

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

БУДІВЕЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО



№ 76 2023

Міжвідомчий науково-технічний збірник (технічні, економічні науки)



Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

Серія КВ № 21921-11821ПР від 23.03.2016 р.

Наказ Міністерства освіти і науки України про реєстрацію фахового видання Додаток 4 до наказу Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 № 886 (технічні науки), Додаток 2 до наказу Міністерства освіти і науки України від 14.05.2020 № 627 Категорія "Б" (економічні науки)

Міжвідомчий науково-технічний збірник видається з 1965 року.

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

Розглянуто питання становлення саморегулювання в будівництві, економічної ефективності енергозберігаючих заходів у будівництві, механізм оптимізації діяльності будівельних підприємств, удосконалення технології та організації виконання робіт у промисловому і житловому будівництві, висвітлено нові напрями у технології будівельних процесів.

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

Редакційна колегія

Головний редактор

Радкевич А.В. д.т.н., Перший проректор, УДУНТ, Дніпро;

Заступник головного редактора (технічні науки)

Григорівський П.Є. д.т.н., с.н.с. ДП "НДІБВ". Київ;

Члени редколегії

Барабаш М.С. д.т.н., с.н.с. НАУ. Київ;

Беленкова О.Ю. к.е.н., доцент, КНУБА. Київ;

Білоконь А.І. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Бондар О.А. д.е.н., проф. КНУБА. Київ;

Бондаренко Є.В. д.е.н., проф. ДП "НДІБВ". Київ;

Вечеров В.Т. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Гончаренко Д.Ф. д.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Данченко Ю.М. к.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Дмитренко Г.А. д.е.н., проф. ДП "НДІБВ". Київ;

Дорофеев В.С. д.т.н., проф. ОДАБА. Одеса;

Кравчуновська Т.С. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Куліков П.М. д.е.н., проф. ректор КНУБА. Київ;

Менейлюк О.І. д.т.н., проф. ОДАБА. Одеса;

Міхайленко В.М. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Млодецький В.Р. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Назаренко І.І. д.т.н., проф., президент АБУ, Київ;

Ніколаєв В.П., д.е.н., проф. НАДУ. Київ;

Осипов О.Ф. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Плоский В.О. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Рижакова Г.М. д.е.н., проф. КНУБА. Київ;

Савйовський В.В. д.т.н., проф. Київ;

Сопов В.П. д.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Сорокіна Л.В. д.е.н., проф. КНУБА. Київ;

Стеценко С.П. д.е.н., доц. КНУБА. Київ;

Сухоруков А.І. д.е.н., проф. АБУ Київ;

Терентьев О.О. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Тонкачев Г.М. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Тугай О.А. д.т.н., проф. КНУБА. Київ;

Шатов С.В. д.т.н., проф. ПДАБА. Дніпро;

Шимановський О.В. д.т.н., проф., УІСК ім. В. М.

Шимановського. Київ;

Шумаков І.В. д.т.н., проф. ХНУБА. Харків;

Зарубіжні члени редколегії

Дзвігол Хенрік, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща

Долотов О.В. д.т.н., проф. США;

Клованич С.Ф. д.т.н., проф. Польща;

Котовіч Януш, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща

Кузіор Олександра, проф. Сілезька політехніка. Глівіце,

Польща

Лакатош Янош д.е.н., проф. Угорщина;

Пилипенко В.М. д.т.н., проф. ГП "НИПТИС". Беларусь;

Радей Карел докт. Чехія;

Сиройч Здислав д.е.н., проф. Польща;

Сломски Войтех д.е.н., проф. Словаччина;

Трейковські Маріан д.е.н., проф. Македонія;

Фингер Матіас д.е.н., проф. Швейцарія;

Відповідальний секретар О.В. Сирота

Комп'ютерна верстка та графіка О.В. Сирота

Мова видання: українська і російська.

Затверджено до друку Вченою радою інституту протокол № 3 від 14.12.2023 р. №76 (технічні науки, економічні науки).

Адреса редколегії збірника:

03110, МСП, Київ, проспект Лобановського (Червонозоряний), 51. Тел. 275-20-78

E-mail: vistavca@ukr.net

web: <http://ndibv-building.com.ua>

Редакція не завжди поділяє думку та погляди автора. Відповідальність за достовірність фактів, власних імен, географічних назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.

Відповідно до Закону України «Про авторське право та суміжні права» при використанні наукових ідей та матеріалів цього збірника посилання на авторів і видання є обов'язковим.

Журнал реферується у наукометричній базі даних



ISSN 2524-2555 (online)

ISSN 0131-8942 (print)

УДК 69:658.567

¹ **П.Є.Григоровський**, д.т.н., с.н.с., перший заступник директора інституту з наукової роботи
<https://orcid.org/0000-0003-0527-5890>;

² **Ю.М.Червяков**, к.т.н. заступник директора, <https://orcid.org/0000-0002-1326-6217>;

³ **В.О.Басанський**, к.т.н. зав. сект. <https://orcid.org/0000-0002-7850-7798>;

⁴ **О.В.Мурасьова**, к.т.н., зав. відділу, <https://orcid.org/0000-0003-4995-3761>;

⁵ **Ю.М.Халупка**, інж, <https://orcid.org/0009-0002-7702-8039> ;

⁶ **Ю.В.Бількевич**, інж.

1, 2, 3, 4, 5, 6 ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького»

ОРГАНІЗАЦІЯ РЕЦИКЛІНГА БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ

Анотація. Мета статті – дослідження світового досвіду організації збирання та переробки відходів будівництва та знесення для їх повторного використання в будівництві, визначення можливості застосування позитивних практик в Україні. В ЄС будівельні відходи становлять більше третини всіх утворених відходів. Компоненти відходів будівництва та знесення мають різну ресурсну цінність, але все одно можуть бути легко перероблені в нові вироби або матеріали. Рівень вторинної переробки та утилізації відходів суттєво різниться в країнах ЄС, коливаючись від менше 10 % до понад 90 %. З економічним розвитком країни обсяги відходів збільшуються. Основні переешкоди, які гальмували розвиток сталого управління відходами, наприклад у Німеччині, є відсутність загальнонаціонального регулювання вторинними будівельними матеріалами; відсутність економічних стимулів, коли первинна сировина представлена у великій кількості в більшості регіонів Німеччини, а тому вона відносно дешева порівняно з вторинною сировиною; санкції на порушників правил управління відходами занадто низькі та не застосовуються регулярно. Шляхами забезпечення необхідності переробляти будівельні відходи може бути визначення на законодавчому рівні обсягів будівельних відходів залежно від площі будівлі, де виконують будівельні роботи, або вартості будівельних робіт; встановлення прямої вимоги щодо використання при новому будівництві певного відсотку продукції з перероблених будівельних відходів або прямої заборони на звалища для відходів будівництва та знесення, що можуть бути перероблені для повторного використання. Для заохочення компаній до використання вторинних матеріалів та зменшення відходів застосовують економічні стимули, такі як податкові пільги або субсидії, а також додаткові податки на використання неперероблених матеріалів. Рамкова директива про відходи, прийнята в 2008 р., націлена на запобігання або зменшення обсягів утворення відходів для переходу до циркулярної економіки та гарантування довгострокової конкурентоспроможності ЄС.

Ключові слова: відходи будівництва та знесення, рециклінг, організація, світова практика, стимулювання, циркулярна економіка.

Постановка проблеми

За період військових дій на території України зруйновано та пошкоджено десятки тисяч будівель і споруд виробничого та невиробничого призначення. Частка приватних та багатоквартирних житлових будинків у загальному обсязі збитків становить приблизно третину [1].

Обсяг відходів руйнації в Україні через військову агресію РФ можна порівняти з кількістю твердих побутових відходів, що в середньому утворюються в країні за рік. Станом на лютий 2023 року обсяг відходів руйнації уже становив близько 10-12 млн. т [2].

Поки в Україні немає традиції глибокої переробки будівельних відходів, показник ресайклінгу становить 6 % від загальної кількості отриманих відходів. Але у баченні великої відбудови країни ці відходи слід розглядати як можливий майбутній ресурс для будівельної галузі [3].

Сьогодні відходи руйнації будівельних об'єктів вивозять без попереднього сортування на організовані та стихійні звалища.

Мета статті полягає в дослідженні світового досвіду організації збирання та переробки відходів

будівництва та знесення для їх повторного використання в будівництві, визначення можливості застосування позитивних практик в Україні.

Результати досліджень

Відходи будівництва та знесення становлять більше третини всіх відходів, що утворюються в країнах Європейського Союзу. Вони містять широкий спектр матеріалів, таких як бетон, цегла, дерево, скло, метали та пластик. Сюди входять усі відходи, утворені під час будівництва та знесення будівель та інфраструктури, а також під час планування та обслуговування доріг.

Деякі компоненти відходів будівництва та знесення мають високу ресурсну цінність, тоді як інші можуть мати нижчу цінність, але все одно можуть бути легко перероблені в нові вироби або матеріали. Технологія розділення та утилізації будівельних відходів і відходів знесення добре налагоджена, та легкодоступна.

Якщо будівельні відходи не підлягають сортуванню на місці їх утворення, вони також можуть містити невелику кількість небезпечних матеріалів,

Коефіцієнти перероблення відходів будівництва та знесення

Країна	Кількість утвореного викопаного ґрунту, млн. т	Відходи будівництва та знесення без виїмки ґрунту		Примітки
		Обсяг генерації, млн. т, без шламу	Коефіцієнт переробки, %, без шламу	
Бельгія		14,8	97,6	
Німеччина	113,7	82,2	96,0	Коефіцієнт повторного використання без урахування засипки становить 68 %
Нідерланди		24,2	93,0	
Велика Британія	54,4	44,8	86,5	
Італія		38,8	76,0	
Іспанія		27,6	68,0	
Франція		64,2	63,0	

таких як розчинники та азбест. Це може становити особливий ризик для навколишнього середовища та перешкоджати переробці.

Незважаючи на потенціал, рівень вторинної переробки та утилізації відходів будівництва та знесення суттєво різняться в країнах ЄС, коливаючись від менше 10 % до понад 90 %. [4].

Коефіцієнти перероблення відходів будівництва та знесення (дані за 2012 рік) у деяких країнах ЄС наведено в таблиці 1 [5].

Склад відходів будівництва та знесення Німеччини за 2012 рік наведено в таблиці 2 [6].

На обсяги утворення відходів будівництва та знесення суттєво впливає економічний розвиток країни та зокрема будівельної галузі.

У 2012 році обсяги відходів будівництва та знесення (небезпечних і нешкідливих), у порівнянні з 2010 роком, зросли на 3 %. Небезпечні відходи становили близько 4 % (8 млн. т).

Згідно з даними Федерального відомства статистики та інформації Німеччини 68 % відходів було перероблено, а 28 % використано в інший спосіб (зокрема як засипка).

Що стосується категорії «ґрунт і каміння», то було перероблено 10,7 млн. т (9,8 %), тоді як 85,9 млн. т (78,2 %) з утворених 110 млн. т нешкідливих відхо-

дів було використано у відкритих гірничих роботах та для виконання поверхневих робіт, що становить загальний рівень відновлення 88 %.

Правова база Німеччини є державною з федеральною структурою, яка складається з 16 земель, тому управління відходами значно відрізняється від одного штату (землі) до іншого. Оскільки єдиних норм і законів на національному рівні не існує, можуть виникнути ситуації, коли, наприклад, оцінка впливу на навколишнє середовище, проведена офіційно визнаним випробувальним інститутом у федеральній землі, недійсна в сусідній землі.

Основні перешкоди, які гальмували в Німеччині розвиток сталого управління відходами будівництва та знесення:

- неоднорідне законодавство. Відсутність загальнонаціонального регулювання вторинними будівельними матеріалами;

- відсутність економічних стимулів. Первинна сировина представлена у великій кількості в більшості регіонів Німеччини, тому вона відносно дешева порівняно з вторинною сировиною. Оскільки не існує субсидій чи інших економічних стимулів, які могли б стимулювати використання вторинних матеріалів, вибір на користь первинних матеріалів в основному залежить від ціни. Державний сектор міг

Таблиця 2

Склад відходів будівництва та знесення Німеччини за 2012 рік

Найменування матеріалів	Кількість млн. т
Бетон, цегла, черепиця та кераміка	52.2
Дерево, скло та пластик	4.1
Бітумні суміші, кам'яновугільна смола та смолські продукти	18.1
Метали (включаючи їх сплави)	7.9
Ґрунт (включаючи викопаний ґрунт із забруднених місць), каміння та відходи днопоглиблення	113.7
Ізоляційні матеріали та азбестовмісні конструкції та матеріали	0,98
Конструкційний матеріал на основі гіпсу	0.6
Інші відходи будівництва та знесення	3.7
Разом	201,3

би докласти додаткових зусиль для підвищення попиту на перероблені відходи, оскільки законодавство про відходи кожного штату вимагає переважно використання відходів для громадських будівельних робіт;

- відсутність правозастосування. Санкції на порушників правил управління відходами занадто низькі та застосовуються рідко. Багато працівників державного сектору не мають необхідних знань про конкретні правила, які стосуються використання перероблених будівельних відходів і відходів знесення.

Основні чинники сталого управління відходами будівництва та знесення:

- передові практики та добре налагоджена мережа. Німецька практика управління відходами є однією з найпередовіших у Європі та вдосконалюється протягом десятиліть. Ініціатива «Циркулярна економіка в будівництві» – добре налагоджена мережа, яка на початку свого існування встановлювала цілі щодо скорочення відходів і зараз здійснює моніторинг, а також кількісне визначення загальної кількості відходів, що утворюються та переробляються. Її можна розглядати як одну з основних причин високих темпів відновлення;

- відповідальність державного сектору. Тендери, які оцінюють перероблені матеріали принаймні так само, як первинну сировину або навіть явна перевага використання перероблених будівельних матеріалів є важливою рушійною силою сталого управління відходами;

- загальноприйняті сертифікати. Сертифікати є важливою рушійною силою сталого управління відходами. Наприклад, Німецька рада екологічного будівництва оцінює будівлі та міські райони, які демонструють видатну відданість досягненню цілей сталого розвитку;

- сприйняття та прийняття громадськістю. Перероблені матеріали все ще сприймаються як такі, що мають нижчу якість порівняно з первинними матеріалами, хоча первинні та вторинні матеріали мають відповідати однаковим стандартам, нормам DIN або EN. Науково підтверджена інформація, контроль якості та навчання можуть стимулювати збільшення використання перероблених матеріалів;

- норми. Норми DIN та EN не є перешкодами для переробки відходів і можуть діяти як рушії (наприклад, для участі в державних закупівлях).

В Японії у 2012 р. утворено 66,1 млн. т відходів будівництва та знесення, з яких 97,0 % використано повторно [5].

У 2000 р. в Японії прийнято з введенням у 2002

р. закон про переробку будівельних матеріалів, відповідно до якого підрядники залежно від обсягів будівельних відходів повинні були сортувати та переробляти певні відходи будівництва та знесення у випадку:

- демонтажу будівлі загальною площею 80 м² і більше;

- виконання будівельних робіт або робіт з розширення загальною площею 500 м² і більше;

- виконання будівельних робіт за контрактом вартістю 5 млн. ієн і більше;

- виконання ремонтних робіт або робіт з реконструкції за контрактом вартістю 100 млн. ієн і більше.

Найбільший потік відходів, що утворюється в Лондоні, – це відходи будівництва та знесення. Згідно зі статистичними даними Департаменту навколишнього середовища, продовольства та сільських справ (Defra), будівництво, знесення та земляні роботи, включаючи днопоглиблювальні роботи, утворили близько 62 % від загального обсягу відходів Великобританії у 2018 році порівняно з 12 % побутових відходів. У 2018 році у Великій Британії було утворено 67,8 млн т (90 %) нешкідливих відходів будівництва та знесення [7].

Будівельні підприємства несуть юридичну відповідальність згідно з Правилами щодо відходів (Англія та Уельс) 2011 року, Правилами щодо небезпечних відходів (Англія та Уельс) 2005 року та Законом про захист навколишнього середовища 1990 року, щоб гарантувати, що вони виробляють, зберігають, транспортують і утилізують відходи свого бізнесу без шкоди для навколишнього середовища. Це називається їхнім обов'язком піклування.

У 2018 році в Сполучених Штатах утворено 600 млн. т відходів будівництва та знесення, що більше ніж удвічі перевищує кількість утворених твердих побутових відходів [8]. У таблиці 3 наведено дані щодо загальної кількості утворених відходів будівництва та знесення, для 2015 і 2018 років додано шляхи використання відходів будівництва та знесення.

У таких державах як Данія, Нідерланди, Німеччина існує пряма вимога в новому будівництві використовувати певний відсоток продукції з перероблених будівельних відходів.

В Австрії переробляється близько 87 % відходів будівництва та знесення. Збір відходів зазвичай виконується безпосередньо на місці через контейнери, цю роботу провадять оператори з утилізації та знесення.

Найрадикальніші заходи боротьби з захороненням будівельних відходів вжито у Фламандському

Таблиця 3

Дані щодо відходів будівництва та знесення в США (млн. т)

Шлях управління	1990	2005	2015	2017	2018
Загальна кількість	135,530	170,000	547,040	569,360	600,330
Продукція промислового виробництва	-	-	108,560	-	131,590
Заповнювач	-	-	293,670	-	313,070
Добавка до ґрунту	-	-	2,000	-	1,890
Компост і мульча	-	-	2,610	-	2,460
Паливо	-	-	8,010	-	7,540
Звалище	-	-	132,190	-	143,780

регіоні Бельгії, де діють прямі заборони на звалища для будівельних відходів, що можуть бути перероблені для повторного використання. Такий підхід пояснюється високою щільністю населення Фландрії та дефіцитом вільних ділянок на наявних полігонах.

У Нідерландах уже близько 10 років діє закон, який забороняє звозити на полігони будівельні відходи, які можна переробити. У деяких інших країнах під час приймання відходів на полігон потрібні офіційні докази того, що ці відходи не піддаються переробці [9].

Міжнародний досвід поводження з будівельними відходами відрізняється від країни до країни, але можна виділити деякі загальні підходи та найкращі практики.

Багато країн фокусуються на повторному використанні та рециклінгу будівельних відходів. Наприклад, у Європейському Союзі ще у 2018 році переробляли 88% будівельних відходів з метою зменшення обсягів звалищ та збереження природних ресурсів (ці відходи використовували для облаштування спортивних майданчиків, стін для зниження шуму, зміцнення берегів річок, виробництва штучного каменю тощо). Залежно від країни, виду відходу і місця розташування звалища, вивіз на полігон 1 т будівельних відходів обходиться від 4 до 150 євро. В Україні вартість захоронення становить в середньому 90 грн/м³ (приблизно 2 євро за тонну) [10].

Розвинені країни часто мають суворі норми та регулювання управління будівельними відходами, включаючи вимоги до сортування, обліку та безпечної утилізації. Наприклад, у Нідерландах заборонено вивозити перероблені будівельні відходи. Ця країна щороку переробляє 22 млн. т будівельних відходів. У США в деяких штатах обов'язкова утилізація не менше половини відходів під час будівництва споруд площею понад 500 м².

У деяких країнах встановлені економічні стимули, такі як податкові пільги або субсидії, для заохочення компаній до використання вторинних матеріалів та зменшення відходів або додаткові податки на використання неперероблених матеріалів. Наприклад, у Великій Британії податок на використання природних заповнювачів (піску, гравію, гірських порід) становить 1,6 фунта стерлінгів за тонну.

