут регіональних досліджень НАН України. Чернівці, 2011. 455 с.
16. Кусик, Н.Л. Корпоративна соціальна відповідальність : навч. посіб. / Н.Л. Кусик, А.В. Ковалевська. Х. : «СІМ», 2014. 527 с.
17. Bielenkova, O.Iu. Stratehiia ta mekhanizmy zabezpechennia konkurentospromozhnosti budivelnikh pidpriemstv na osnovi modeli staloho rozvytku. Monohrafiia. Kyiv: Lira-K. 2020. 516 p.
18. Tuhai, O. A., Pokolenko, V. O., Ryzhakova, H. M., Prykhodko, D. O., Lahutina, Z. V., Stetsenko, S. P. (2012). Modernizovani instrumenty developerskoho upravlinnia budivnytstvom. *Ways to Improve Construction Efficiency*, (27), 86–98.
19. Сорокіна Л. В., Гойка А. Ф. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою підприємств будівництва : монографія. Київ : Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури, 2017. 403 с.
20. Reznik, N. at al.: Nadiia, R., Yusuf, I., Yaroslav, K.-S., ...Mykola, S. , Olha, B. Systems Thinking to Investigate the Archetype of Globalization. *Lecture Notes in Networks and Systemsthis link is disabled*, 2022, 486, pp. 123–140 Springer International Publishing [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08087-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08087-6_9)
21. Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.
22. Belenkova, O. Yu., Tytok, V. V., (2020). The impact of the development of the institutional environment on competition in housing construction. *Ukrainian Journal of Applied Economics*. Vol. 5, No. 2. P. 214–221.
23. Титок В.В. Комплексний попередній аналіз інноваційно-інвестиційного проекту в житловому будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*.-2016. No.34, С.139–151.