Відповідно до Рамкової директиви про відходи (Директива 2008/98/ЄС Європейського парламенту та Ради від 19 листопада 2008 р.) [11], відходи будівництва та знесення є пріоритетним потоком відходів.

Ця Директива встановлює заходи щодо захисту навколишнього середовища та здоров'я людини шляхом запобігання або зменшення утворення відходів, негативного впливу від утворення та управління відходами, а також шляхом зменшення загального впливу використання ресурсів і підвищення ефективності такого використання, що є надзвичайно важливим для переходу до циркулярної економіки та для гарантування довгострокової конкурентоспроможності Європейського Союзу [12].

Як пріоритетний порядок у законодавстві та політиці щодо запобігання утворенню та управління відходами має застосовуватися така ієрархія щодо відходів:

- профілактика;

- підготовка до повторного використання;
- переробка;
- інше відновлення, наприклад, відновлення енергії;
- утилізація.

У разі необхідності, для полегшення або покращення підготовки до повторного використання, переробки та інших операцій відновлення, відходи підлягають окремому збору та не повинні змішуватися з іншими відходами чи іншими матеріалами з іншими властивостями.

Щоб відповідати цілям цієї Директиви та переходити до європейської циркулярної економіки з високим рівнем ефективності ресурсів, державичлени повинні вживати необхідних заходів, спрямованих на досягнення до 2020 року таких цілей:

- підготовку до повторного використання та переробку відходів, таких як принаймні папір, метал, пластик і скло з домогосподарств і, можливо, інших джерел, оскільки ці потоки відходів схожі на відходи з домогосподарств, збільшити до мінімум 50% за масою;

- підготовку до повторного використання, переробку та інше відновлення матеріалів, включаючи операції із зворотного засипання з використанням відходів для заміни інших матеріалів, нешкідливих будівельних відходів і відходів знесення, за винятком природних матеріалів, збільшити мінімум до 70 % за масою.

Висновки

1. Обсяг відходів руйнації в Україні можна порівняти з кількістю твердих побутових відходів, що в середньому утворюються в країні за рік. Відходи руйнації будівельних об'єктів вивозять без попереднього сортування на організовані та стихійні звалища.

2. В Європейському Союзі відходи будівництва та знесення становлять більше третини всіх утворених відходів. Рівень вторинної переробки цих відходів суттєво різниться в країнах ЄС, коливаючись від менше 10 % до понад 90 %.

3. На обсяги утворення відходів будівництва та знесення суттєво впливає економічний розвиток країни та зокрема будівельної галузі, тому, відповідно до статистичних даних, обсяги утворення відходів з часом збільшуються.

4. Основними перешкодами, які гальмують розвиток сталого управління відходами будівництва та знесення (на прикладі Німеччини) є: відсутність загальнонаціонального регулювання вторинними будівельними матеріалами; відсутність економічних стимулів використання вторинних матеріалів; занадто низькі санкції на порушників правил управління відходами.

5. Одним зі шляхів примусити переробляти будівельні відходи може бути визначення на законодавчому рівні, як то зроблено в Японії, обсягів будівельних відходів залежно від площі будівлі, де виконують будівельні роботи, або вартості будівельних робіт, коли підрядники залежно від обсягів будівельних відходів повинні сортувати та переробляти певні відходи будівництва та знесення.

6. У ряді країн існує пряма вимога в новому будівництві використовувати певний відсоток про-

дукції з перероблених будівельних відходів, в інших – прямі заборони на звалища для будівельних відходів, що можуть бути перероблені для повторного використання. Ці заходи сприяють запобіганню захранення будівельних відходів.

7. У деяких країнах встановлені економічні стимули, такі як податкові пільги або субсидії, для заохочення компаній до використання вторинних матеріалів та зменшення відходів або додаткові податки на використання неперероблених матеріалів.

8. Для переходу до циркулярної економіки та гарантування довгострокової конкурентоспроможності Європейського Союзу прийнято Рамкову директиву про відходи (Директива 2008/98/ЄС Європейського парламенту та Ради від 19 листопада 2008 р.), яка встановлює заходи щодо захисту навко-

лишнього середовища та здоров'я людини шляхом запобігання або зменшення обсягів утворення відходів, негативного впливу від утворення та управління відходами, а також шляхом зменшення загального впливу використання ресурсів і підвищення ефективності такого використання.

9. В Україні для залучення відходів, утворених внаслідок руйнування та пошкодження будівельних об'єктів, має бути удосконалено законодавчу базу щодо поводження з будівельними відходами; створено нормативну базу на матеріали, отримані в результаті перероблення відходів, та на будівельну продукцію з їх використанням; розроблено технології сортування та перероблення відходів, а також технології виготовлення будівельної продукції та зведення будівель і споруд.

Література

1. Електронний ресурс: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/na-listopad-2022-roku-zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-skladaye-mayzhe-136-mlrd/>
2. Електронний ресурс: <https://rubryka.com/article/vidhody-vid-rujnuvan-u-gromadah/>
3. Електронний ресурс: <https://www.epravda.com.ua/news/2024/02/1/709436/>
4. Електронний ресурс: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en
5. Електронний ресурс: <https://www.suishinkaigi.jp/en/Our%20works/case%20studies.pdf>
6. Електронний ресурс: https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/deliverables/CDW_Germany_Factsheet_Final.pdf
7. Електронний ресурс: <https://cpdonline.co.uk/knowledge-base/health-and-safety/construction-waste-disposal/>
8. Електронний ресурс: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/construction-and-demolition-debris-material>
9. Електронний ресурс: <https://rubryka.com/article/waste-from-war/>
10. Електронний ресурс: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-viklikita-mozlivosti-dla-ukraini.html>
11. Електронний ресурс: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02008L0098-20180705>
12. Електронний ресурс: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02008L0098-20180705>

References

1. Elektronny`j resurs: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/na-listopad-2022-roku-zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-skladaye-mayzhe-136-mlrd/>
2. Elektronny`j resurs: <https://rubryka.com/article/vidhody-vid-rujnuvan-u-gromadah/>
3. Elektronny`j resurs: <https://www.epravda.com.ua/news/2024/02/1/709436/>
4. Elektronny`j resurs: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en
5. Elektronny`j resurs: <https://www.suishinkaigi.jp/en/Our%20works/case%20studies.pdf>
6. Elektronny`j resurs: https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/deliverables/CDW_Germany_Factsheet_Final.pdf
7. Elektronny`j resurs: <https://cpdonline.co.uk/knowledge-base/health-and-safety/construction-waste-disposal/>
8. Elektronny`j resurs: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/construction-and-demolition-debris-material>
9. Elektronny`j resurs: <https://rubryka.com/article/waste-from-war/>
10. Elektronny`j resurs: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-viklikita-mozlivosti-dla-ukraini.html>
11. Elektronny`j resurs: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02008L0098-20180705>
12. Elektronny`j resurs: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02008L0098-20180705>

¹ **P.E. Hryhorovskiy**, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, First Deputy Director of State Enterprise “NDIBV” <https://orcid.org/000-0003-0527-5890>;

² **Y.N. Chervyakov**, Ph.D, Deputy Director, <https://orcid.org/0000-0002-1326-6217>;

³ **V.O. Basanskyi**, Ph.D, Head of the Sector of State Enterprise “NDIBV” <https://orcid.org/0000-0002-7850-7798>;

⁴ **O.V. Murasova**, Ph.D, Head of the Department of State Enterprise “NDIBV”, <https://orcid.org/0000-0003-4995-3761>;

⁵ **Yu.M. Khalupka**, Eng.;

⁶ **Yu.V. Bilkevych**, Eng.

1, 2, 3, 4, 5, 6 SE «Research Institute of Construction Production named after V.S. Balytsky»

CONSTRUCTION WASTE RECYCLING ORGANIZATION

Abstract. *The purpose of the article is to study the global experience of organizing the collection and processing of construction and demolition waste for their reuse in construction, to determine the possibility of applying positive practices in Ukraine. In the EU, construction waste makes up more than a third of all generated waste. The components of construction and demolition waste have different resource values, but can still be easily recycled into new products or materials. The level of recycling and disposal of waste varies significantly in EU countries, ranging from less than 10% to more than 90%. With the economic development of the country, the volume of waste increases. The main obstacles that hindered the development of sustainable waste management, for example in Germany, are the lack of nationwide regulation of secondary construction materials; lack of economic incentives, when primary raw materials are presented in large quantities in most regions of Germany, and therefore they are relatively cheap compared to secondary raw materials; sanctions for violators of waste management rules are too low and not applied regularly. Ways to ensure the need to process construction waste can be the determination at the legislative level of the volume of construction waste depending on the area of the building where construction work is performed, or the cost of construction work; establishment of a direct requirement for the use of a certain percentage of products from recycled construction waste in new construction or a direct ban on landfills for construction and demolition waste that can be processed for reuse. Economic incentives, such as tax breaks or subsidies, as well as additional taxes on the use of non-recycled materials, are used to encourage companies to use secondary materials and reduce waste. The Waste Framework Directive, adopted in 2008, aims to prevent or reduce waste generation in order to transition to a circular economy and guarantee the EU's long-term competitiveness.*

Key words: *construction and demolition waste, recycling, organization, world practice, stimulation, circular economy.*

УДК 697.98;69:504

¹ **П.Є. Григоровський**, д.т.н., с.н.с., перший заступник директора інституту з наукової роботи, <https://orcid.org/0000-0003-0527-5890>;

² **О.В. Мурашова**, к.т.н. завідувач відділу, <https://orcid.org/0000-0003-4995-3761>;

³ **В.О. Іваненко**, к.т.н., головний науковий співробітник;

⁴ **О.О. Захаренко**, старший науковий співробітник;

⁵ **І.М. Уманець**, к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельних технологій.

^{1, 2, 3, 4} ДП "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва ім. В.С. Балицького", м. Київ

⁵ Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТ ПРАЦІ НА ВЛАШТУВАННЯ ГЕОМЕМБРАНИ HDPE РЕКУЛЬТИВАЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПОЛІГОНУ №5 КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Анотація. У статті наведено результати досліджень витрат праці на комплексний процес влаштування геомембрани HDPE багатофункціонального рекультиваційного покриття Ділянки №1 полігону ТПВ №5 в с. Підгірці Обухівського району Київської області. Ці дослідження також відповідають напрямку наукової роботи кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури за темою «Створення алгоритму та електронної бази даних для визначення стандартів часу на виконання будівельних процесів» (ДР № 0121U108931), науковий керівник проф. Тонкаєв Г.М.

Для досліджень було використано мембрану HDPE компанії AGRU товщиною 1,5 мм, шириною 5,0 м довжиною 100 м. Дослідження проводились на ділянці сектора №2 в процесі укладання рулонна геомембрани 5x100 м, площею 500 м². 60% ділянки становила горизонтальна поверхня, а 40% - був схил 180.

Хронометражем визначали тривалість наступних технологічних операцій: розвантаження рулонів геомембрани з вантажівки екскаватором; переміщення одного рулону геомембрани до місця монтажу екскаватором; розпакування, розкочування, укладання з прирізкою і розрівнюванням геомембрани екскаватором; розміщення баластних мішків з піском для утримання геомембрани (привантаження); знепилювання швів геомембрани перед зварюванням; зварювання полотниць геомембрани подвійним швом; перевірка швів геомембрани тиском до 2 атм, усунення виявлених дефектів зварних швів, накладання латок на місця перевірки.

Експериментальне укладання мембрани здійснювалось на ділянці полігону площею 500 м² (10 x 50 м), виділеної виносними знаками на газовий дренаж – 30 см (щебінь фракції 20-40 мм), без використання шару геотекстилю. За результатами досліджень витрати праці на вкладання 100 кв.м структурованої геомембрани HDPE товщиною 1,5 мм склали 4,982 людино-години, крім того час роботи екскаватора – 1,50 машино-години.

Ключові слова: інженерний захист і підготовка територій, рекультиваційне покриття, влаштування геомембрани, витрати праці

Постановка проблеми

Полігон ТПВ №5 розташований на відстані 1 км від північно-західної околиці с. Підгірці Обухівського району Київської області [1].

Технічна рекультивація 1-ої ділянки площею 18,15 га полягає в створенні поверхні полігону з улаштуванням "плато" та формуванням схилів з ухилом до 18 шляхом підсіпки твердими побутовими відходами та включає в себе:

- виположування твердих побутових відходів для формування проектного схилу карти полігону ТПВ;

- вертикальне планування території I - ої карти з заданим проектним ухилом, влаштування системи відводу дощових вод, укладання дренажної системи відводу фільтрату; спорудження підпірної стінки;

- багатофункціональне рекультиваційне покриття 1-ої карти поверхні полігону: ТПВ - технологічний екран - суглинок - 25 см, газовий дренаж - 30 см (щебінь фракції 20 - 40 мм), геотекстиль - 5,5 мм, геомембрана HDPE товщиною 1.5 мм, дренажний (пісок

- 20 см) та рекультиваційні шари (суглинок - 20 см; шар родючого ґрунту - 30 см) [2];

- відведення фільтрату по існуючій системі мережі трубопроводів ШЗ300 мм до головної каналізаційної насосної станції (ГКНС), потім - локальні очисні споруди РОНЕМ потужністю 200 м³/добу і ставок – накопичувач;

- часткову реконструкцію системи моніторингу - спостереження за фільтратом на звалищі та у збірниках, за поверхневими водами в районі полігону, за підземними водами, за станом повітря з урахуванням існуючої системи [3, 4].

Ділянка №1 полігону ТПВ №5 площею 18,15 га відноситься до висотних полігонів, в окремих місцях відстань від поверхні полігону до поверхні землі сягає 30 м. Схили полігону утворені під кутом 180.

По східній і західній стороні полігону прокладені дренажні труби для збору фільтрату з 42 оглядовими колодязями.

Східна і західна сторони полігону закінчуються водовідвідними лотками загальною довжиною 1521

м. На північній стороні полігону (навпроти дамби) закладено 2 системи водовідвідних лотків загальною довжиною 564 м [5, 6].

За математичної моделі динаміки деформаційних процесів найбільший приріст деформацій поверхні полігону відбувся в період експлуатації полігону з нашаруванням ТВП без пересипки технологічним ґрунтом, а максимальне розтягуюче зусилля в півці складає 0,107 кН/м за максимально допустимому для товщини двох шарів 0,2 мм - 0,118 кН/м. Прогноз максимальних осідань верхні на стадії рекультивації за умови стабілізації масиву ТВП складає 0169 мм, по краях масиву від 55 до 85 мм, в середній зоні від 130 до 169 мм [15, 16].

Станом на квітень 2023 року виконано роботи з улаштування рекультиваційного покриття: ТПВ закрито технологічним екраном з суглинку та газового дренажу [2].

Через невелику кількість таких об'єктів в Україні технології влаштування захисних екранів для рекультивації полігонів ще не знайшли широкого впровадження в будівельну практику [8]. А нормативні документи не регламентують витрати праці на комплексний процес влаштування геомембрани [10, 11]. Тому передбачено проведення натурних випробувань хронометражем для встановлення витрат праці на комплексний процес влаштування геомембрани HDPE для створення протифільтраційного екрану [9]. Наукові дослідження відповідають напрямку наукової діяльності кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури за темою «Створення алго-

ритму та електронної бази даних для визначення стандартів часу на виконання будівельних процесів» (ДР № 0121U108931), науковий керівник проф. Тонкачев Г.М. [7, 12, 13, 14].

Мета досліджень

Мета досліджень полягає у вивченні та встановленні натурними випробуваннями витрат праці на комплексний процес влаштування геомембрани HDPE багатofункціонального рекультиваційного покриття Ділянки №1 полігону ТПВ №5 в с. Підгірці Обухівського району Київської області.

Основні результати досліджень

Експериментальна ділянка для укладання геомембрани розміщена у секторі 1 у південно-західній частині ділянки 1 полігону (рис. 1, поз.2). Майданчик розвантаження автомобілів згідно будгеплану розміщено на південній частині ділянки 1 (рис. 1, поз.1). Відстань між ділянками складає близько 500 м по технологічній дорозі.

До початку робіт шар щебня було розрівняно бульдозером та ущільнено самохідним вібраційним ґрунтовим котком Bomag BW 216 D-4, масою 17,1 т [7, 8, 9]. Роботи виконано у 2021 році. За тривалий час (майже 2 роки) з моменту закінчення цих робіт поверхня значно змінилась через осідання сміття тіла карти полігону. Також з'явились місця виділення фільтрату та біогазу під шаром щебно та суглинку просочується фільтрат. Поверхня засмічена, з'явились ями глибиною до 0,5м, поверхня щільно поросла бур'яном.



Рис.1. Схема розташування експериментальної ділянки: 1 – майданчик для розвантаження; 2 – експериментальна ділянка

Для досліджень було використано мембрану HDPE компанії AGRU товщиною 1,5 мм, шириною 5,0 м довжиною 100 м. Орієнтовна вага рулону складає 731 кг при щільності 0,92 г/см³.

Об'єктами вивчення була робоча операція, яка виконувалась одним робітником або групою робітників об'єднаних в трудовий колектив ланки або бригади.

При хронометражі або фотообліку дослідження затрат робочого часу складаються: вибір об'єктів спостереження; проведення досліджень; статистична обробка даних; аналіз результатів і підготовка пропозицій щодо удосконалення організації праці.

Технологічний процес поділявся на прості операції, встановлювалися фіксажні точки і одиниці продукції кожної операції і процесу в цілому. Перед проведенням хронометражу встановлено кількість спостережень, яка залежала від тривалості елементів операції і числа ізоляційників.

Дослідження проводились на ділянці сектора №2 в процесі укладання рулонна геомембрани 5x100 м, площею 500 м². 60% ділянки становила горизонтальна поверхня, а 40% - був схил під 180.

Нормований час роботи складався з часу оперативного (основного - тосн, допоміжного - тдоп), часу підготовчо-заключного тпз і часу регламентованих перерв трег.

Оперативний час - час на виконання заданої роботи (операції). Протягом основного часу виконуються виробничий процес; протягом допоміжного часу - організація і обслуговування виробничих процесів, технологічні та організаційні перерви, транспортні роботи, підготовка і ремонт пристосувань, заходи з техніки безпеки.

Підготовчо-заключний час - Час для підготовки робітників і засобів праці до виконання і приймання робіт.

Регламентовані перерви включали час відпочинку і час на особисті потреби, в тому числі технологічні та організаційні перерви.

Дослідженнями встановлено час підготовчо-заключної роботи як 9% від нормованих витрат часу, витрати робочого часу на відпочинок і особисті потреби відповідно 15% від нормованих витрат часу.

Тривалість операції розраховувалась за формулою:

$$N = t_{\text{факт}} \frac{100}{100 - (t_{\text{пз}} + t_{\text{рег}})} = t_{\text{факт}} \frac{100}{100 - (9 + 15)} = t_{\text{факт}} 1,3158$$

Хронометраж здійснювався для наступних технологічних операцій:

- розвантаження рулонів геомембрани з вантажівки екскаватором;
- переміщення одного рулону геомембрани до місця монтажу екскаватором;
- розпакування, розкочування, укладання з прирізкою і розрівнюванням геомембрани екскаватором;
- розміщення баластних мішків з піском для утримання геомембрани (привантаження);
- знепилювання швів геомембрани перед зварюванням;
- зварювання полотнищ геомембрани подвійним швом;
- перевірка швів геомембрани тиском до 2 атм,

усунення виявлених дефектів зварних швів, накладання латок на місця перевірки.

Додаткові технологічні операції, для яких не проводився хронометраж :

- розігрів геомембрани феном перед укладанням на борт лотка та її укладання;
- зварювання головки болта кріплення геомембрани до лотку з обох боків;
- розкрій геомембрани для герметизації колодязя дренажної системи;
- зварювання екструдером парасольки з геомембрани на колодязі;
- розкрій геомембрани для герметизації конструкцій для збирання біогазу;
- зварювання екструдером парасольки з геомембрани на конструкції для збирання біогазу;
- виявлення, усунення виявлених дефектів та пошкоджень полотнища, накладання латок D=0,3 м;
- насипання баластних мішків піском.

На рис. 2 показана типова схема укладання одного рулону геомембрани.

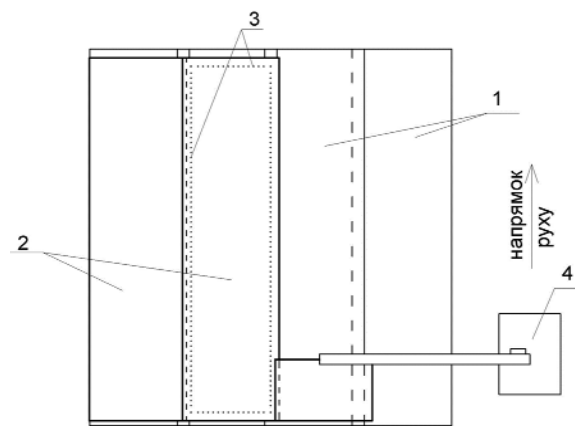


Рис. 2. Схема укладання геомембрани: 1 - геотекстиль; 2 - укладені полотнища геомембрани; 3 - мішки з піском; 4 - екскаватор з траверсою і рулоном геомембрани.

На захватці, для укладання геомембрани розгортали внапуск листи геотекстилю (з рулонів). Листи геотекстилю скріплювали між собою феном (гарячим повітрям) і, при необхідності, укладали привантаження – мішки з піском.

Наступною операцією є укладання полотнища геомембрани за допомогою екскаватора на гусеничному ході, обладнаного широкою траверсою, яка кріпилася на гаку ковша. Полотнище геомембрани розстеляли в стані, що вільно лежить, без натягнення, із забезпеченням нормативного напуску в повздовжньому і поперечному напрямках.

На початку технологічної операції екскаватор знаходився на відстані 2-3 м від краю попереднього укладеного рулону геомембрани з піднятою траверсою. Робітники вручну розгортали на 2-3 оберти рулони полотнища геомембрани (3-5 м) і укладали його на геотекстиль, витримуючи заданий напуск з торця і збоку листа. Після цього край геомембрани привантажували мішками з піском. Далі рулон геомембрани опускали на геотекстиль і при русі екскаватора він розкручувався.

Екскаватор рухався схилах полігону поперечними проходками. Робітники, при необхідності, розрів-

новали геомембрану із забезпеченням напуску в 100-110 мм.

Після закінчення укладання геомембрани, її з двох сторін привантажували мішками з піском через кожні 2 м. Для цього мішки знімали з сусідньої полоси.

Заборонялося пересування будівельної техніки укладеними (і незахищеним шаром піску) полотнищами геомембрани.

З'єднання листів гідроізоляційної мембрани виконувалося контактним зварюванням за допомогою зварювального апарата.

При контактному зварюванні технологічний процес здійснювався нагрітим клином, встановленим на самохідній установці. Клин нагрівав листи в місці їх контакту до температури вище за точку плавлення полімеру. Притискні ролики створювали необхідний для зварювання тиск. Під цим тиском відбувалося взаємне проникнення часток полімеру одного і іншого полотнища в зоні контакту і таким

чином формується міцний і непроникний зварний шов. Температура зварювання і швидкість в установці підтримувалася автоматично. Робітник тільки контролював напрямок руху самохідної зварювальної установки в процесі зварювання.

Місця, недоступні для контактного зварювання листів геомембрани, ремонтні накладки зварювали екструзією з використанням зварювального прутка.

При зварюванні екструзією відбувається подання розплавленого поліетилену в зону зварювання з мініекструдера. З метою підвищення однорідності поліетилену, що наплавляється, і мембрани попереднє розігрівання зварюваних поверхонь здійснювалося феном, встановленим на екструдері, шляхом подання гарячого повітря в зону шва. Нагріті поверхні полотнищ переходять у в'язкотекучий стан і за рахунок здавлення розплаву відбувається зварювання. В якості присадного матеріалу використовувався поліетиленовий пруток діаметром 3-4 мм.

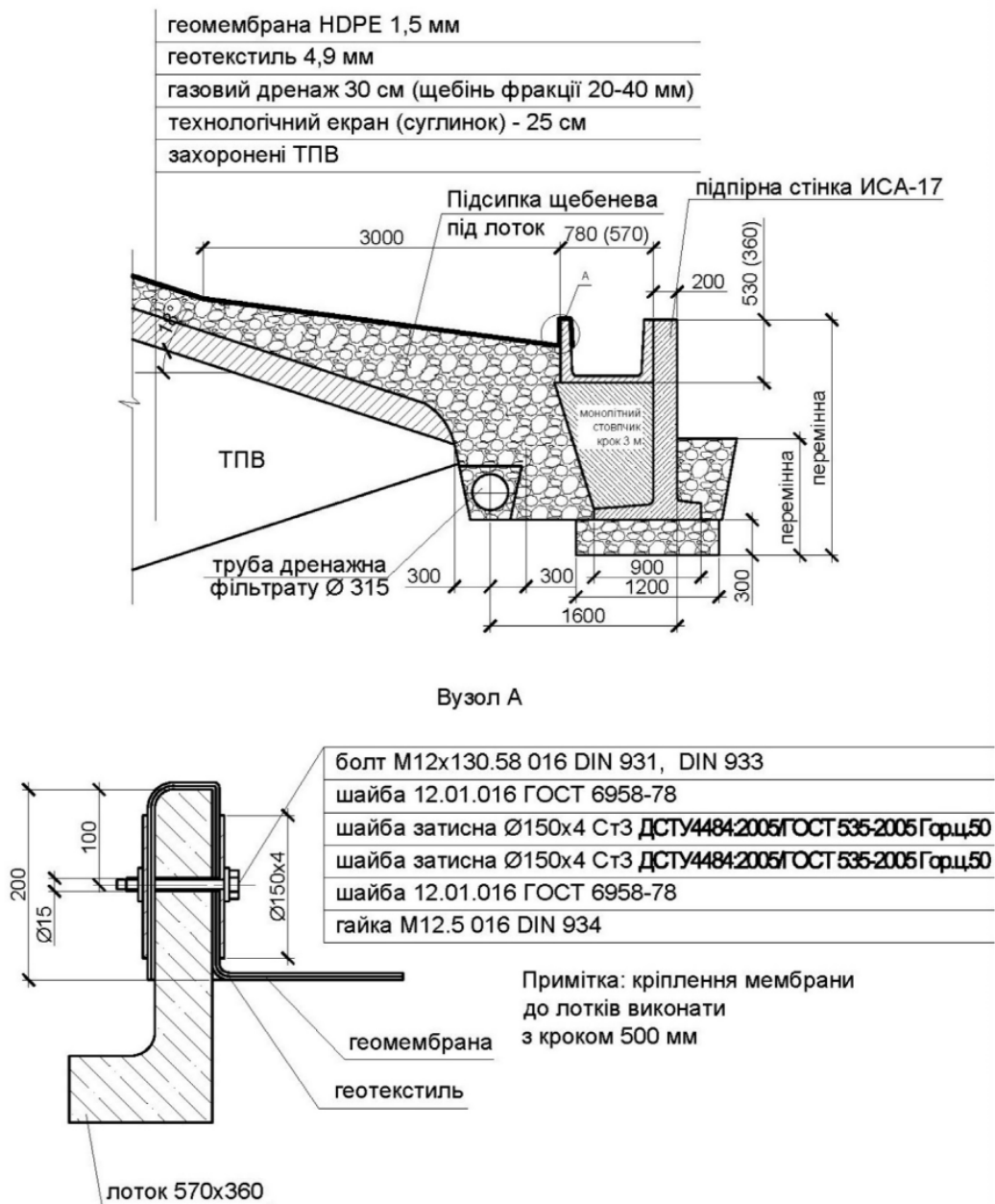


Рис. 3. Схема укладання геомембрани біля лотків суцільним рулоном



Рис. 4. Схема укладання геомембрани біля колодязя

При зварюванні полотнищ мембрани пересувним зварювальним агрегатом в обов'язковому порядку до початку роботи необхідно було провести пробне зварювання для перевірки і гарантованого налаштування зварювального агрегату.

Незалежно від способу виконання зварювальних робіт повинні виконуватися наступні вимоги:

- зварювальні роботи слід проводити при температурі повітря від плюс 5 °С до плюс 40 °С;
- не допускається виконувати зварювальні роботи під час опадів;
- міцність зварювального шва не має бути нижча міцності основного матеріалу.

В кінці зміни усі розкладені листи протифільтраційної мембрани HDPE мають бути зварені.

Укладання геомембрани біля лотків виконували двома способами.

В першому способі екскаватор знаходився біля лотка з припіднятою траверсою. Робітники вручну розкочували на 4-5м рулон геомембрани і його краї за допомогою шайб з болтами (рис. 3) кріпили до лотка. Далі при русі екскаватора вгору і відбувалося розкочування рулону геомембрани. В зоні лотка листи геомембрани зварювали екструдером з використанням зварювального прутка, а далі-зварювальним апаратом.

При другому способі рулон геомембрани шириною 5м розрізали навпіл на дві смуги шириною 2,5 м кожна. Потім ці смуги розкочували по довжині лотка і закріплювали до стінки лотка шайбами з болтами. До вільної сторони геомембрани по схилу ділянки №1 розкочували і приварювали інші листи геомембрани (рис. 3).

При укладанні геомембрани біля колодязя, зі шматка геомембрани виготовляли завчасно заготовку. Цю заготовку натягували на колодязь і щільно прижимали до шару щебня, при цьому одна сторона заготовки бути встановлена на укладену полосу геомембрани під зварювання автоматом. При цьому навколо колодязя утворювався футляр з геомембрани висотою 1200 мм такої форми, щоб він внизу щільно примикав до листа геомембрани. Стик між ними зварювали екструдером (рис. 4).

На верху колодязя утворюється «парасолька» з геомембрани, яка зверху кріпиться за допомогою алюмінієвої самоклеючої бітумної стрічки та фіксується металевою половою, а нижня частина внапуск закриває футляр з геомембрани та зварюється екструдером.

Таким чином одну сторону листа геомембрани закріплювали до лотка, а інші були приварені після укладання двох наступних полос геомембрани.

Значення витрат праці (люд.год.) і час експлуатації машин і механізмів (маш.год.) на влаштування 100 кв.м структурованої геомембрани товщиною 1,5 мм

№ з/п	Технологічна операція	Кількість робітників	Тривалість операції		Витрати праці люд.-год.
			хв	год	
1	Розвантаження рулонів геомембрани екскаватором з вантажівки	4	4,775	0,080	0,320
2	Переміщення одного рулону геомембрани до місця монтажу екскаватором	2	10,689	0,178	0,356
3	Розкочування геомембрани з її укладанням і розрівнюванням екскаватором	4	12,371	0,206	0,824
4	Розміщення баластних мішків з піском для утримання геомембрани	4	10,797	0,180	0,720
5	Знспілювання швів геомембрани	1	19,642	0,327	0,327
6	Зварювання геомембрани подвійним швом зварювальною машиною	2	21,812	0,364	0,728
7	Перевірка швів геомембрани тиском до 2 атм за допомогою компресора	2	18,449	0,307	0,614
8	Розігрів геомембрани фсном перед укладанням на борт лотка та її укладання	3	6,401	0,107	0,321
9	Розкрій геомембрани для герметизації колодязя дренажної системи	2	1,158	0,019	0,038
10	Зварювання скструдером парасольки з геомембрани	2	1,513	0,025	0,050
11	Розкрій геомембрани для герметизації конструкцій для збирання біогазу	2	0,079	0,001	0,002
12	Зварювання скструдером парасольки з геомембрани	2	0,780	0,013	0,026
13	Виявлення, усунення виявлених дефектів та пошкоджень полотнища, накладання латок D=0,3м за допомогою скструдера	2	7,747	0,129	0,258
14	Насипання баластних мішків піском	2	11,937	0,199	0,398
ВСЬОГО витрати труда на 100 м²					4,982

Облаштування захисного шару із піску товщиною 30 см відбувалося паралельно укладанню і зварюванню полотнищ геомембрани, а також дозволялася технологічна перерва не більше ніж 72 години.

Із досвіду відомо, що при відсіпанні по мембрані ґрунтом захисного шару відбувається найбільше механічних ушкоджень геомембрани. Тому, при виконанні робіт вжиті наступні заходи:

- роботи проводилися тільки при особистій присутності представника технагляду і ІТР будівельної організації;

- виконавець робіт визначав безпечні шляхи руху автомашин і будівельної техніки;

- допускався заїзд повністю завантажених автосамоскидів та бульдозерів на захисний шар завтовшки не менше ніж 0,5 м. При розрівнюванні ґрунту захисного шару бульдозером між полотнищем геомембрани і ґрунтом має бути шар захисного ґрунту завтовшки не менше ніж 0,3м;

- рух бульдозера при відсіпанні і розрівнюван-

ні захисного шару ґрунту передбачався вздовж сполучних швів;

- схема руху землерийних механізмів на карті екранування по захисному шару призначалася так, щоб поворот бульдозера не перевищував 150.

За результатами аналізу хронокарти, розраховано витрати труда на одиницю виміру 100 м² укладеної геомембрани HDPE.

Роботи по укладанню геомембрани виконували робітники ТОВ «Хозхімсервіс». Значення витрат праці (люд.-год.) наведено в табл. 1, за якими було побудовано графік виконання робіт табл. 2.

В графіку виконання робіт застосовано організацію праці послідовним методом. Розподіл на прості процеси веде до великої різниці у трудомісткості між окремими процесами, тому допускається їх об'єднання в один процес з виконанням його робітниками, які мають суміжні професії, наприклад, ізолявальник-такелажник. Це передбачає виконання робітником не тільки вкладання геомембрани, а й монтажних про-

10. Методы нормирования, применяемые в зарубежных странах / URL: https://studbooks.net/1507181/management/metody_normirovaniya_primenyaemye_zarubezhnyh_stranah
11. Микроэлементное нормирование – метод исследования и проектирования трудовых процессов, его сущность; этапы развития / URL <https://studfile.net/preview/9152934/page>
12. Система аналітичного визначення норм витрат праці на виконання будівельних процесів/ Г.М. Тонкачев, В.Г. Тонкачев, В.П. Рашківський, О.Г. Шандра. // Будівельне виробництво, 2022. - Вип. 74. - С. 3-10.
- 13.. 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.
14. Басараб В.А. Визначення технологічних параметрів процесу ущільнення ґрунту/ В.А. Басараб // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 3-15.
15. Досвід інформаційного моделювання динаміки деформаційних процесів ґрунтових масивів куполу полігону побутових відходів/ Григорівський П.Є., Чуканова Н.П., В.О. Басанський, О.В. Мурасьова, В.О. Іваненко // Будівельне виробництво, 2021. - Вип. 71. - С. 3-11.
16. Предумови інформаційного моделювання динаміки деформаційних процесів ґрунтових масивів на прикладі куполу полігону побутових відходів в с. Підгірці Обухівського району Київської області/ Григорівський П.Є., Чуканова Н.П., Басанський В.О., Наріжний В.В.// Нові технології в будівництві: наук. техн. зб., 2021., №40. – С. 3-14.

Reference

1. 306-17-1-0-PZ Project "Reconstruction and technical re-equipment of solid household waste landfill No. 5 in the village of Pidhirtsi Obukhiv district, Kyiv region. Reclamation of site No. 1", Volume 5, 2019.
2. A typical technological map for the implementation of works on the installation of a protective screen made of geomembrane during the formation of a reclamation layer on site No. 1 of landfill No. 5, SE "NDIBV", 2023.
3. DBN V.2.4-2:2005 "Solid household waste landfills. Basic design provisions" with Amendment 1
4. DBN V.2.4-4:2010 "Design. Landfills for disposal and disposal of toxic waste. The main provisions of the design".
5. Murasyova O.V., Umanets I.M. Means of engineering protection of landfills of solid household waste / Murasyova O.V., Umanets I.M. // Construction production. - K.: NDIBV. – 2019. – No. 65. – P. 60 – 64.
6. Murasyova O.V., Umanets I.M. Experimental studies of the stability of the drainage layer at different slope angles of landfills of solid household waste/ Murasyova O.V., Umanets I.M. // ETEVM-2019. XII International Congress and Technical Exhibition: a collection of reports, June 10-14, 2019, Chornomorsk, Ukraine. – Chornomorsk, 2019. – P.312-318.
7. The method of choosing a set of means for compacting the soil of pits by technical characteristics/ Basarab V.A., Umanets I.M., Sausheva L.S. // Basics and foundations. - Scientific and Technical Journal "Bases and foundations". Issue 43. Edited by Igor Boyko. - K.: KNUCA. – 2021. - No. 43. – P.67 – 78. DOI: 10.32347/0475-1132.43.2021.67-78
8. Technologies of engineering protection of territories from dangerous geological factors: training. manual / V.I. Ternovy, I.M. Umanets, V.A. Basarab, O.M. Makhinya - Kyiv: KNUBA, 2023. - 124 p.
9. Balova E.F. Normalization of workers' work in construction / E.F. Balova, R.S. Beckerman, N.N. Evtushenko et al.: edited by E.F. Balovoy - M.: Stroyizdat, 1985. - 440 p.
- 10 Standardization methods used in foreign countries / URL: https://studbooks.net/1507181/management/metody_normirovaniya_primenyaemye_zarubezhnyh_stranah
11. Microelement standardization is a method of research and design of labor processes, its essence; development stages / URL <https://studfile.net/preview/9152934/page>
12. The system of analytical determination of norms of labor costs for the implementation of construction processes/ H.M. Tonkacheev, V.G. Tonkacheev, V.P. Rashkivskiy, O.H. Shandra // Construction production, 2022. - Issue 74. - P. 3-10.
13. Tonkacheev H.M., Tonkacheev V.G., Nosach K.V. Selection of formwork systems for the arrangement of monolithic columns by the method of integer normalization of labor intensity and duration of processes // Ways of increasing the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations: Collection. of science works K.: KNUBA, 2021. Issue 47. Part 1. P. 96-107. DOI:10.32347/2707-501x.2021.47(1).96-107.
14. Basarab V.A. Determination of technological parameters of the soil compaction process/ V.A. Basarab // Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of the formation of market relations. – 2020. – No. 45. – P. 3-15.
15. Experience of information modeling of the dynamics of deformation processes of soil massifs of the dome of the household waste landfill/ Grigorovskiy P.E., Chukanova N.P., V.O. Basanskiy, O.V. Murasyova, V.O. Ivanenko // Construction production, 2021. - Issue 71. - P. 3-11.
16. Prerequisites for information modeling of the dynamics of deformation processes of soil massifs on the example of the dome of the household waste landfill in the village of Pidhirtsi Obukhiv district, Kyiv region/ Hryhorovskiy P.E., Chukanova N.P., Basanskiy V.O., Narizhnyi V.V.// New technologies in construction: science. technical Coll., 2021., No. 40. - P. 3-14.