### References

1. Bakushevych I. V. Osoblyvosti rozvytku derzhavno-pryvatnoho partnerstva v umovakh transkordonnoho innovatsiinosvitnoho spivrobitnytstva [Peculiarities of the development of public-private partnership in the conditions of cross-border innovative and educational cooperation] *Problemy pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia pidpriemstv riznykh form vlasnosti*. Donetsk, 2009, 2, 46–53.
2. Stetsenko S., Hryhorovskiy P. Ye., Meneiliuk O. I., Khyzhniak V. O., Ryzhakova H. M. Bahatokryterialni modeli dlia pidtverdzhennia efektyvnosti investytsiino-budivelnikh proektiv [Multi-criteria models for confirming the efficiency of investment and construction projects]. *Inzheneriia orhanizatsiino-tekhnologichnoi modeli v budivelnii haluzi: kolektyvna monohrafiia Lviv-Torun Liha-Pres. SENS*. 2019. 136 p.
3. Baliuk O. O. Teoriia Chestera Irvinha Barnarda ta derzhavno-pryvatne partnerstvo [Chester Irving Barnard's theory and public-private partnership]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V. N. Karazina*. 2012, 13–18.
4. Baranenko I. O. Rol publichno-pryvatnoho partnerstva v zabezpechenni staloho rozvytku derzhavy. Suchasna rehionalna polityka: osvita, nauka, praktyka [The role of public-private partnership in ensuring sustainable development of the state]. Odesa, 2011, T. 2, 6–8.
5. Barbie, Zhan-Pol, Olen Khansen, Oleksandr Samorodov Partnerstvo derzhavnykh ta pryvatnykh struktur u sferi posluh z pratsevlashtuvannia [Partnership of public and private structures in the field of employment services]– Zheneva: Mizhnar. biuro pratsi, 2008. 31 p.
6. Iermilov S. F. Formuvannia mekhanizmiv derzhavno-pryvatnoho partnerstva v naukovy-innovatsiinii sferi Ukrainy [Formation of mechanisms of public-private partnership in the scientific and innovative sphere of Ukraine: author's review]: avtoref. dys. na zdobuttia stupenia kand. nauk z derzh. upr. : spets. 25.00.02; Klasych. pryvat. un-t. Zaporizhzhia, 2012. 20 h.
7. Iefimenko T. I. Publichno-pryvatne partnerstvo yak istotnyi vektor antykrizovykh prohram [Public-private partnership as an essential vector of anti-crisis programs]. *Problemy pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia pidpriemstv riznykh form vlasnosti*. Donetsk, 2009, 2. – T. 1, 25–38
8. Iefimenko T. I. Derzhavno-pryvatne partnerstvo u systemi rehuliuвання ekonomiky [Public-private partnership in the system of economic regulation]: monohrafiia / T. I. Yefymenko. – K.: [B. v.], 2012. 371 s.
9. Zhukovskiy A. I., Vasylyev S. V. Rozrobka, realizatsiia ta otsinka rehionalnykh tsilovykh prohram (na osnovi kanadskoho dosvidu) [Development, implementation and evaluation of regional target programs (based on Canadian experience)]: navch.-metod. posibnyk., 2006. 175 s.
10. Zadykhailo D. V. Hospodarsko-pravove zabezpechennia ekonomichnoi polityky derzhavy [Economic and legal support of the economic policy of the state] : [monohrafiia]. = Kh. : Yurait». 2012. 456 p.
11. Zakon Ukrainy «Pro derzhavni tsilovi prohramy» [Law of Ukraine "On State Targeted Programs"] № 1621– IV vid 18.03.2004 r.// Vidomosti Verkhovnoi Rady, 2004, № 25, st. 352.
12. Chernysheva, S.V. Otsinka yakosti vidnosyn pidpriemstva z pokuptsiamy [Assessment of the quality of the company's relations with customers] URL: [http://www.nbu.gov.ua/old\\_jrn/natural/VKhNU/Ekon/802/08csvozi.pdf](http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/natural/VKhNU/Ekon/802/08csvozi.pdf)
13. Chupryna Yu.A., Omelianenko O.P., Zinchenko M.M. Systematyzatsiia teoretyko-metodychnykh pidkhodiv shchodo intehrovanoho otsiniuvannia yakosti kadrovoho potentsialu pidpriemstv-steikkholderiv [Systematization of theoretical and methodological approaches to the integrated assessment of the quality of personnel potential of stakeholder enterprises]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 2015, 34, 2, 162-171
14. Shevchenko A.V. Shchodo derzhavnoi polityky pidtrymky rozvytku innovatsiinykh klasteriv u promyslovosti Ukrainy" [Regarding the state policy of supporting the development of innovative clusters in the industry of Ukraine]:. Analychna zapyska. Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen pry Prezydentovi Ukrainy Rezhym dostupu : <http://www.euroosvita.net/prog/print.php/prog/print.php?id=2545&=%20Minerals>
15. Shylepnytskyi P.I. Derzhavno-pryvatne partnerstvo: teoriia i praktyka: monohrafiia [Public-private partnership: theory and practice]. Instytut rehionalnykh doslidzhen NAN Ukrainy. Chernivtsi, 2011. 455 p.