¹ **P.E. Hryhorovskiy**, doctor of technical sciences, Senior Research Fellow, first deputy director of the institute for scientific work, <https://orcid.org/0000-0003-0527-5890>;

² **O.V. Murasova**, candidate of technical sciences, head of department, <https://orcid.org/0000-0003-4995-3761>;

³ **V.O. Ivanenko**, candidate of technical sciences, chief researcher;

⁴ **O.O. Zakharenko**, senior researcher;

⁵ **I.M. Umanets**, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of construction technologies.

^{1, 2, 3, 4} SE "Research institute of construction production named after V.S. Balytskyi", Kyiv;

⁵ Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

STUDY OF LABOR COSTS FOR INSTALLATION OF THE HDPE GEOMEMBRANE OF THE RECHARGEMENT COVERING OF THE LANDFILL №5 OF THE KYIV REGION

Abstract. *The article presents the results of studies of labor costs for the complex process of installation of the HDPE geomembrane of the multifunctional reclamation cover of Site No. 1 of the landfill site No. 5 in the village of Pidhirtsi Obukhiv district, Kyiv region. These studies also correspond to the direction of the scientific work of the Department of Construction Technologies of the Kyiv National University of Construction and Architecture on the topic "Creation of an algorithm and an electronic database for determining time standards for construction processes" (DR No. 0121U108931), scientific supervisor prof. Tonkacheev G.M.*

HDPE membrane of the AGRU company, 1.5 mm thick, 5.0 m wide, 100 m long, was used for the research. The research was carried out in the area of sector №2 during the laying of a 5x100 m roll geomembrane with an area of 500 m². 60% of the site was a horizontal surface, and 40% was a 180 degree slope.

The timing was used to determine the duration of the following technological operations: unloading geomembrane rolls from a truck with an excavator; moving one roll of geomembrane to the installation site with an excavator; unpacking, rolling, stacking with trimming and leveling of the geomembrane with an excavator; placement of ballast bags with sand to hold the geomembrane (loading); dust removal of geomembrane seams before welding; welding of geomembrane panels with a double seam; inspection of geomembrane seams with a pressure of up to 2 atm, elimination of detected weld defects, applying patches to inspection sites.

The experimental laying of the membrane was carried out on a 500 m² (10 x 50 m) area of the landfill, marked with outriggers for gas drainage - 30 cm (crushed gravel fraction 20-40 mm), without the use of a geotextile layer. According to the research results, labor costs for laying 100 square meters of structured HDPE geomembrane with a thickness of 1.5 mm amounted to 4.982 man-hours, in addition, the working time of the excavator was 1.50 machine-hours.

Key words: *engineering protection and preparation of territories, reclamation cover, installation of geomembrane, labor costs*

В.А. Скакун, к.т.н., докторант кафедри економіки будівництва, ORCID: 0000-0001-7329-620X
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ

Анотація. Розробка та реалізація інвестиційних та будівельних проектів на засадах збалансованого розвитку є критично важливою для досягнення сталого зростання. У цій статті розглядаються ключові особливості та проблеми, пов'язані з такими проектами, наголошуючи на важливості інтеграції економічних, екологічних і соціальних практик у будівельну діяльність. Дослідження надає уявлення про найкращі практики та стратегії ефективного управління інвестиційно-будівельними проектами для забезпечення довгострокового успіху та стабільності.

Основними цілями цієї статті є визначення фундаментальних принципів збалансованого розвитку в контексті інвестиційно-будівельних проектів, аналіз особливостей, які сприяють досягненню збалансованого розвитку.

У статті використано комплексний огляд літератури та тематичні дослідження, що дозволяють цілісно зрозуміти багатогранність інвестиційних і будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку. Наголошується на інтеграції принципів сталого розвитку з початкових етапів проектування. Це включає в себе розгляд оцінки впливу на навколишнє середовище, ефективне використання ресурсів і використання стійких матеріалів і технологій. Також метою реалізації проектів є те, щоб проекти були економічно доцільними та забезпечували довгострокову фінансову віддачу. Це передбачає ретельний аналіз ринку, оцінку витрат і вигод і стратегії управління ризиками для пом'якшення потенційних фінансових проблем. Підкреслюється важливість залучення всіх відповідних зацікавлених сторін, включаючи місцеві громади, державні органи та інвесторів, до процесу прийняття рішень. Ефективна комунікація та співпраця необхідні для вирішення різноманітних інтересів і досягнення консенсусу. Забезпечує дотримання проектів національних і міжнародних правил і стандартів. Це стосується екологічних норм, будівельних норм і трудового законодавства. Відповідність мінімізує юридичні ризики та підвищує довіру до проекту.

Зосереджено на оптимізації використання таких ресурсів, як матеріали, праця та час, впровадження методів економічного будівництва та передових методів управління проектами може підвищити ефективність і зменшити відходи.

Впровадження передових технологій, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), автоматизація та системи відновлюваної енергії підвищують точність проекту, зменшують витрати та підвищують стійкість. Відповідність будівельних робіт встановленим стандартам якості, регулярні перевірки, тестування та дотримання найкращих практик мають вирішальне значення для отримання високоякісних результатів.

Наголошується на постійному моніторингу прогресу та ефективності проекту. Використання ключових показників ефективності (KPI) і регулярних оцінок допомагає завчасно виявляти проблеми та вносити необхідні корективи.

Розробка та реалізація інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку вимагає комплексного та комплексного підходу. Віддаючи пріоритет стійкості, економічній життєздатності, залученню зацікавлених сторін і відповідності нормативним вимогам, зацікавлені сторони можуть забезпечити позитивний внесок цих проектів у довгострокове зростання та розвиток. Стаття містить дорожню карту, щоб орієнтуватися в складнощях таких проектів, зрештою сприяючи більш стійкому та стійкому антропогенному середовищу.

Ключові слова: будівництво, організація будівництва, стейкхолдери будівництва, сталий розвиток, збалансований розвиток, учасники будівництва, цифрове середовище, BIM-моделі, цифровізація, організаційно-технологічні процеси будівництва.

Постановка проблеми

Тема проектування та реалізації інвестиційно-будівельних проектів у рамках збалансованого розвитку набуває значної актуальності в сучасному глобальному контексті. Оскільки світ бореться з проблемами швидкої урбанізації, погіршення стану навколишнього середовища та економічної нестабільності, потреба в практиках сталого та стійкого розвитку ніколи не була такою критичною. Ця актуальність підкреслюється дедалі більшим наголосом на стійкості, прагненні до економічної життєздатності та обов'язкової соціальної інклюзивності.

Збалансований розвиток має на меті гармонізувати економічне зростання з піклуванням про навколишнє середовище та соціальною справедливістю. У сфері інвестиційних і будівельних проектів це передбачає прийняття стратегій, які не тільки стимулюють економічні показники, але й пом'якшують вплив на навколишнє середовище та покращують якість життя громад. Такий підхід має вирішальне значення для забезпечення того, щоб розвиток відповідав поточним потребам без шкоди здатності майбутніх поколінь задовольняти власні потреби.

Стійкість є основою збалансованого розвитку.

Оскільки проблеми з навколишнім середовищем, такі як зміна клімату, виснаження ресурсів і забруднення, стають все більш актуальними, будівельні проекти повинні включати стійкі практики, щоб зменшити свій екологічний слід. Це включає використання екологічно чистих матеріалів, мінімізацію відходів і впровадження енергоефективних технологій. Стале будівництво не тільки вирішує екологічні проблеми, але й підвищує довгострокову життєздатність проектів за рахунок зниження експлуатаційних витрат і покращення товарності.

Економічна життєздатність залишається наріжним каменем успішних інвестиційних і будівельних проектів. В епоху, позначену фінансовою невизначеністю та конкурентними ринками, забезпечення економічної обґрунтованості проектів має першочергове значення. Це передбачає комплексний аналіз ринку, ретельну оцінку витрат і вигод і надійні стратегії управління ризиками. Поєднуючи економічні цілі з цілями сталого розвитку, проекти можуть залучати інвестиції та досягати фінансової стабільності, одночасно сприяючи досягненню ширших цілей розвитку.

Соціальна інклюзивність є ще одним ключовим аспектом збалансованого розвитку. Інвестиційні та будівельні проекти мають глибокий вплив на місцеві громади, впливаючи на їх соціально-економічні умови та загальний добробут. Залучення зацікавлених сторін, включаючи місцевих жителів, державні органи та інвесторів, до процесів планування та реалізації сприяє прозорості та довірі. Вирішуючи потреби та проблеми цих зацікавлених сторін, проекти можуть сприяти соціальній справедливості та створювати позитивну спадщину.

Технологічні інновації відіграють вирішальну роль у просуванні збалансованого розвитку. Запровадження передових технологій, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), автоматизація та системи відновлюваної енергії, трансформують будівельну галузь. Ці технології підвищують ефективність, знижують витрати та підтримують стійкі практики, тим самим стимулюючи інновації та конкурентоспроможність.

Тема проектування та реалізації інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку є надзвичайно актуальною для вирішення сучасних викликів сталості, економічної доцільності та соціальної інклюзивності. Інтегруючи ці ключові функції, зацікавлені сторони можуть забезпечити позитивний внесок проектів розвитку в довгострокове зростання та добробут громад, таким чином дотримуючись принципів збалансованого розвитку. Постійна еволюція передового досвіду та нормативно-правової бази ще більше підкреслює важливість цієї теми для формування сталого та стійкого майбутнього, тому тема статті є актуальною та потребує досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми переходу суспільства або окремих підприємств на принципи сталого розвитку досліджували у своїх працях Фахім Джехангір Хан [1], Дхрув Біджор [2], Молінаріо Е. [4], Менса Дж., Ену-Квесі Ф. [5], Біерманн, Ф.; Каніе, Н.; Кім, Р.Е. [6], Таулор, С.Д.; Гуллу, Б.; Сбнчез, А.Н.; Роде, Е.; Агарвал, А.С. [7], Соллсте, Д.; Педерціні, М.;

Сорнелл, С.Е. [8], Ванг, Х.; Рен, Н.; Ванг, П.; Янг, Р.; Луо, Л.; Ченг, Ф. А [9], Барбієр, Е.Б. [11], Тйарве, Б.; Зем те, І. [12], Хаммонд, Г.П.; Віннетт, А.Б. [13], Редсліфт, М. [14], Верхаар, Н. [15]. Питаннями переходу будівельних підприємств на засади сталого розвитку займалися Бібік, Н. В. [17], Степенко С.П. [30, 33, 34], Ізмайлова К.В. [25, 28], Белєнкова О.Ю. [10, 27], Максимов А.С., Довганюк В.М., Вахович І.В., Цифра Т.Ю. [29, 31, 32], Гусарова Л.В., Боліла Н.В. [24], Орловський Є.С. [18], Білотіл В. Ю. [19], Малихіна О. М., Петруха С. В., Предун К. М., Кістіон Д. В., Хоменко О. М., Кучеренко О. І., Веремєєва Т. І. [20], Богінська Л. О. [21], Бредіхін В. М., Вербицька В. І. [22], Микитась М. В., Плоский В. О., Кожедуб С. А. [23]. Аналіз наукових праць дозволив виявити потребу в дослідженнях особливостей проектування та реалізації інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку.

Метою статті є аналіз особливостей інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження

Збалансований розвиток є необхідною умовою сталого економічного зростання та спільного процвітання, що має охоплювати зміцнення зв'язків між містами та сільською місцевістю, а також між більш розвиненими та менш розвиненими регіонами та громадами, а також справедливий розподіл життєвих потреб і створення робочих місць.

Збалансований розвиток – це концепція, що визначається як гармонійний розвиток різних сфер життя, таких як економіка, соціальна сфера, екологія, культура та інші. Головна ідея полягає в тому, щоб досягти рівноваги між різними аспектами розвитку, забезпечити сталість та підвищити якість життя в сучасному суспільстві.

Фахім Джехангір Хан в [1] стверджує: «...збалансований розвиток спрямований на прискорення розвитку сільських, міських і менш розвинених територій з більшим наголосом на «належному врядуванні», «створенні робочих місць, скороченні бідності та розвитку людських ресурсів» і «житло для всіх». Стратегія «збалансованого розвитку» щодо житла спрямована на реалізацію програм масового житла з розширеним постачанням інституційного фінансування та варіантами довгострокового фінансування з фіксованою ставкою; збільшення доступності освоєних земель; збільшення частки дрібних ділянок для малозабезпечених верств населення; створення багатопверхових кондомініумів, де це доречно, для більш ефективного використання землі; розбудова потенціалу для управління земельними ресурсами; перешкоджання спекуляції землею; удосконалення технології житлового будівництва; збільшення участі громади у фізичній інфраструктурі та наданні послуг через громадські ради громадян; а також забезпечення достатніх і доступних кредитів на будівництво сільського житла для задоволення потреб безземельних бідних.»

Дхрув Біджор [2]: «Теорія збалансованого розвитку – це пошук балансу між справедливістю та ефективністю в соціально-економічному розвитку держави. Основний принцип економіки полягає в пошуку балансу між справедливістю та ефективністю»

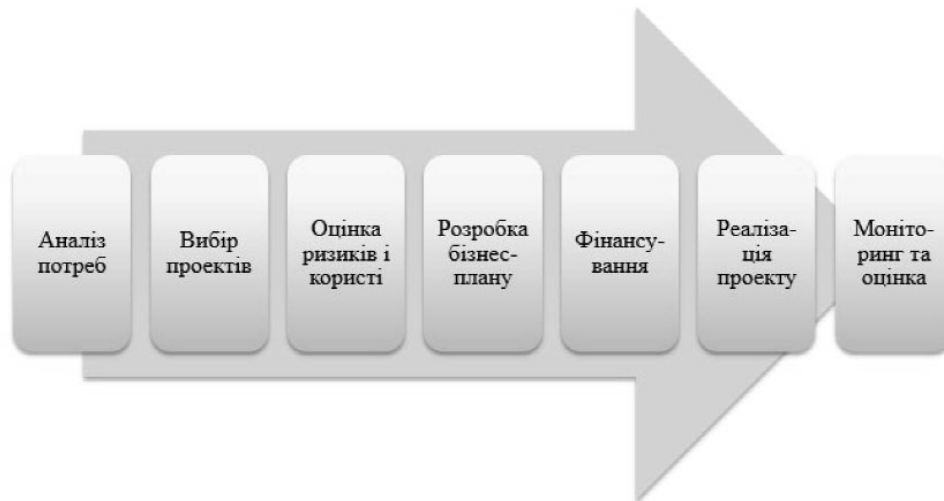


Рис. 1. Основні етапи процесу проектування інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку

стю. Якщо немає регулювання, результати визначаються виключно на конкурентній основі, що призводить до значної нерівності між багатими та бідними. Має бути розроблений механізм, який би гарантував, що кожен громадянин отримує доступ до мінімально необхідної кількості ресурсів для свого виживання.»

Відповідно до цікавої концепції Адама Сміта [3] про альтруїзм проти егоїзму, у виконанні своєї діяльності особа, яка прагне зробити внесок у суспільство, може здійснювати базову кількість діяльності, необхідну для свого особистого зростання та розвитку, після чого людина можуть зосередити свої зусилля на покращенні якості життя своїх співгромадян на конкурентній основі у відповідних сферах інтересів.

Ключовими аспектами збалансованого розвитку слід вважати:

1) Економічний розвиток. Забезпечення сталого економічного зростання, збільшення промисловості та виробництва, розширення підприємництва та забезпечення високого рівня зайнятості.

2) Соціальна справедливість та безпека. Гарантування соціальної справедливості, включаючи доступ до освіти, охорони здоров'я, житла та інших основних потреб. Забезпечення безпеки та захисту прав громадян.

3) Екологічна і споживча сталість. Збереження природних ресурсів, раціональне використання енергії, зменшення викидів та інших негативних впливів на довкілля. Заохочення екологічної свідомості серед населення.

4) Культурна різноманітність та розвиток. Збереження та розвиток культурної спадщини, підтримка та поширення мистецтва та науково-освітніх ініціатив. Підтримка культурної різноманітності.

5) Інновації та технологічний прогрес. Сприяння науковим дослідженням, розвитку технологій та інновацій. Забезпечення використання сучасних технологій для поліпшення ефективності та конкурентоспроможності.

6) Співпраця та партнерство. Розвиток співпраці між різними рівнями уряду, громади та бізнесу для спільного вирішення економічних, соціальних і екологічних завдань.

7) Справедливий розподіл ресурсів. За_безпе-

чення справедливого розподілу ресурсів, який враховує потреби сьогодення і майбутніх поколінь.

Збалансований розвиток визнає взаємозв'язок між різними сферами і прагне створити умови для сталого розвитку, який враховує потреби сучасного суспільства, не шкодячи при цьому майбутнім поколінням та природному середовищу.

Проектування інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку (рис. 1.) – це процес створення плану і реалізації проектів, які сприяють збалансованому розвитку регіону, галузі або компанії, враховуючи економічні, соціальні, екологічні та інші аспекти.

Аналіз потреб. Початковий етап полягає в аналізі потреб та можливостей регіону, галузі або компанії. Визначення, які проблеми або недоліки потребують вирішення, і які можливості можуть бути реалізовані.

Вибір проектів. На основі аналізу потреб визначаються інвестиційно-будівельні проекти, які найкраще відповідають меті збалансованого розвитку. Це можуть бути проекти з підвищеною ефективністю використання ресурсів, зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище або підтримкою соціальних ініціатив.

Оцінка ризиків і користі. Кожен інвестиційно-будівельний проект оцінюється з точки зору його потенційних ризиків і користі для всіх зацікавлених сторін. Це включає в себе фінансову оцінку, екологічні та соціальні впливи.

Розробка бізнес-плану. Для кожного обраного інвестиційно-будівельного проекту розробляється детальний бізнес-план, в якому визначаються бюджет, терміни виконання та інші ключові параметри.

Фінансування. Забезпечення фінансування для проектів – це важливий аспект. Це може бути здійснено за рахунок власних коштів, кредитів, інвестицій від сторонніх інвесторів або грантів.

Реалізація проектів. Після затвердження бізнес-плану та забезпечення фінансування інвестиційно-будівельні проекти реалізуються згідно з установленими термінами та бюджетом.

Моніторинг і оцінка. Після завершення проектів проводиться моніторинг їх впливу на економіку, суспільство та навколишнє середовище. Оцінка допомагає визначити, чи було досягнуто цілей зба-

лансованого розвитку.

Збалансований розвиток передбачає збереження екологічної рівноваги, підтримку соціальної справедливості та економічного зростання. Проектування інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку допомагає досягнути цих цілей і забезпечити сталість розвитку на довгострокову перспективу.

Реалізація інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку включає в себе кілька ключових етапів (рис. 1.2) і вимагає системного підходу, щоб забезпечити ефективність проекту з економічної, соціальної та екологічної точок зору.