16. Kusykh, N.L. Korporatyvna sotsialna vidpovidalnist [Corporate social responsibility] : navch. posib. / N.L. Kusykh, A.V. Kovalevska. – Kh. : «SIM», 2014. – 527 s.
17. Bieliukova, O.Iu. Stratehiia ta mekhanizmy zabezpechennia konkurentospromozhnosti budivnykh pidpriemstv na osnovi modeli staloho rozvytku. Monohrafiia. Kyiv: Lira-K. 2020. 516 p.
18. Tuhai, O. A., Pokolenko, V. O., Ryzhakova, H. M., Prykhodko, D. O., Lahutina, Z. V., Stetsenko, S. P. (2012). Modernizovani instrumenty developerskoho upravlinnia budivnytstvom. *Ways to Improve Construction Efficiency*, (27), 86–98.
19. Sorokin L. V., Hoika A. F. Ekonometrychni instrumentarii upravlinnia finansovoiu bezpekoiu pidpriemstv budivnytstva [Econometric tools for managing the financial security of construction enterprises] : monohrafiia. Kyiv : Kyiv. nats. un-t bud-va i arkhitektury, 2017. 403 s.
24. Reznik, N. at al.: Nadiia, R., Yusuf, I., Yaroslav, K.-S., ...Mykola, S. , Olha, B. Systems Thinking to Investigate the Archetype of Globalization. Lecture Notes in Networks and Systemsthis link is disabled, 2022, 486, pp. 123–140 Springer International Publishing [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08087-6\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08087-6_9)
21. Zeltser R.Ia. Innovatsiini modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnolohichnykh protsesiv budivnoho vyrobnytstva [Innovative models and methods of organization, management and economic evaluation of technological processes of construction production]: monohrafiia. Kyiv: «MP Lesia», 2018. 208 p.
22. Belenkova, O. Yu., Tytok, V. V., (2020). The impact of the development of the institutional environment on competition in housing construction. *Ukrainian Journal of Applied Economics*, 5 (2), 214–221.
23. Tytok V.V. Kompleksnyi poperednii analiz innovatsiino-investytsiinoho proektu v zhytlovomu budivnytstvi [Comprehensive preliminary analysis of an innovative investment project in housing construction]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, -2016, 34, 139–151.

### **SCIENTIFIC HYPOTHESIS AS A PREREQUISITE FOR THE SUCCESSFUL SOLUTION OF STAKEHOLDER TASKS IN THE OPERATIONAL CYCLE OF PPP**

**Abstract.** *The scientific hypothesis is a key element in solving the tasks of the enterprise-stakeholder in the operational cycle of the public-private partnership (PPP). This research work is aimed at analyzing the role of scientific hypotheses in achieving success in the process of interaction of enterprises with various stakeholders within the framework of PPPs.*

*The study is based on theoretical approaches to understanding the concept of a scientific hypothesis and its role in scientific research and decision-making. Methods of analysis and synthesis of scientific literature are used, as well as empirical data to confirm the hypothesis.*

*The results of the study indicate that the scientific hypothesis is an important prerequisite for successfully solving the tasks of the enterprise-stakeholder in the operational cycle of the PPP. The formulation of a clear hypothesis allows one to clearly define a problem or a hypothetical situation, as well as to establish promising research directions.*

*In addition, the use of a scientific hypothesis contributes to the improvement of strategic planning and resource management of the enterprise-stakeholder. It allows you to effectively use available resources and determine the best ways to achieve your goals.*

**Key words:** *Scientific hypothesis, stakeholder enterprise, public-private partnership (PPP, problem solving, stakeholder model, construction cluster.*

**Plys N.V.**

Postgraduate student at the Department of Management in Construction,  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