Планування та проектування. Розробляється детальний план інвестиційно-будівельного проекту, враховуючи всі етапи від початкової фази до завершення. Необхідно забезпечити, щоб проект враховував принципи сталого розвитку та збалансованого підходу.

Взаємодія зі зацікавленими сторонами. Залучаються усіх зацікавлені сторони, такі як місцеве населення, уряд, екологічні організації і т.д., для отримання їхнього відгуку та врахування їхніх потреб та зауважень.

Сталий розвиток та збереження екології. Слід використовувати технології та методи, які зменшують негативний вплив на навколишнє середови-

ще, враховувати принципи збереження природних ресурсів та відновлення екосистем.

Соціальна відповідальність. Враховувати соціальні аспекти інвестиційно-будівельного проекту, такі як підтримка місцевого населення, покращення інфраструктури та соціальні програми.

Фінансова ефективність. Цей етап передбачає ефективне фінансове планування та управління бюджетом. Розгляд можливостей залучення інвестицій та фінансової підтримки зі сторони держави, приватних інвесторів чи міжнародних організацій.

Моніторинг та оцінка. Варто забезпечити системний моніторинг для відстеження виконання інвестиційно-будівельного проекту на всіх етапах. Проводити регулярні оцінки впливу проекту на економіку, соціум та навколишнє середовище.

Вирішення конфліктів та реагування на непередбачені ситуації. Аналізувати можливі ризики та враховувати стратегії їхнього управління. Встановити механізми вирішення конфліктів та реагування на непередбачувані ситуації.

Систематична комунікація з громадськістю та іншими сторонами. Забезпечити прозору інформаційну політику для громадськості та зацікавлених сторін. Здійснювати систематичну комунікацію з громадськістю та іншими сторонами.



Рис. 2. Основні етапи реалізації інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку

Доступ до сучасних технологій та інновацій. Залучати сучасні технології та інновації для підвищення ефективності та сталості інвестиційно-будівельного проекту.

Ці етапи допомагають створити інтегрований і збалансований підхід до реалізації інвестиційно-будівельних проектів, що сприяє сталому розвитку та задоволенню потреб всіх зацікавлених сторін.

Сталий розвиток може бути реалізований лише за умови дотримання кількох принципів. Молінаріо Е. та інші в праці [4] при обговоренні основ сталого розвитку віддають пріоритет економіці, навколишньому середовищу та суспільству. Менса Дж., Ену-Квесі Ф. в роботі [5] розглянули питання контролю популяції, управління людськими ресурсами, збереження екологічного та біорізноманіття, системи виробництва, збереження прогресивної культури та участь громадськості.

Одним із принципів сталого розвитку є збереження навколишнього середовища. Оскільки все життя припинилося б без навколишнього середовища та біорізноманіття, їх необхідно захищати. Обмежені ресурси Землі не можуть задовольнити потреби та засоби населення. Видобуток природних ресурсів не повинен перевищувати здатність Землі до сталого розвитку, оскільки виснаження ресурсів шкодить екосистемі [6]. Це свідчить про те, що в діяльності з розробки необхідно враховувати можливість Землі. Через це наявність відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, є важливою, а не надто сильно покладатися на гідроенергію та речі, виготовлені з нафти. Для досягнення сталого розвитку контроль за популяцією також має вирішальне значення через можливості покращеного збереження матеріалів за допомогою дематеріалізації, довговічності, можливість повторного використання та перенаправлення потоків відходів через промисловий симбіоз [7]. Люди можуть жити, використовуючи обмежені ресурси Землі. Зростання населення збільшує людські потреби, наприклад у їжі, одязі та житлі, але існують обмеження того, скільки світових ресурсів можна забезпечити. Тому управління популяцією та контроль є важливими для сталого розвитку. У документі [8] продемонстрована інтегрована імітаційна модель для розуміння та розробки сценаріїв для вивчення синергії та компромісів для прогресу в досягненні цілей сталого розвитку на національному рівні.

Ефективне управління людськими ресурсами є ще одним невід'ємним компонентом сталого розвитку. Люди відповідають за дотримання принципів. Люди повинні розумно використовувати довкілля та охороняти його. Зберегти мир на Матері-Землі залежить від людей [9]. Аргумент побудований на передумові, що сталий розвиток не може бути досягнутий лише завдяки зусиллям однієї особи чи організації, що посиляється на теорію системи. Усі особи та відповідні організації повинні розділити це зобов'язання. Концепція участі, яка вимагає від населення оптимістичних настроїв для досягнення реального прогресу, одночасно приймаючи відповідальність і підзвітність за стабільність, є основою сталого розвитку [7]. Щоб досягти справжніх довготривалих змін, участь передбачає об'єднання зусиль багатьох людей і організацій, які всі працюють над спільним

баченням сталого розвитку. У нас більше шансів досягти успіху, якщо ми усвідомлюємо відповідальність, яка покладена на кожного з нас, а також силу, яка приходить від спільної роботи заради спільної мети [11].

Сталий розвиток вимагає сприяння соціально прогресивним традиціям, поведінці та політичній культурі. Щоб підтримувати соціальну згуртованість і підтримувати цінування та збереження навколишнього середовища для сталого розвитку, необхідно розвивати, плекати та розширювати передову традиційну та політичну культуру. Систематична інтеграція екологічних, соціальних та економічних міркувань у всіх сферах результатів між поколіннями може бути підсумована як центральний принцип сталого розвитку. Соціально прогресивна культура має вирішальне значення для сталого розвитку, оскільки вона дозволяє людям зрозуміти свої зобов'язання перед суспільством і навколишнім середовищем. Тому для досягнення сталого розвитку необхідно створити прогресивну традиційно-політичну культуру. Цього можна досягти шляхом впровадження таких заходів, як заохочення низових організацій до підвищення обізнаності громадськості та участі в ініціативах сталого розвитку [12].

Систематичний консенсусний та евристичний підхід був використаний для досягнення принципів стійкості, заснованих на дослідженнях [13] в яких наслідки людського розвитку відображають термодинамічні ідеї та методи аналізу. Відсутність вичерпного визначення «сталого розвитку» та визнання невід'ємних проблем, пов'язаних із поточним використанням терміну «сталий розвиток», послужили натхненням для цього [14].

Модель світового економічного розвитку наситилася надмірною концентрацією на зростанні споживання. У результаті людство стикається з багатьма серйозними загрозами, включаючи зміну клімату, кризи в галузі охорони здоров'я, такі як COVID-19, економічну нестабільність та війну. Ці кризи послужили потужним нагадуванням про важливість спільних дій і глобальної солідарності. Таким чином, шлях до глобальної стійкості лежить через освіту мас і виховання економіки, заснованої на знаннях, і соціально відповідального суспільства [15]. Нова модель соціальної економіки для нинішнього покоління називається «сустейнізм» [16]. Необхідний холистичний підхід, який ляже в основу нової моделі розвитку під назвою сустейнізм, яка надає пріоритет якості життя, соціальній справедливості, культурі, світовому миру, соціальній справедливості та добробуту.

Висновки

Розробка та реалізація інвестиційно-будівельних проектів у контексті збалансованого розвитку є складним завданням, яке потребує багатопланового підходу.

Фундаментальним аспектом збалансованого розвитку є інтеграція принципів стійкості з самого початку проектування. Це вимагає цілісного підходу до планування та проектування, який враховує оцінку впливу на навколишнє середовище, ефективне використання ресурсів і використання стійких матеріалів і технологій. Віддаючи пріоритет стійкості, проекти не тільки мінімізують свій вплив на навко-

лише середовище, але й забезпечують довгострокову життєздатність і стійкість перед лицем зміни нормативних та ринкових умов.

Ефективне залучення зацікавлених сторін має вирішальне значення для збалансування різноманітних інтересів і досягнення консенсусу. Залучення місцевих громад, органів влади, інвесторів та інших відповідних сторін до процесу прийняття рішень сприяє прозорості та зміцненню довіри. Підходи до співпраці, такі як інтегрована реалізація проектів (IPD) і державно-приватне партнерство (PPP), покращують координацію та співпрацю між зацікавленими сторонами, що призводить до більш злагодженого та ефективного виконання проектів.

Дотримання національних і міжнародних правил і стандартів має важливе значення для надійності та законності проектів. Дотримання екологічних норм, будівельних норм і трудового законодавства мінімізує юридичні ризики та забезпечує відповідність проектів необхідним стандартам якості. Сильні структури управління та механізми підзвітності необхідні для нагляду за відповідністю та підтримки цілісності проекту протягом усього його життєвого циклу.

Технологічні інновації відіграють ключову роль у підвищенні ефективності, точності та стійкості будівельних проектів. Застосування передових технологій, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), автоматизація та системи відновлюваної енергетики, дозволяє точніше планувати, зменшує витрати та підтримує екологічні практики. Постійні інвестиції в дослідження та розробки (R&D) гаран-

тують, що проекти залишаються на передньому краї технологічних досягнень. Ефективне управління ресурсами є ключовим для мінімізації відходів і максимального підвищення продуктивності. Впровадження методів економічного будівництва та передових методів управління проектами може значно підвищити операційну ефективність. Процеси контролю та гарантії якості гарантують, що будівельна діяльність відповідає визначеним стандартам, тим самим зменшуючи пов'язані з цим витрати.

Постійний моніторинг і оцінка необхідні для відстеження прогресу та ефективності проекту. Використання ключових показників ефективності (КПІ) і проведення регулярних оцінок допомагають завчасно виявити проблеми та вчасно внести корективи. Адаптивні практики управління дозволяють проектам ефективно реагувати на непередбачені виклики та мінливі умови, гарантуючи, що вони залишаються на шляху до досягнення своїх цілей.

Розробка та реалізація інвестиційно-будівельних проектів в умовах збалансованого розвитку вимагає комплексного та комплексного підходу. Ставлячи, забезпечуючи економічну життєздатність, ефективно залучаючи зацікавлених сторін, дотримуючись нормативних вимог, залучаючи технологічні інновації, оптимізуючи управління ресурсами та заохочуючи постійний моніторинг і оцінку, зацікавлені сторони можуть досягати проектів, які позитивно сприяють довгостроковому зростанню та розвитку. Використовуючи ці ключові функції та найкращі практики, підприємства можуть досягнути більш сталого, стійкого та успішного розвитку.

Література

1. Збалансований розвиток. https://www.researchgate.net/publication/315791425_Balanced_Development
2. <https://www.linkedin.com/pulse/balanced-development-theory-finding-balance-between-dhruv-bijoor>
3. Адам Сміт «Дослідження про природу і причини багатства народів». Переклад з англ. О. Васильєв, М. Межевкіна, А. Малієвський. Київ: Наш формат, 2018. 722 с.
4. Molinario, E.; Kruglanski, A.W.; Bonaiuto, F.; Bonnes, M.; Cicero, L.; Fornara, F.; Scopelliti, M.; Admiraal, J.; Beringer, A.; Dedeurwaerdere, T.; et al. Motivations to Act for the Protection of Nature Biodiversity and the Environment: A Matter of "Significance". *Environ. Behav.* 2020, 52, 1133–1163.
5. Mensah, J.; Enu-Kwesi, F. Implications of environmental sanitation management for sustainable livelihoods in the catchment area of Benya Lagoon in Ghana. *J. Integr. Environ. Sci.* 2019, 16, 23–43.
6. Biermann, F.; Kanie, N.; Kim, R.E. Global governance by goal-setting: The novel approach of the UN Sustainable Development Goals. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 2017, 26, 26–31.
7. Taylor, C.D.; Gully, B.; Sánchez, A.N.; Rode, E.; Agarwal, A.S. Towards Materials Sustainability through Materials Stewardship. *Sustainability* 2016, 8, 1001.
8. Collste, D.; Pedercini, M.; Cornell, S.E. Policy coherence to achieve the SDGs: Using integrated simulation models to assess effective policies. *Sustain. Sci.* 2017, 12, 921–931.
9. Wang, X.; Ren, H.; Wang, P.; Yang, R.; Luo, L.; Cheng, F. A Preliminary Study on Target 11.4 for UN Sustainable Development Goals. *Int. J. Geohelit. Park.* 2018, 6, 18–24.
10. Беленкова, О. Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К. 2020. 512 с.
11. Barbier, E.B. The Concept of Sustainable Economic Development. *Environ. Conserv.* 1987, 14, 101–110.
12. Tjarte, B.; Zeme, I. The Role of Cultural Activities in Community Development. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun.* 2016, 64, 2151–2160.
13. Hammond, G.P.; Winnett, A.B. The Influence of Thermodynamic Ideas on Ecological Economics: An Interdisciplinary Critique. *Sustainability* 2009, 1, 1195–1225.
14. Redclift, M. The meaning of sustainable development. *Geoforum* 1992, 23, 395–403.
15. Verhaar, H. The Age of Sustainalism: The Connected Lighting Revolution. URL: https://www.iet.org/resources/COP%2023/Side-Event-Presentations/SE19_RTCC-Philips%20Lighting%20-%20COP23%2010Nov2017.pdf (дата звернення 15.01. 2023).
16. Sustainalism: An Integrated Socio-Economic-Environmental Model to Address Sustainable Development and Sustainability. URL: https://www.researchgate.net/publication/372203198_Sustainalism_An_Integrated_Socio-Economic-

Environmental Model to Address Sustainable Development and Sustainability (дата звернення 15.01.2023)

17. Бібік Н. В. Екологічне будівництво як інноваційний підхід формування сталого розвитку України. Економіка будівництва і міського господарства, 2014. 10, № 1, С. 23-29.
18. Орловський Є.С. Теоретичні засади та сучасні тенденції становлення екологічного будівництва як чинника сталого розвитку. Економічний простір, 2018. № 140, С. 182-203.
19. Білотіл В. Ю. Основні теоретичні засади, сучасний стан розвитку та тенденції формування «зеленого» будівництва в Україні в контексті сталого розвитку. Збалансоване природокористування, 2022. (1), 63-73.
20. Малихіна О. М., Петруха С. В., Предун К. М., Кістіон Д. В., Хоменко О. М., Кучеренко О. І., ... Веремєєва Т. І. Еколого-економічне моделювання предикторів інвестиційних програм сталого розвитку девелопменту в концепті стандартів біосферосумісного будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2018. № 38. С. 44, 54.
21. Богінська Л. О. Зелене будівництво як складова сталого розвитку будівельного комплексу. Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського Серія: Технічні науки. 2023. Т. 34 (73), No 2. С. 242–247.
22. Бредіхін В. М., Вербицька В. І. Напрямки розвитку «зелених» інновацій та технологій в будівництві. Комунальне господарство міст. 2019. Вип. 153. С. 69–74.
23. Микитась М. В., Плоский В. О., Кожедуб С. А. Дослідження системних ознак енергоефективних кластерних організаційних структур архітектурно-будівельної галузі. Управління розвитком складних систем, (35), 68-75.
24. Гусарова Л.В., Боліла Н.В. Екологічний компонент економічної безпеки як чинник сталого розвитку підприємств будівництва. Науковий погляд: економіка та управління. 2020. №2(68). С. 121–124.
25. Ізмайлова К.В. Регресивна модель впливу проектних рішень на енергоефективність будівлі. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2020. № 44. С. 108–115.
26. Беленкова О. Ю. Методологічні підходи до модернізації системи стратегічної конкурентоспроможності підприємств будівництва на засадах сталого розвитку. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 2019. 29-41.
27. 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.
28. Абашикіна К.О. Ізмайлова К.В. Обґрунтування економічної доцільності встановлення сонячних батарей на заміських житлових будинках/ Будівельне виробництво. 2017 № 62 / 2 с.156.
29. Максимов А.С., Довганюк В.М., Вахович І.В., Цифра Т.Ю. Техніко-економічне обґрунтування заходів з підвищення енергоефективності об'єктів невиробничого призначення. «Зелена» економіка – шлях до сталого розвитку: зб. матеріалів. К., 2013. 113–117.
30. Marchuk T., Ryzhakov D., Ryzhakova G., Stetsenko S. Identification of the basic elements of the innovation analytical platform for energy efficiency in project financing. Investment management and financial innovations, 2017 14(4), pp. 12-20.
31. Вахович І.В., Терещенко Л.В., Цифра Т.Ю., Редькін Ю.О. Економічна ефективність використання вторинних ресурсів в будівництві. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 2012. Вип.28, ч.2. С. 125-131.
32. Цифра Т. Ю., Деркач Є. В. Система сертифікації – нові реалії України. Енергоефективність у будівництві та архітектурі. 2016. Вип. 8. С. 403-408
33. Беленкова О., Локтіонова Я., Стеценко С., Титок В. Інтелектуальний капітал як чинник інноваційного сталого розвитку. Шляхи підвищення ефективності будівництва, 2022. 2 (50), 281–291. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(2\).281-291](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(2).281-291)
34. Стеценко С.П. Управління системою економічної безпеки регіонів України в умовах розвитку інтеграційних процесів: науково-практичний аспект : монографія. 2013. 360 с.

References

1. Zbalansovanyi rozvytok. https://www.researchgate.net/publication/315791425_Balanced_Development
2. <https://www.linkedin.com/pulse/balanced-development-theory-finding-balance-between-dhruv-bijoor>
3. Adam Smit (2018). «Doslidzhennia pro pryrodu i prychnyny bahatstva narodiv». Pereklad z anhliu O. Vasyliev, M. Mezhevikina, A. Malivskiyi. Kyiv: Nash format, 2018. 722 s.
4. Molinario, E.; Bonaiuto, F.; Bonnes, M.; Cicero, L.; Fornara, F.; Scopelliti, M.; dmiraal, J.; Beringer, A. (2020). Dedeurwaerdere, T.; et al. Motivations to Act for the Protection of Nature Biodiversity and the Environment: A Matter of "Significance". Environ. Behav, 52, 1133–1163.
5. Mensah, J.; Enu-Kwesi, F. (2019) Implications of environmental sanitation management for sustainable livelihoods in the catchment area of Benya Lagoon in Ghana. J. Integr. Environ. Sci, 16, 23–43.
6. Biermann, F.; Kanie, N.; Kim, R.E. (2017) Global governance by goal-setting: The novel approach of the UN Sustainable Development Goals. Curr. Opin. Environ. Sustain., 26, 26–31.
7. Taylor C.D.; Gully B.; Sónchez, A.N.; Rode, E., Agarwal, A.S. (2016) Towards Materials Sustainability through Materials Stewardship. Sustainability, 8, 1001.
8. Collste, D.; Pedercini, M.; Cornell, S.E. (2017) Policy coherence to achieve the SDGs: Using integrated simulation models to assess effective policies. Sustain. Sci. 2017, 12, 921–931.
9. Wang, X.; Ren, H.; Wang, P.; Yang, R.; Luo, L.; Cheng, F. A (2018) Preliminary Study on Target 11.4 for UN Sustainable Development Goals. Int. J. Geohierit. Park., 6, 18–24.
10. Bielienskova, O. Yu. (2020). Stratehiia ta mekhanizmy zabezpechennia konkurentospromozhnosti budivelnikh pidpriemstv

na osnovi modeli staloho rozvytku: monohrafiia. Kyiv: Lira-K. 512 s.