# ЗМІСТ

<b>Деркач С.І.</b> <b>ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ</b> <b>НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ</b> .....	<b>3</b>
<b>Доненко В.І., Кулік М.В., Бобраков А.А., Іваненко Д.С.</b> <b>ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНИХ</b> <b>ОСОБЛИВОСТЕЙ В ЦИВІЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ</b> .....	<b>12</b>
<b>Назаренко О.М., Левченко Н.М., Резниченко А.О., Березовська А.О.</b> <b>ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ ДОМШОК НА ПОКАЗНИКИ ҐРУНТОЦЕМЕНТНИХ</b> <b>КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЇ DSM</b> .....	<b>21</b>
<b>Павліков А.М., Гарькава О.В.</b> <b>НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ</b> <b>ПОВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОПОРУ СТИСНУТОЇ ЗОНИ БЕТОНУ</b> .....	<b>29</b>
<b>Постернак І.М., Постернак С.О., Постернак О.С.</b> <b>КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИКОРИСТАННЯ</b> <b>РЕСУРСІВ У СКЛАДІ ПРОЄКТУ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА «КНТК МЕРЕК»</b> .....	<b>36</b>
<b>Постернак І.М., Постернак С.О., Постернак О.С.</b> <b>МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ</b> <b>У СКЛАДІ «КНТК МЕРЕК»</b> .....	<b>45</b>
<b>Симонов С.І., Гаркуша В.С., Пузачова А.С., Годун Т.М., Сергієнко Ю.В.</b> <b>ПІСЛЯВОЄННА ВІДБУДОВА МАРІУПОЛЯ</b> <b>ЗА ДОПОМОГОЮ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРИКЛАДІ «ПРИАЗОВСЬКОГО</b> <b>ДЕРЖАВНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»</b> .....	<b>54</b>
<b>Тонкачєєв Г.М., Молодід О.С., Тонкачєєв В.Г., Шандра О.Г.</b> <b>МЕТОД ЦІЛОЧИСЛОВОГО НОРМУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДСИЛЕННЯ</b> <b>ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ</b> .....	<b>60</b>
<b>Єсипенко А.Д., Дубінін Д.В.</b> <b>МУЛЬТИПРОЕКТНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ОСНОВА ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ</b> <b>ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВНИЦТВА</b> .....	<b>67</b>
<b>Жалдак Р.Ю.</b> <b>АНАЛІТИКО-ПРИКЛАДНІ ІННОВАЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b> <b>ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВИКОНАВЦІВ</b> <b>ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЄКТІВ</b> .....	<b>76</b>
<b>Приходько О.О.</b> <b>АДАПТАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ</b> <b>ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ ПРОЄКТІВ НА ҐРУНТІ КОМБІНОВАНОГО ПІДХОДУ</b> .....	<b>86</b>
<b>Скакун В.А., Галунка О.Д.</b> <b>ЧЕСЬКИЙ ДОСВІД ЗЕЛЕНОЇ СЕРТИФІКАЦІЇ</b> .....	<b>94</b>
<b>Мудра М.С., Кричевська Ю.В., Зайчук С.В., Дружинін М.А., Хоменко О.М.</b> <b>ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ ІНДИКАТОРІВ ТА БІЗНЕС-ПРОЦЕДУР ОЦІНКИ</b> <b>ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА</b> .....	<b>102</b>
<b>Плис Н.В.</b> <b>НАУКОВА ГІПОТЕЗА ЯК ВИХІДНА ПЕРЕДУМОВИ УСПІШНОГО ВИРІШЕННЯ</b> <b>ЗАВДАНЬ ПІДПРИЄМСТВА-СТЕЙКХОЛДЕРА В ОПЕРАЦІЙНОМУ ЦИКЛІ ДПП</b> .....	<b>113</b>