11. Barbier, E.B. (1987) *The Concept of Sustainable Economic Development*. *Environ. Conserv.*, 14, 101–110.
12. Tjarve, B.; Zem te, I. (2016) *The Role of Cultural Activities in Community Development*. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendel. Brun.* 2016, 64, 2151–2160.
13. Hammond, G.P.; Winnett, A.B. (2009) *The Influence of Thermodynamic Ideas on Ecological Economics: An Interdisciplinary Critique*. *Sustainability*, 1, 1195–1225.
14. Redclift, M. (1992) *The meaning of sustainable development*. *Geoforum*, 23, 395–403.
15. Verhaar, H. (2017) *The Age of Sustainalism: The Connected Lighting Revolution*. URL: https://www.ieta.org/resources/COP%2023/Side-Event-Presentations/SE19_RTCC-Philips%20Lighting%20-%20COP23%2010Nov2017.pdf (15.01. 2023).
16. *Sustainalism: An Integrated Socio-Economic-Environmental Model to Address Sustainable Development and Sustainability*. URL: https://www.researchgate.net/publication/372203198_Sustainalism_An_Integrated_Socio-Economic-Environmental_Model_to_Address_Sustainable_Development_and_Sustainability ((15.01. 2023)).
17. Bibik, N. V. (2014). *Ekolohichne budivnytstvo yak innovatsiyni pidkhid formuvannia staloho rozvytku Ukrainy. Ekonomika budivnytstva i miskoho hospodarstva*, 10, № 1, 23-29.
18. Orlovskiy Ye.S. (2018). *Teoretychni zasady ta suchasni tendentsii stanovlennia ekolohichnoho budivnytstva yak chynnyka staloho rozvytku. Ekonomichnyi prostir*, (140), 182-203.
19. Bilotil, V. Yu. (2022). *Osnovni teoretychni zasady, suchasnyi stan rozvytku ta tendentsii formuvannia «zelenoho» budivnytstva v Ukraini v konteksti staloho rozvytku. Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, (1), 63-73.
20. Malychina, O. M., Petrukha, S. V., Predun, K. M., Kistion, D. V., Khomenko, O. M., Kucherenko, O. I., ... & Veremieieva, T. I. (2018). *Ekoloho-ekonomichne modeliuвання predyktoriv investytsiynikh prohram staloho rozvytku developmentu v kontseпти standartiv biosferosumisnogo budivnytstva. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. 2018. № 38. S. 44, 54.
21. Bohinska L. O. (2023) *Zelene budivnytstvo yak skladova staloho rozvytku budivelnogo kompleksu. Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnogo universytetu im. V. I. Vernadskoho Seriya: Tekhnichni nauky*. T. 34 (73), No 2. S. 242–247.
22. Bredikhin V. M., Verbytska V. I. (2019) *Napriamky rozvytku «zelenykh» innovatsii ta tekhnologii v budivnytstvi. Komunalne hospodarstvo mist*. №. 153. S. 69–74.
23. Mykytas, M. V., Ploskyi, V. O., & Kozhedub, S. A. (2018). *Doslidzhennia systemnykh oznak enerhoefektyvnykh klasternykh orhanizatsiynykh struktur arkhitekturno-budivelnoi haluzi. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, (35), 68-75.
24. Husarova L.V., Bolila N.V. (2020) *Ekolohichni komponent ekonomichnoi bezpeky yak chynnyk staloho rozvytku pidpriemstv budivnytstva. Naukovi pohliad: ekonomika ta upravlinnia*. №2(68). S. 121–124.
25. Izmailova K.V. (2020) *Rehresyona model vplyvu proektnykh rishen na enerhoefektyvnist budioli. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. 2020. № 44. S. 108–115.
26. Bielenkova, O. Yu. (2019). *Metodolohichni pidkhody do modernizatsii systemy stratehichnoi konkurentospromozhnosti pidpriemstv budivnytstva na zasadakh staloho rozvytku. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 29-41.
27. Bielenkova O. Yu. *Teoretychni pidkhody do zabezpechennia stratehichnoi konkurentospromozhnosti pidpriemstv na bazi staloho rozvytku. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*. 2020. № 42. S. 153 – 158.
28. Abashkyna, K.O., Izmailova, K.V. (2017) *Obhruntuvannia ekonomichnoi dotsilnosti ustanovlennia soniachnykh batarei na zamiskykh zhytlovykh budynkakh. Budivne vyrobnytstvo*. № 62 / 2
29. Maksymov, A.S., Dovhaniuk, V.M., Vakhovych, I.V., Tsyfra, T.Iu. (2013) *Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia zakhodiv z pidvyshchennia enerhoefektyvnosti ob'ektiv nevyrobnychoho pryznachennia. «Zelena» ekonomika – shliakh do staloho rozvytku: zb. materialiv*. K. 113–117.
30. Marchuk T., Ryzhakov D., Ryzhakova G., Stetsenko S (2017). *Identification of the basic elements of the innovation analytical platform for energy efficiency in project financing. Investment management and financial innovations*, 14(4), pp. 12-20.
31. Vakhovych I.V., Tereshchenko L.V., Tsyfra T.Iu., Redkin Yu.O. (2012). *Ekonomichna efektyvnist vykorystannia vtorynykh resursiv v budivnytstvi. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 2012. Vyp.28, ch.2. S. 125-131.
32. Tsyfra T. Yu., Derkach Ye. V. (2016) *Systema sertyfikatsii – novi realii Ukrainy. Enerhoefektyvnist u budivnytstvi ta arkhitekturi*. Vyp. 8. S. 403-408
33. Bielenkova O., Loktionova Yu., Stetsenko S., Tutok V. (2022). *Intelektualnyi kapital yak chynnyk innovatsiynoho staloho rozvytku. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva*, 2 (50), 281–291. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50\(2\)](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2022.50(2)).
34. Stetsenko S.P. (2013). *Upravlinnia sistemoiu ekonomichnoi bezpeky rehioniv Ukrainy v umovakh rozvytku intehratsiynykh protsesiv: nauko-vo-praktychnyi aspekt : monohrafiia*. 360 s.

V, Skakun, Ph.D., Docent of the Department of Economics of Construction,
ORCID: 0000-0001-7329-620X
Kiev National University of Construction and Architecture, Kyiv

FEATURES OF THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS UNDER CONDITIONS OF BALANCED DEVELOPMENT

Abstract. *The development and implementation of investment and construction projects on the basis of balanced development is critical for achieving sustainable growth. This article examines the key features and challenges associated with such projects, emphasizing the importance of integrating economic, environmental and social practices into construction activities. The study provides insights into best practices and strategies for effectively managing investment and construction projects to ensure long-term success and sustainability.*

The main goals of this article are the definition of the fundamental principles of balanced development in the context of investment and construction projects, the analysis of features that contribute to the achievement of balanced development.

The article uses a comprehensive review of the literature and case studies, which allows for a holistic understanding of the multifaceted nature of investment and construction projects in conditions of balanced development. Emphasis is placed on the integration of sustainable development principles from the initial stages of design. This includes consideration of environmental impact assessment, efficient use of resources and use of sustainable materials and technologies. Also, the goal of project implementation is that the projects are economically feasible and provide long-term financial returns. This involves careful market analysis, cost-benefit analysis and risk management strategies to mitigate potential financial problems. The importance of involving all relevant stakeholders, including local communities, government bodies and investors, in the decision-making process is emphasized. Effective communication and collaboration are necessary to address diverse interests and reach consensus. Ensures compliance of projects with national and international rules and standards. This applies to environmental regulations, building regulations and labor legislation. Compliance minimizes legal risks and increases project credibility.

Focused on optimizing the use of resources such as materials, labor and time, implementing lean construction methods and advanced project management practices can increase efficiency and reduce waste.

The implementation of advanced technologies such as building information modeling (BIM), automation and renewable energy systems increase design accuracy, reduce costs and increase sustainability. Conformity of construction work to established quality standards, regular inspections, testing and adherence to best practices are critical to obtaining high quality results.

Constant monitoring of project progress and effectiveness is emphasized. The use of key performance indicators (KPIs) and regular evaluations help to identify problems early and make the necessary adjustments. The development and implementation of investment and construction projects in conditions of balanced development requires a complex and integrated approach. By prioritizing sustainability, economic viability, stakeholder engagement and regulatory compliance, stakeholders can ensure these projects contribute positively to long-term growth and development. The paper provides a road map to navigate the complexities of such projects, ultimately contributing to a more resilient and sustainable human-made environment.

Keywords: *construction, construction organization, construction stakeholders, sustainable development, balanced development, construction participants, digital environment, BIM models, digitalization, organizational and technological processes of construction.*

¹ **А.П.Броневицький**, науковий співробітник, <https://orcid.org/0009-0006-9656-6085>;

² **О.В. Мурашова**, к.т.н., заст. завідувача відділу, <https://orcid.org/0000-0003-4995-3761>

^{1, 2} ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького»

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Анотація. Протягом останніх двох років Україна зазначає значних втрат житлового та нежитлового фонду держави таким, що зруйновано або частково пошкоджене. Пошкоджені або зруйновані будівлі мають бути відновлені, реконструйовані та демонтовані та на їхньому місці – зведені нові.

Значних руйнувань зазнали промислові об'єкти. Окрім цього, сам стан конструкцій багатьох старих підприємств знаходиться у вкрай незадовільному стані.

Наразі тільки в Києві, близько 30% території міста – промислові території.

В залежності від рівня реконструкції об'єкту, можливе виконання тих або інших конструктивних та озорозжуючих елементів. Будь-якому втручанню в конструктивні елементи будівель має передувати обстеження як будівлі в цілому так і самих цих конструкцій. [1]

Ремонт, демонтаж або підсилення конструкцій каркасу, є одними із типових видів робіт під час реконструкції промислових об'єктів. Переважна більшість застарілих промислових будівель в нашій країні мають залізобетонний каркас, в особливості будівлі, що було зведено в 60-х роках 20-го століття та в пізніші періоди. Це ті будівлі, стан конструкцій яких, ще дозволяє виконувати реконструкцію або ремонт з метою продовження їхнього цільового використання. Будівлі більш раннього етапу, як правило підлягають перебудові (у разі якщо вони є пам'ятками культури та архітектури) або демонтажу. [2]

У статті досліджуються різні методи підсилення залізобетонних колон, які є ключовими елементами конструкцій промислових будівель, під час їх реконструкції. Наведено технологічні та органічні особливості підсилення. Систематизовано дестабілізуючі фактори, що впливають на ефективність виконання робіт. Вивчено сучасні технології, включаючи зміну конструктивної схеми, збільшення поперечного перерізу, ін'єктування в тіло конструкції та зовнішнє наклеювання металевих укріплюючих конструкцій.

Проаналізовано ефективність кожного методу, що дозволяє оцінити їх переваги та недоліки, витрати і тривалість процесу реконструкції. Зокрема, акцентовано увагу на методах, що забезпечують підвищення несучої здатності та довговічності конструкцій, без значного втручання в загальну конструктивну схему будівлі.

Результати дослідження дозволяють визначити оптимальні рішення для різних типів промислових будівель, що допомагає інженерам і проектувальникам забезпечити стійкість і безпеку реконструйованих об'єктів.

Ключові слова: промислові будівлі, організація та технологія виконання будівельних робіт, реконструкція, підсилення залізобетонних колон каркасу, збірне будівельне виробництво.

Постановка науково-прикладної проблеми

Колони є головним вертикальним елементом конструктивної схеми типової промислової будівлі, спорудженої в період 60-х – 80-х років. Подальше використання будівлі часто потребує підсилення цих елементів, з метою забезпечення сприймання конструкцій більших навантажень, або відновлення їхніх проектних показників. Заміна покрівлі промислових будівель також часто потребує підсилення колон каркасу.

Предметом цієї статті є дослідження технологічних особливостей виконання підсилення залізобетонних колон каркасу промислових будівель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання реконструкції промислових будівель розглядалися багатьма вітчизняними та закордонними вченими. Визначення умов виконання будівельних робіт в умовах реконструкції промислових будівель та оцінка їх впливу на техніко-економічні показники будівництва найшли відображення в працях

таких вчених як А.І. Білоконь, В.І. Большаков, Д.Ф. Гончаренко, В.М. Кірнос, В.І. Терновий, Є.Г. Романушко, В.Д. Жван, М.І. Котляр та багато інших.

Серед іноземних науковців слід виділити К. Кремер, А. Шолте (Німеччина), Т. Хілтбруннер (Австрія) та інших.

Метою роботи є оцінка основних напрямків та перспективи застосування типових технологічних рішень підсилення залізобетонних колон промислових будівель.

Основна частина

Підсилення бетонних та залізобетонних конструкцій, в тому числі колон каркасу будівлі, виконується з метою збільшення їх несучої здатності і жорсткості після зменшення їх несучих властивостей, внаслідок впливу дестабілізуючих факторів або при необхідності додання елементам додаткової міцності. Рішення щодо технічної можливості та економічної доцільності підсилення бетонних, залізобетонних та інших конструкцій повинно прийматися в кожному конкретному випадку залежно від їх стану

та експлуатаційних вимог, а також на основі попереднього аналізу, інструментальних та візуальних обстежень, розрахунків та порівняння вартостей варіантів підсилення конструкцій.

У практиці реконструкції промислових будівель використовуються кілька способів підсилення зазначених конструкцій:

1. зміна конструктивної схеми;
2. збільшення поперечного перерізу елементів;
3. ін'єкція в тіло конструкцій спеціальних зміцнювальних розчинів;

4. зовнішнє (наклеюється) армування, інші.

Підсилення конструкцій шляхом установки додаткових жорстких і пружних опор дозволяє збільшити первісну несучу здатність в 2-3 рази. Жорсткі опори зазвичай влаштовуються у вигляді окремо розташованих колон (металевих, залізобетонних, зрідка дерев'яних) або у вигляді підвісок. Значне збільшення несучої здатності елементів (балок, ригелів і т.п.) досягається введенням різних затяжок.

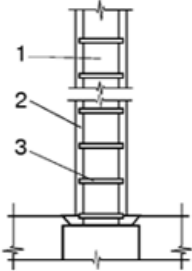
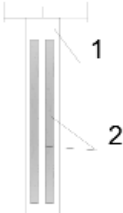
Підсилення залізобетонних конструкцій способом збільшення поперечного перерізу (нарощуван-

Таблиця 1.

Способи підсилення залізобетонних колон

№ з/п	Найменування способу підсилення	Схема	Частота використання, %
1	2	3	4
1	Залізобетонна обойма	 <p>а – конструкція підсилення; б – нагнітання бетонної суміші; 1 – колона; 2 – залізобетонна обойма; 3 – опалубка; 4 – металевий хомут; 5 – отвори; 6 – бетононасос; 7 – фундамент; 8 – зовнішній вібратор; 9 – інвентарні риштування</p>	8
2	Металева обойма з попередньо напруженими стійками	 <p>а – при монтажі; б – в напруженому стані; 1 – фундамент; 2 – колона; 3 – кутники (стійки); 4 – вище лежачі конструкції; 5 – стяжні болти; 6 – вирізи; 7 – опорні майданчики; 8 – планки</p>	7

Продовження Таблиці 1.

1	2	3	4
3	Металева обойма з попередньо напруженими накладками	 <p>1 – колона; 2 – кутники; 3 – накладки</p>	83
4	Наклеюване армування	 <p>1 колона; 2 наклеювана арматура</p>	2

ням) широко поширене в практиці. Цей спосіб передбачає збільшення перерізів елементів за рахунок влаштування металевих, бетонних, залізобетонних, полімерних обойм, аналогічно наведеній вище технології. До даної групи можна віднести і зовнішнє (наклеюється) армування. Обойми можуть охоплювати конструкцію з однієї, декількох сторін або бути замкнутими. Якість підсилення конструкцій залежить від ступеня зчеплення (обхвату) існуючого елемента з елементом посилення.

Спосіб підсилення конструкцій шляхом ін'єктування в їхнє тіло спеціальних розчинів набув поширення в практиці відносно недавно. Спосіб передбачає влаштування в залізобетонних конструкціях шпурів і установка ін'єкторів (пакерів) з наступним нагнітанням через них в товщу конструкцій закріплюють розчинів.

Роботи з підсилення колони залізобетонної обоймою (табл. 1) виконуються в такій послідовності:

1. Очищення колони, що підсилюється і та насічка ручним або пневмоінструментом для кращого зчеплення бетонної суміші з колоною;
2. Очищення фундаменту навколо колони на відстань 400-600 мм залежно від перетину обойми підсилення;
3. Відбивання захисного шару бетону – оголення арматури по довжині колони з кроком 300-600 мм.
4. Встановлення по периметру колони арматури і приварювання до арматури колони оголених ділянок.
5. Бетонування обойми методом ін'єктування дрібнозернистої бетонної сумішшю. Нагнітають бетон через ін'єкційні отвори в опалубці. Ущільнення здійснюється зовнішнім вібратором, який кріпиться до опалубки. Після отримання бетоном відповідної міцності, опалубку знімають.

В умовах обмежених термінів виконання робіт підсилення колон може проводитися металевими обоймами (табл. 1). Ефективність роботи металеві

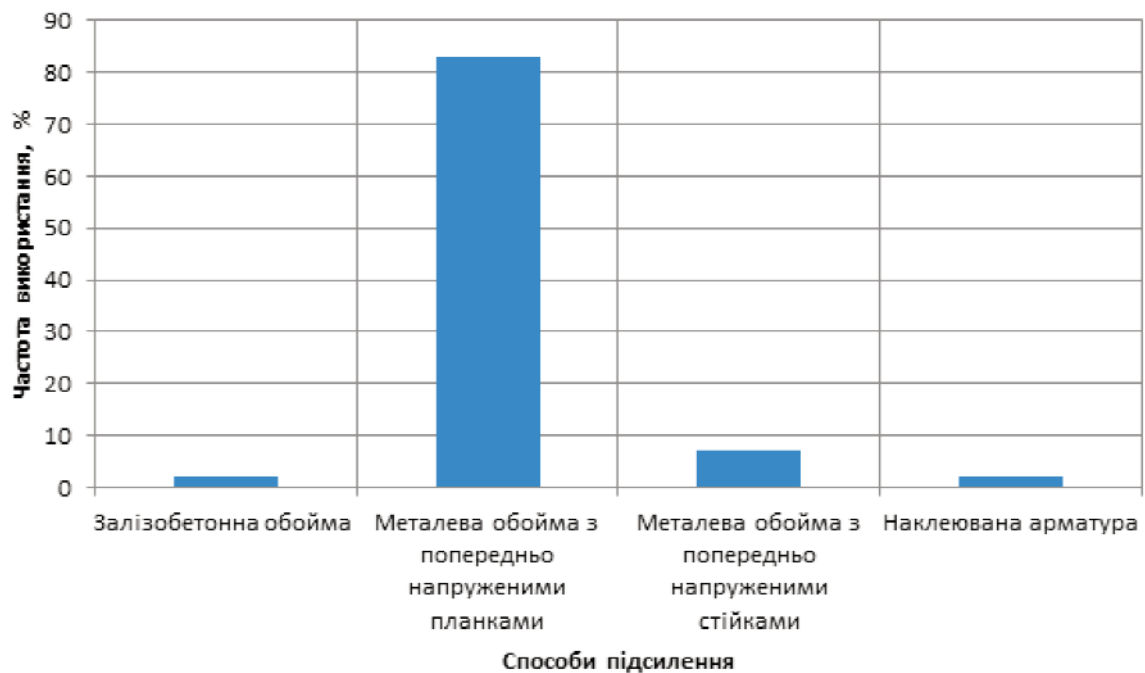
обойми, багато в чому залежить від щільності прилягання кутників до колони, досягається за рахунок попереднього напруження планок термічним способом. При цьому послідовність виконання робіт наступна:

1. Очищається фундамент біля основи колони;
2. Очищаються грані колони, сколюються нерівності і зачеканюється цементним розчином;
3. Встановлюються по гранях кутники з привареними з одного боку накладками;
4. Газовим пальником накладки розігріваються і приварюються до паралельних куточкам. Кріплення планок виконується симетрично, починаючи з середини колони по висоті. При охолодженні планок здійснюється обтиснення поперечних перерізів колони, що значно збільшує її несучу здатність.

Підсилення колони попередньо напруженими розпірками виконується шляхом влаштування металевих обойм з попереднім напруженням стійок, яке досягається за рахунок надання їм вертикального положення за допомогою натяжних болтів (табл. 1).

До початку робіт здійснюють очищення колони, а також ділянок фундаментів і елементів, які спираються на колони. На фундаменті і в місцях обпирання оголовка колони влаштовуються опорні майданчики з металевих пластин або кутників. Після цього, стійки попарно з'єднують між собою планками; при цьому у верхній, нижній і середній частинах стійок встановлюють планки на 100-200 мм, що виступають за торці кутників, і влаштовують в них отвори для стяжних болтів. Перед установкою стійок в проектне положення в бічних полицях кутників, в середній частині їх довжини, виконують виріз і здійснюють їх незначний перегин. Після установки кутників в проектне положення, здійснюють закручення стяжних болтів. При цьому відбувається попереднє напруження кутників. Після приварювання металевих планок стяжні болти можна зняти.

В табл. 1 також наведено статистичні дані, стосовно частоти використання тих чи інших способів в



практиці [3, 4, 5]. Аналіз використання, представлених способів підсилення конструкцій, показав їх частоту використання (рис. 2). Частота використання в практичній діяльності підтверджує ефективність відповідних способів. Слід відзначити, що при визначенні трудомісткості робіт з підсилення конструкцій, виявлено, що однієї й ті ж процеси на різних об'єктах відрізняються. Це пов'язано з впливом умов та особливостей робіт з ревіталізації. Ці умови характеризуються дестабілізуючими факторами. Основні з них, що виявлені при аналізі наведених вище прикладів становлять:

- ущільненість забудови;
- технічний стан будівельних конструкцій;
- обсяги робіт;
- наявність інженерних комунікацій в зоні виконання робіт;
- часткова експлуатація об'єктів реконструкції;
- умови експлуатації прилеглих територій, тощо.

Вказані фактори призводять до підвищення трудомісткості, тривалості та вартості робіт. Важливим є той факт, що вказані фактори були виявлені вже в процесі виконання робіт й привели до корегування як організаційно-технологічних рішень, так і кошторисної документації.

Встановлено, що значне розповсюдження отримав спосіб влаштування металевих обойм з попередньо напруженими накладками.

Додаткової ефективності виконання робіт можливо досягти за допомогою використання укрупнених елементів підсилення. Це дозволило б зменшити трудомісткість в порівнянні з варіантом підсилення окремими елементами. Ефективність тут також досягається за рахунок зменшення трудомісткості на процесі встановлення металевої обойми в проектне положення та включення в роботу з конструкцією, що підсилюється.

Висновки

В статті проведений аналіз різних варіантів підсилення залізобетонних вертикальних конструкцій, дозволяє встановити групи найбільш прийнятних способів, та групи способів, найбільш несприятливі для використання. Це може бути основою створення методики використання ефективних способів виконання робіт, шляхом пропонування рекомендованих варіантів.

Наведено перелік дестабілізуючих факторів, що можуть негативно вплинути на хід реконструкції промислової будівлі в частині вертикальних елементів каркасу.

Складено гістограму частоти використання методів підсилення залізобетонних колон типової промислової будівлі.

Обґрунтовано важливість подальшого вивчення теорії підвищення ефективності виконання робіт.

Література

1. Ушацький С.А. Організація зведення і реконструкції будівель та споруд. Київ : Вища школа, 1992. 183 с.
2. Савйовський, В.В. Реконструкція будівель та споруд. Харків : Основа, 1997. 320 с.
3. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 304 с.
4. Григоровський П.Є, Чуканова Н.П., Мурашова О.В. Аналіз факторів, що впливають на термін життя будівлі в процесі експлуатації. Нові технології в будівництві: науково-технічний журнал. 2018. №2. С. 75-82.
5. Савйовський В.В. Ревіталізація — екологічна реконструкція міської забудови / В.В. Савйовський, А.П. Броневський, О.Г. Каржинерова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. — 2014. — № 8. С. 47–52.

References

- [1] S.A. Ushackij, "Organizaciya zvedennya i rekonstrukciyi budivel ta sporud". Kyiv : Visha shkola, pp 183, 1992.
 [2] V.V. Savjovskij, "Rekonstrukciya budivel ta sporud". Harkiv : Osnova, pp 320, 1997.
 [3] E.V. Klymenko. "Technical operation and reconstruction of buildings and structures". Kyiv: Center for Educational Literature, pp 304. 2004.
 [4] P.E. Grigorovskiy, N.P. Chukanova, O.V. Murasova, "Analiz faktoriv, sho vplivayut na termin zhittya budivli v procesi ekspluatatsiyi", Novi tehnologiyi v budivnictvi: naukovo-tekhnichnij zhurnal, vip. 2, pp. 75-82, 2018.
 [5] V.V. Savjovskij, "Revitalization — ecological reconstruction of urban buildings / V.V. Savjovskiy, A.P. Bronevitskiy, O.H. Karzhinerova // Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture. — 2014. — No. 8. P. 47–52.

¹ **A. Bronevitskiy**, Orcid 0000-0002-4841-622X;

² **O. Murasova**, PhD, Head of the Department of State Enterprise "NDIBV".Orcid 0000-0003-4995-3761,

^{1, 2} SE «Research Institute of Construction Production named after V.S. Balytsky»

RESEARCH OF THE METHODS OF STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE COLUMNS DURING THE RECONSTRUCTION OF INDUSTRIAL BUILDINGS

Abstract. *Over the past two years, Ukraine has noted significant losses of the state's residential and non-residential stock as destroyed or partially damaged. Damaged or destroyed buildings must be restored, reconstructed and dismantled and new ones erected in their place.*

Industrial facilities suffered significant destruction. In addition, the condition of the structures of many old enterprises is extremely unsatisfactory.

Currently, only in Kyiv, about 30% of the city's territory is industrial territory.

Depending on the level of reconstruction of the object, it is possible to perform certain structural and enclosing elements. Any intervention in the structural elements of buildings must be preceded by an examination of both the building as a whole and these structures themselves.

Repair, dismantling or strengthening of frame structures are among the typical types of work during the reconstruction of industrial facilities. The vast majority of old industrial buildings in our country have a reinforced concrete frame, especially the buildings that were erected in the 60s of the 20th century and in later periods. These are those buildings whose structural condition still allows for reconstruction or repair in order to continue their intended use. Buildings of an earlier stage, as a rule, are subject to reconstruction (if they are monuments of culture and architecture) or dismantling.

The article investigates various methods of reinforcing reinforced concrete columns, which are key structural elements of industrial buildings, during their reconstruction. The technological and organic features of reinforcement are presented. The destabilizing factors that affect the efficiency of work are systematized. Modern technologies are studied, including changing the structural scheme, increasing the cross section, injecting into the body of the structure and external gluing of metal reinforcing structures.

The effectiveness of each method is analyzed, which allows to assess their advantages and disadvantages, costs and duration of the reconstruction process. In particular, attention is focused on methods that increase the bearing capacity and durability of structures without significant interference with the overall structural scheme of the building.

The results of the study allow us to identify optimal solutions for different types of industrial buildings, which helps engineers and designers ensure the sustainability and safety of reconstructed facilities.

Key words: *industrial buildings, organization and technology of construction works, reconstruction, reinforcement of reinforced concrete columns, prefab construction production.*

¹ **Ю.М.Халупка**, мол. наук. співробітник, ORCID: 0009-0002-7702-8039;

² **В.В.Орищенко**, асистент кафедри організації та управління будівництвом, ORCID iD: 0000-0002-5081-1229.

¹ ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м.Київ.

² Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ.

ПРОЕКТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Анотація. З метою створення необхідних умов життя і розвитку суспільства організовується випуск різноманітної продукції. Номенклатура і споживчі якості продукції, що випускається, визначаються рівнем науково-технічного розвитку, економічними і соціальними умовами життя. Для випуску продукції зводяться будинки, споруди, які оснащують певними засобами виробництва.

Термін функціонування засобів виробництва обумовлений фізичним і моральним зношенням машин та механізмів. Будинки й споруди в яких розташовуються і функціонують засоби виробництва, так само фізично й морально старіють, хоч це старіння відбувається, порівняно з засобами виробництва, набагато повільніше.

Науково-технічний прогрес наразі характеризується більш швидким настанням морального зношення номенклатури продукції, що виробляється. Крім того, у зв'язку зі змінами, що відбуваються в суспільстві замінюється номенклатура продукції, що виробляється. Проблема переозброєння функціонуючої промисловості (заміна морально або фізично застарілих засобів виробництва, поява необхідності випуску нових видів продукції) виникла перед людством давно. Під реконструкцією - виробництво робіт, що здійснюється за єдиним проектом:

- зі зміною об'ємно-планувальних рішень;
- заміною чи підсиленням існуючих конструкцій;
- знесенням існуючих і будівництвом нових споруд, пов'язаних з експлуатацією технологічного обладнання;
- з заміною морально застарілого чи фізично зношеного обладнання;
- з механізацією, автоматизацією виробництва тощо. При проведенні реконструкції основного виробничого об'єкта, як правило, завжди виконуються значні обсяги робіт по об'єктах допоміжного й обслуговуючого призначення.

До реконструкції також відносять будівництво нових цехів і об'єктів замість тих, що ліквідують, подальша експлуатація яких за технічними і економічними умовами визнана недоцільною. Вони можуть зводитись, як на вільних територіях так і на площах звільнених у результаті ліквідації (зносу) об'єкта.

Під технічним переозброєнням розуміють здійснення комплексу заходів відповідно до плану технічного розвитку підприємства за проектами і кошторисами на окремі об'єкти і види робіт (без розширення наявних виробничих площ) по підвищенню до сучасних вимог технічного рівня окремих ділянок виробництва, агрегатів, установок шляхом запровадження нової техніки і технології, механізації й автоматизації виробничих процесів, модернізації та заміни морально застарілого або фізично зношеного устаткування новим, більш продуктивним.

Іноді технічне переозброєння розглядають, як різновид реконструкції з відносно малим обсягом будівельно-монтажних робіт. Як неважко помітити з наведених визначень, новобудова і розширення являють собою фактично нове будівництво, при цьому різниця між ними полягає тільки в умовах здійснення робіт. Розширення будівництва здійснюється в скрутних (стиснутих) умовах. Технічне переозброєння, як наголошувалося передбачає переважно організацію демонтажу старого і монтажу на існуючі фундаменти нового обладнання.

Надалі основна увага буде приділена питанням власне реконструкції, а саме:

- організації робіт, пов'язаних із посиленням існуючих будівельних конструкцій, їх заміною з тимчасовим переносом навантажень;
- заміною балок і ферм на ділянках покриття, розташованих у важкодоступних для монтажних кранів зонах;
- збільшенням кроку колон без розбирання.

Ключові слова: будівництво, реконструкція, проектування, логістика в будівництві.

Вступ. Загальний порядок розробки проектно-кошторисної й організаційно-технологічної документації на реконструкцію існуючих будівель і споруд аналогічний порядку, що використовується під час проектування новобудов. Тому надалі ми будемо розглядати тільки ті питання (особливості), що від-

бивають специфіку розробки проектно-документації для умов реконструкції.

Основна особливість це поява нового етапу інженерних вишукувань – перед проектне обстеження об'єкта. Вона здійснюється з метою встановлення стану конструкцій будівель, комунікацій, фундамен-

тів, трас і об'єктів енергозабезпечення, устаткування з метою вирішення можливості його використання; визначення в яких цехах, прольотах, які роботи будуть виконуватись в умовах діючого виробництва, у скрутних умовах і в яких змінах, у вихідні і святкові дні; які засоби транспорту і механізації надає замовник, циклічність їх постачання до місць роботи; якими транспортними схемами будуть подаватися вантажі на робочі місця; які місця виділяються для складування будівельних конструкцій, розміщення кранів, машин і механізмів; які будівельно-монтажні організації передбачається залучити до виконання проекту і їх потужність, технічна механоозброєність та низка інших характерних специфік того або іншого цеху, призначеного для реконструкції.

Крім того, у результаті такого обстеження визначається вид майбутньої реконструкції, а саме: розширення, технічне переозброєння, власне реконструкція або будівництво нового об'єкта замість ліквідованого.

Виклад основного матеріалу

Як свідчить практика, власне реконструкція в загальному випадку на 15-20%, а іноді і більше відсотків обходиться дешевше за нове будівництво.

Проте іноді дешевше знести існуючий і побудувати новий об'єкт, ніж здійснювати його реконструкцію. Підприємство характеризується високою щільністю забудови, що склалася за роки будівництва і розширення, а територія, яка примикає насичена великою кількістю діючих загальнозаводських технологічних комунікацій, залізничних колій, автошляхів.

Це накладало жорсткі обмеження на можливість організації на об'єктних майданчиках для складування й укрупнення будівельних конструкцій і устаткування. Гідрогеологічні умови площадки були також дуже складними. Високий рівень ґрунтових вод, лесовидна товща ґрунтів, що знаходяться в текуче пластичному стані. На базі проведених обстежень було розроблено п'ять варіантів організації реконструкції.

Коротко їх розглянемо:

перша схема передбачає одночасне здійснення будівельно-монтажних робіт на всіх (або частині) ділянках підприємства.

При цьому, резервування промислової продукції на ділянках, що реконструюються, проводиться на весь період їх зупинки. Тим самим не допускається порушення ритму роботи суміжних, взаємопов'язаних із кінцевим випуском промислової продукції на окремих ділянках підприємств.

Позитивною властивістю цієї схеми є можливість мінімізація тривалості реконструкції підприємства;

друга передбачає послідовну реконструкцію ділянок по напрямку технологічного процесу промислового виробництва.

Резервування продукції по ділянці, що реконструюється проводиться на весь період її зупинки. Монтажні роботи по кожній ділянці проводяться послідовно, тобто по завершенні робіт на першій ділянці починаються на другій. Ця схема дозволяє в процесі реконструкції вести наладку й освоєння нового промислового обладнання;

третя передбачає послідовну реконструкцію

окремих ділянок підприємства у напрямку, протилежному прямуюванню технологічного процесу промислового виробництва. При цьому під час проведення робіт на кінцевій ділянці, на попередніх накопичується резерв продукції, що забезпечує ритм роботи технологічної лінії. Така організація будівельного виробництва забезпечує безперервність проведення і випуску промислової продукції підприємством;

четверта передбачає перенесення виробничих ділянок на період реконструкції, на резервні виробничі площі, а на період виконання демонтажу і монтажу обладнання створюється резерв промислової продукції. Для організації робіт по цій схемі передбачається будівництво у підготовчий період резервних площ. Позитивною властивістю цієї схеми є можливість зменшення запасів промислової продукції;

п'ята використовується в тих випадках, коли вдосконалення технологічного процесу передбачає розширення виробничих площ. Сутність її полягає в тому, що нові виробничі площі проектує і споруджують з урахуванням завдань реконструкції однієї з ділянок (умовно першої ділянки).

Як найбільш раціональний вибраний варіант, який передбачав будівництво нового сталеплавильного (киснево-конверторного) цеху на території, безпосередньо пов'язаний із заводом. Він забезпечував скорочення тривалості й вартості робіт приблизно в 1,5 рази порівняно з варіантом, який передбачав власне реконструкцію цеху.

Загалом, як критерій оцінки варіантів організації реконструкції доцільно використовувати розмір втрат виробництва. Крім розглянутої методики, для оцінки варіанта реконструкції можуть безпосередньо використовуватися показники вартості і тривалості реконструкції, що враховуються опосередковано. При цьому особливу увагу необхідно приділяти визначенню вартості будівельно-монтажних робіт. Це викликано тим, що наразі практично відсутня нормативно-довідкова база, яка дозволяє врахувати подорожчання робіт під час реконструкції порівняно з новим будівництвом. Вартість робіт із реконструкції і нового будівництва визначається за одною і тою ж нормативно довідковою базою.

Водночас, як свідчить досвід і результати спеціально проведених досліджень, під час реконструкції порівняно з новим будівництвом трудомісткість і собівартість будівельно-монтажних процесів на 25-30%, а на деяких процесах – у 2 рази вище, експлуатаційні витрати на засоби механізації збільшуються в 1,5-2,3 рази. До того ж умови організації робіт у межах робочої зони, робочих місць, постачання матеріалів, конструкцій і інших ресурсів значно ускладнюються. Також санітарні умови роботи на робочих місцях.

Тому з огляду на зростаючий обсяг робіт із запровадженням в економіку нових прогресивних технологій, необхідно створити нормативно довідкову базу щодо визначення вартості будівельно-монтажних робіт в умовах реконструкції. Дані отримані в результаті перед проектного обстеження об'єкта сприяють додатковими вихідними даними для розробки завдання на проектування. Порядок розробки завдання його склад регламентується чинними в той або інший момент інструкціями. Створення проектів реконструкції цехів, корпусів (підприємств), а також

організація їх здійснення завжди пов'язані з посиленням конструкцій каркаса будівлі, підкранових шляхів, стінових конструкцій, фундаментів й інших елементів. При цьому застосування під час реконструкції нових прогресивних технологій й устаткування частково обмежене параметрами існуючих виробничих будівель.

Вибір методів реконструкції, спрямованих на зміну параметрів архітектурно-будівельної частини будівель (сітки колон, висоти поверху, габаритів тощо) є важливою проблемою вирішення завдань інтенсифікації виробництва.

Водночас практика проведення реконструкції останніх років свідчить, що до останнього часу переважно використовувалися лише принципи реконструкції, які дозволяють головним чином пристосувати будівлі, що реконструюються на короткий період до вимог нових технологій. До таких видів реконструкції належать різноманітного виду добудови, вставки, надбудови, посилення окремих конструктивних елементів колон, покриттів, підкранових балок, фундаментів тощо, а архітектурно-будівельні параметри по суті не змінювалися. Такий вид реконструкції будівель дає лише короточасний ефект.

Загальновідомо, що розвиток науково-технічного прогресу, створення нових високопродуктивних технологій і обладнання для забезпечення продуктивності, якості й прибутку спричиняє необхідність заміни технологій і обладнання через відносно короткий проміжок часу (4-5 років), а період служби будівлі, навіть за потужних режимах експлуатації 30-60 років. За цей період технологічні схеми й обладнання багаторазово обновляються, що у свою чергу потребує зміни й об'ємно-планувальних габаритів будівлі.

Це обумовлює необхідність під час вирішення завдань реконструкції будівель урахувати вимоги перспективи. Сьогоднішнє ігнорування в проектах цих вимог призведе до значних невіправданих втрат у майбутньому.

У процесі зміни існуючих об'ємно-планувальних рішень, вирішуються такі основні завдання, а саме: збільшення виробничих площ, розмірів сітки колон, висоти будівель. Можливі технічні рішення методів реконструкції об'ємно-планувальних рішень застосовуваних у практиці будівництва.