# CONTENTS

<b>Derkach S.I.</b> <b>INNOVATIVE APPROACH TO MODERNIZATION OF RESIDENTIAL BUILDING ON THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.....</b>	<b>3</b>
<b>Donenko V.I., Kulik M.V., Bobrakov A.A., Ivanenko D.S.</b> <b>APPLICATION OF NEURONET FORMATION OF ARCHITECTURAL FEATURES IN CIVIL ENGINEERING.....</b>	<b>12</b>
<b>Nasarenko O.M., Levchenko N.M., Reznychenko A.O., Berezovska A.A.</b> <b>THE INFLUENCE OF COMPLEX ADMIXTURES ON INDICATORS OF SOIL-CEMENT STRUCTURES USING DSM TECHNOLOGY.....</b>	<b>21</b>
<b>Pavlikov A.M., Harkava O.V.</b> <b>BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS BASED ON THE CRITERIA OF FULL USE OF THE RESISTANCE OF THE COMPRESSED CONCRETE AREA.....</b>	<b>29</b>
<b>Posternak I.M., Posternak S.O., Posternak O.S.</b> <b>CALENDAR PLANNING BY THE METHOD OF CONTINUOUS USE OF RESOURCES AS PART OF THE "CSTC T-PPR" CONSTRUCTION ORGANIZATION PROJECT.....</b>	<b>36</b>
<b>Posternak I.M., Posternak S.O., Posternak O.S.</b> <b>SIMULATION OF THE CONSTRUCTION MANAGEMENT PROCESS OF A GROUP OF FACILITIES AS PART OF "CSTC T-PPR".....</b>	<b>45</b>
<b>Simonov S.I., Harkusha V.S., Puzachova A.S., Godun T.M., Sergienko U.V.</b> <b>POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINE WITH THE HELP OF VIM TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF "PRIAZOVSKYI STATE TECHNICAL UNIVERSITY".....</b>	<b>54</b>
<b>Tonkacheiev H.M., Molodid O.S., Tonkacheiev V.H., Shandra O.H.</b> <b>THE FERROCONCRETE FRAMES REINFORCING PROCESS' INTEGER RATIONING METHOD FOR FRAME BUILDINGS .....</b>	<b>60</b>
<b>Yesipenko A.D., Dubinin D. V.</b> <b>MULTIPROJECT ENVIRONMENT AS THE BASIS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL CONSTRUCTION PROCESSES.....</b>	<b>67</b>
<b>Zhaldak R. Yu.</b> <b>ANALYTICAL – APPLIED INNOVATIONS TO ENSURE THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF DEVELOPERS OF CONSTRUCTION PROJECTS. 76</b>	<b>76</b>
<b>Prykhodko O.O.</b> <b>ADAPTATION OF AN INTEGRATED SOFTWARE PRODUCT FOR THE IMPLEMENTATION OF DEVELOPMENT PROJECTS BASED ON A COMBINED APPROACH.....</b>	<b>86</b>
<b>Skakun V.A., Halunka O.D.</b> <b>CZECH EXPERIENCE OF GREEN CERTIFICATION.....</b>	<b>94</b>
<b>Mudra M.S., Krychevska Yu.V., Zaichuk S.V., Druzhynin M.A., Khomenko O.M.</b> <b>FORMATION OF DIGITAL INDICATORS AND BUSINESS PROCEDURES FOR ASSESSING THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTION ENTERPRISE.....</b>	<b>102</b>
<b>Plys N.V.</b> <b>SCIENTIFIC HYPOTHESIS AS A PREREQUISITE FOR THE SUCCESSFUL SOLUTION OF STAKEHOLDER TASKS IN THE OPERATIONAL CYCLE OF PPP.....</b>	<b>113</b>

## Регламенти контролю якості виконання будівельних робіт

1. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ**
2. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ**
3. Регламент контролю якості **ПРИ ЗВЕДЕННІ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
4. Регламент контролю якості **ПРИ МОНТАЖІ ЗБІРНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
5. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
6. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**
7. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ МОНТАЖІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
8. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ НЕПРОХІДНИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ КАНАЛІВ**
9. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ**
10. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬ**
11. Регламент контролю якості **ОПОРЯДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ**
12. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПІДЛОГ**
13. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ВІКОН І ДВЕРЕЙ**
14. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ ВНУТРІШНІХ САНИТАРНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**
15. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ**
16. Регламент контролю якості **РОБІТ ІЗ БЛАГОУСТРОЮ ТЕРИТОРІЇ**



# НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

*Науково-технічний журнал*

Випуск № 43

Підписано до друку 15.12.2023 р. Формат 60×84/8. Обл.-вид. арк. 12,20, ум. друк. арк. 15,11.  
Папір офсетний. Цифровий друк. Наклад 200 примірників. Замовлення № 0324/206.

**Надруковано: Видавничий дім «Гельветика»**  
(Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7623 від 22.06.2022 р.)  
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1  
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: mailbox@helvetica.ua