Так, наприклад у разі необхідності збільшення висоти поверху, основним прийомом реконструкції є підйом покриття за рахунок нарощування колон до необхідних відміток, монтажу нових конструкцій і наступного демонтажу старого покриття.

Проведені дослідження вітчизняної практики і закордонних фірм свідчать, що найбільш прогресивним і універсальним методом є "метод об'ємного каркаса", він дозволяє вирішити одночасно практично всі завдання реконструкції. Новий каркас цеху монтується за межами габаритів існуючої будівлі без установки внутрішніх колон, після чого здійснюють поетапну розробку конструкцій старої будівлі, використовуючи кранове обладнання, встановлене на конструкціях нового каркаса. За такого вирішення створюється новий виробничий корпус, замість старого при цьому будівельно-монтажні роботи можна здійснювати без зупинки промислового виробництва.

Архітектурно-будівельні параметри нової

будівлі (габарити) сітка колон, висота поверхів (прольотів), визначаються в цьому випадку габаритами існуючої будівлі і тому будуються більше за необхідні. Це призводить до завищення кошторисної вартості будівництва (реконструкції).

Водночас переваги в експлуатації, можливості в перспективі гнучкої перебудови технологічних ліній при змінах технологій цілком окупують початкові витрати. Під час розробки будівельного розділу проекту реконструкції об'єкта особливу увагу слід приділяти технологічно прийнятним конструктивним рішенням із погляду їх здійснення при виконанні будівельно-монтажних робіт. Вони (рішення) мають узгоджуватися з виконавцями, особливо у випадку проектування складних робіт, як підсилення існуючих будівельних конструкцій або їх заміна, устрій фундаментів поблизу існуючих споруд, що мають меншу глибину заглиблення.

Організаційно-технологічні рішення прийняті у проекті містять визначені класи завдань технічні, планові, економічні й соціологічні. Залежно від складності комплексів, що будуються, виду будівництва (нове будівництво, реконструкція, технічне переозброєння) змінюється і значимість цих завдань. При реконструкції зростає значимість технічних (методи виробництва робіт, рішення завдань будженплану, розміщення механізмів, тимчасових будівель, споруд) і соціологічних завдань, пов'язаних з особливостями виробничого середовища, в якому мають знаходитися робітники в процесі будівництва.

З огляду на це постає потреба у підвищенні ступеня деталізації вирішення зазначених завдань. До цих розробок належать: за загальномайданчиковим рішенням розробка будженпланів повинна вестися не по періодах (підготовчий, основний) будівництва, а по етапах. При цьому підвищена увага має надаватися розробці транспортних схем, питанням безпеки робіт, тощо.

У частині документації щодо планування і управління необхідна розробка робочих сіткових графіків по етапах будівництва з великим ступенем деталізації на період під час зупинки підприємства, а іноді розробляються і погодинної. Необхідно також мати на увазі, що під час реконструкції значною мірою збільшується обсяг проектування (а отже, й обсяг виконуваних будівельно-монтажних робіт) спеціальних допоміжних споруд естакад, пристосувань і устроїв для виробництва.

Особлива увага повинна надаватися детальній поетапній розробці будженплану для кожної ділянки робіт із чіткою вказівкою конструкцій, що розбираються, їх складування і транспортування до місць утилізації, детальним визначенням етапів перекладки комунікацій, вирішенню інших завдань.

Суміщення будівельно-монтажних робіт у разі реконструкції паралельно з технологічним процесом підприємства призводить не тільки до значного ускладнення розробок, а і до необхідності значної кількості погоджень, пов'язаних з урахуванням особливостей об'єкта і місцевих умов. Встановлено, що замовник і підрядник до початку робіт визначають для об'єкта, споруди, вузла, що реконструюється, порядок погоджених дій і відповідальності за оперативне керівництво роботами, склад і здійснюваних до зупинки підприємства або його частин, а також під

час планово-технічних зупинок з тим, аби час на їх виконання в період зупинки був мінімальним.

Загальний порядок розробки організаційно-технічної документації регламентується нормативними документами. Відповідно до них він повинний встановлювати черговість і порядок суміщення з основною діяльністю підприємства виконання із вказівкою ділянок і цехів, у яких на час виробництва робіт зупиняються або змінюються технологічні процеси основного промислового виробництва.

Замовник має надати проектній організації додаткові вихідні матеріали і дані з таких основних питань:

склад відособлених технологічних переділів підприємства, можлива послідовність їхньої реконструкції;

послідовність розробки і перекладки інженерних мереж;

розташування місць підключення тимчасових мереж енергопостачання для потреб будівельників;

перелік виробничих і санітарно-побутових помешкань, наданих будівельним організаціям на період виробництва робіт;

умови надання будівельникам технологічного транспорту підприємства (рейкового, мостових кранів тощо);

наявність і розташування зон із високими температурами, загазованістю, вибухо і пожежонебезпечними середовищ, із скрутними умовами роботи;

характер обмежень на виробництво спеціальних

видів робіт (буропідричних, пальових, газозварювальних тощо);

місяця розташування споруд, ушкодження яких під час виконання будівельно-монтажних робіт може викликати важкі наслідки і людські жертви (склади паливно-мастильних матеріалів, трубопроводи для транспортування нафтопродуктів і газу, лінії електропередач).

Висновок

Роботи з реконструкції промислового підприємства можуть здійснюватися з використанням різноманітних організаційно - технологічних схем. Умовно можна виділити п'ять основних схем, які відрізняються між собою послідовністю реконструкції ділянок підприємства і способами забезпечення випуску промислової продукції в період виробництва.

В цей період на першій ділянці створюється резерв продукції на період демонтажу і монтажу обладнання при передислокації його в проектне положення на новій виробничій площі. Потім звільнена площа переобладнується під технологічні вимоги другої ділянки.

Як наголошувалося, загальний порядок розробки організаційно-технічної документації регламентується нормативними документами.

Відповідно до них додаткові вимоги, що висуваються до окремих розділів (частин). Особлива увага під час його розробки повинна надаватися узгодженню прийнятих рішень із службами, підприємства, що реконструюється.

Література

1. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-294>
2. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. Зі Змінами № 1 та № 2. [Чинний від 2022-09-10]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58105
3. Зельцер Р.Я., Лагутін Г.В., Погорельцев В.М., Тугай О.А., Ушацький С.А. Будгенплан. Курсове та дипломне проектування / Р.Я. Зельцер [та ін.]; за ред. С.А. Ушацького; Київ. нац. ун-т буд-ва і архит. – Київ: Хай-Тек Прес, 2011. – 191 с.
4. Лубенець В.Г. Проектування організації будівництва промислових та цивільних будівель і споруд: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів/В.Г. Лубенець, О.О. Демидова. – Київ: КНУБА, 2007. – 134 с.
5. Лубенець В.Г., Зельцер Р.Я., Титок В.В. Будівельні крани: посібник для студ., які навч. за напр. підгот. 6.060101 "Будівництво"/В.Г. Лубенець [та ін.]. – Київ: КНУБА, 2012. – 203 с.
6. Ушацький С.А., Шейко Ю.П., Тригер Г.М., та ін. Організація будівництва: підручник / С.А. Ушацький, [та ін.]; за ред. С.А. Ушацького. – Київ: Кондор, 2007. – 520 с

References

1. DBN A.3.1-5-2016. Organization of daily production. [Chinny edition 2017-01-01]. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-294>
2. DBN A.2.2-3:2014 Warehouse and storage of design documentation for construction. Zi Zminami No. 1 and No. 2. [Chinny edition 2022-09-10]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58105
3. Zeltser R.Ya., Lagutin G.V., Pogoreltsev V.M., Tugay O.A., Ushatsky S.A. Budgenplan. Coursework and diploma project / R.Ya. Seltzer [ta.]; per ed. S.A. Ushatsky; Kyiv. national University of Bud-va i Archit. – Kiev: Hi-Tech Press, 2011. – 191 p.
4. Lubenets V.G. Design of the organization of industrial and civil life and disputes: beginning. handbook for students visch. navch. zakladiv/V.G. Lubenets, O.O. Demidova. – Kiev: KNUBA, 2007. – 134 p.
5. Lubenets V.G., Zeltser R.Ya., Titok V.V. Water taps: a handbook for students and beginners. for example prepared 6.060101 "Budivnistvo"/V.G. Lubenets [ta in.]. – Kiev: KNUBA, 2012. – 203 p.
6. Ushatsky S.A., Sheiko Yu.P., Triger G.M., et al. Organization of everyday life: assistant / S.A. Ushatsky, [ta in.]; per ed. S.A. Ushatsky. – Kiev: Condor, 2007. – 520p.

1. **Y.M. Khalupka**, Jr. of science employee, ORCID: 0009-0002-7702-8039;

2. **V.V. Oryshchenko**, Assistant. Department of Construction Organization and Management, ORCID iD: 0000-0002-5081-1229.

¹ SE "Research Institute of Construction Production", Kyiv.

² Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

BUILDING AND CONSTRUCTION RECONSTRUCTION DESIGN.

Abstract. *In order to create the necessary conditions for life and development of society, the production of various products are organized. The nomenclature and consumer qualities of the produced products are determined by the level of scientific and technical development, economic and social living conditions. For the production of products, houses and buildings are erected, which are equipped with certain means of production. The term of functioning of means of production is due to physical and moral wear and tear of machines and mechanisms. Buildings and structures in, which means production are located and function also age physically and morally, although this aging occurs slower than the means of production.*

Scientific and technical progress is currently characterized by a faster onset of wear and tear of the nomenclature of manufactured products. In addition, in connection with the changes taking place in society, the nomenclature of manufactured products replaced. The problem of retooling the functioning industry (replacing morally or physically outdated means of production, the emergence of need to produce new types of products) arose before humanity a long time ago.

Under reconstruction - the production of works, which carried out according to single project:

- *with a change in volume-planning decisions;*
- *replacement or strengthening of existing structures;*
- *demolition of existing and construction of new structures related to the operation of technological equipment;*
- *with the replacement of obsolete or physically worn equipment;*
- *with mechanization, production automation, etc. When carrying out the reconstruction of the main production facility, as a rule, significant volumes of work are always performed on auxiliary and service facilities.*

Reconstruction also includes the construction of new workshops and facilities instead of those, which being liquidated, the further operation of which is deemed impractical due to technical and economic conditions. They can be erected both on free territories and on areas vacated as a result of the liquidation (demolition) of the object.

Technical re-equipment is clear as the implementation of a set of measures in accordance with the technical development plan of the enterprise according to projects and estimates for individual objects and types of work (without expanding existing production areas) to raise the technical level of individual areas of production, aggregates, and installations to modern requirements by introducing new equipment and technology, mechanization and automation of production processes, modernization and replacement of obsolete or physically worn equipment with new, more productive ones.

Sometimes technical rearmament considered as a type of reconstruction with a relatively small amount of construction and installation work. As it is not difficult to see from the given definitions, new construction and expansion are in fact new construction, while the difference between them is only in the conditions of execution of works. Expansion of construction is carried out in difficult (compressed) conditions. Technical rearmament, as it was emphasized, mainly involves the organization of the dismantling of the old and the installation of new equipment on the existing foundations.

In the future, the main attention will be paid to the issues of actual reconstruction, namely:

- *organization of works related to the strengthening of existing building structures, their replacement with temporary transfer of loads;*
- *replacement of beams and trusses in areas of the covering located in areas difficult to reach for installation cranes;*
- *by increasing the pitch of the columns without disassembly.*

Keywords: *construction, reconstruction, design, logistics in construction.*

УДК 691.5

¹ **К.К.Пушкарьова**, д.т.н, професор, ORCID 0000-0001-7640-8625;² **Л.В. Терещенко**, аспірант, ORCID 0000-0001-9860-2226^{1,2} Київський національний університет будівництва і архітектури

ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕОРГАНІЧНИХ ПІГМЕНТІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ ЦЕМЕНТІВ

Анотація. У статті представлено результати досліджень впливу неорганічних пігментів на технологічні властивості декоративних цементів. Встановлено, що незалежно від кольору пігменту, зі збільшенням його кількості в системі, отримуємо більш насичений та яскравий колір цементного каменю, але при цьому має місце його негативний вплив та технологічні та фізико-механічні властивості штучного каменю. Дослідження проводили на цементних системах на основі білого портландцементу без добавок та на цементних системах на основі білого портландцементу, модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором. Збільшення кількості пігменту, незалежно від його кольору, призводить до збільшення водопотреби цементної системи, однак, при введенні суперпластифікатора вплив пігмента не є таким чутливим. При цьому, введення суперпластифікатора зменшує водопотребу білого цементу в середньому на 37-40%. Окрім того, встановлено, що введення пігментів впливає на терміни тужавіння цементних систем. При цьому, пігменти, залежно від їх кольору та дозування, чинять різний вплив як на терміни початку, так і кінця тужавіння. Зі збільшенням вмісту пігменту в цементній системі без пластифікатора, час початку тужавіння збільшується, а найбільший вплив на кінець тужавіння такої системи має введення синього пігменту. Введення пігментів до пластифікованих цементних систем збільшує і час початку, і час кінця тужавіння. Зі збільшенням кількості пігментів всіх кольорів міцність зразків зменшується. При цьому, червоний пігмент призводить до найбільшого спаду міцності на всіх етапах твердіння. Зменшення міцності можна пояснити підвищеною водопотребою, і, як наслідок, підвищеною пористістю пігментованих зразків порівняно зі зразками без введення пігментів. Актуальними будуть подальші дослідження, спрямовані на пошук добавок, що будуть забезпечувати зменшення негативного впливу неорганічних пігментів на процеси гідратації та твердіння цементної системи, а отже, і на довговічність отриманого штучного каменю. При цьому важливим є збереження інтенсивності забарвлення ті відсутність висолоутворення.

Ключові слова: цементні системи, білий цемент, декоративний цемент, полікарбоксилатний пластифікатор, неорганічні пігменти, технологічні властивості, терміни тужавіння, водопотреба, міцність

Постановка проблеми

До сучасних будівельних матеріалів, в тому числі до будівельних матеріалів на основі декоративних цементів, що застосовуються для оздоблення зовнішніх елементів будівель та споруд, висуваються досить жорсткі вимоги щодо експлуатаційних властивостей та їх стабільності в процесі експлуатації. Для можливості забезпечення таких властивостей слід додатково вивчити характер впливу неорганічних пігментів на технологічні властивості декоративних цементів.

Аналіз останніх досліджень

Вплив пігментів на властивості цементних системи наразі висвітлено в багатьох джерелах [1-5]. В наявних дослідженнях зазначено, що при тривалій експлуатації при різних погодних умовах, неорганічні пігменти забезпечують стійкість кольору забарвлених матеріалів, хоча й мають меншу фарбувальну здатність порівняно з органічними пігментами [6]. Результати досліджень показали, що пігменти можуть зменшувати густину та збільшити водопоглинання цементних систем [7]. Також зазначено, що отримані властивості кольорових цементів залежать від виду, складу та дозування пігменту, а також, від дотримання технологічного процесу виробництва. Вплив залізооксидних пігментів на нормальну

густоту і терміни твердіння вже досліджувались раніше [8]. В даній роботі встановлено, що вплив пігменту на нормальну густоту в'язучого залежить від його кольору. Так, синій та червоний пігменти не впливають на нормальну густоту цементного тіста, а введення жовтого пігменту підвищує її, при чому, таке збільшення є пропорційним кількості пігменту. Щодо термінів тужавлення, то зазначено, що наявність пігментів не впливає на терміни початку тужавіння та прискорює терміни закінчення тужавіння цементних систем.

Оскільки, в сучасному будівництві неластифіковані цементні системи не використовуються, то доцільно дослідити дію пігментів на цементні системи, модифіковані полікарбоксилатними пластифікаторами.

Мета досліджень

Дослідити вплив неорганічних пігментів, що відрізняються за своїм складом на технологічні властивості декоративних цементів.

Матеріали та методи досліджень

В дослідженнях використовували білий портландцемент СЕМ І 52.5 виробництва Adana (Туреччина). Мінералогічний склад такого цементу наведено у Таблиці 1.

Мінералогічний склад білого портландцементу виробництва Adana (Туреччина)

CEM I 52.5	C ₃ S, %	C ₂ S, %	C ₃ A, %	C ₄ AF, %
	73,0	7,0	3,0	1,0

Для модифікації цементних систем на основі білого портландцементу використовували полікарбоксилатний суперпластифікатор німецького виробництва BASF Constraction Polymers (Trostberg, Німеччина) Melflux 1641 F.

В якості неорганічних пігментів використовували пігменти жовтого, синього, зеленого та червоного кольорів виробництва Multichem (Чернівці, Україна).

Дослідження проводили на цементних системах з вмістом води, що відповідає консистенції тіста нормальної густоти. Для приготування таких цементних систем спочатку перемішували сухі компоненти, до яких додавали воду.

Міцнісні характеристики цементних систем визначали на зразках розміром 2x2x2 см, які тверділи в нормальних умовах протягом 3, 7 та 28 діб.

Виклад основного матеріалу

На першому етапі досліджень проводили порівняння зміни інтенсивності кольору цементного каменю, забарвленого неорганічними пігментами в кількості 3, 6 та 9% (Таблиця 2). Отримані результати вказують на те, що, незалежно від кольору пігменту, зі збільшенням його кількості в системі, отримуємо більш насичений та яскравий колір цементного каменю, але при цьому має місце негативний вплив пігментів та технологічні та фізико-механічні властивості штучного каменю.

Для визначення впливу неорганічних пігментів на водопотребу цементних систем, дослідження проводили на цементних системах на основі білого портландцементу без добавок та на цементних системах на основі білого портландцементу, модифікованого

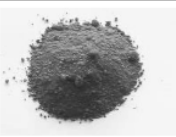
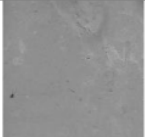
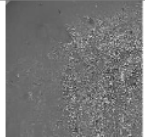
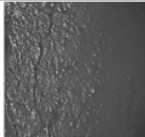

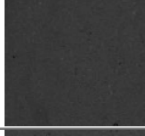
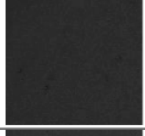


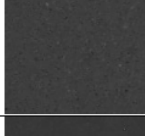

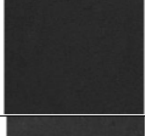

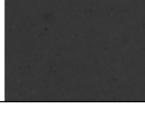
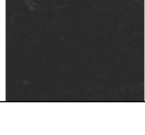

полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу (Рисунок 1). Збільшення кількості пігменту, незалежно від його кольору, призводить до збільшення водопотреби цементної системи, однак, при введенні суперпластифікатора вплив пігмента не є таким чуттєвим. Це відбувається за рахунок того, що пігменти представлені дрібнодисперсним порошком, нерозчинним у воді, який є наповнювачем у цементній системі. При цьому, введення суперпластифікатора зменшує водопотребу білого цементу без введення пігментів в середньому на 37-40%.

Визначення впливу пігментів на терміни тужавіння цементних систем на основі білого портландцементу без добавок та на цементних системах на основі білого портландцементу, модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу проводили за стандартною методикою. Встановлено, що введення пігментів впливає на терміни тужавіння цементних систем. При цьому, пігменти, залежно від їх кольору та дозування, чинять різний вплив як на терміни початку, так і на терміни кінця тужавіння (Рисунок 2).

Початок тужавіння цементної системи без пластифікатора при введенні пігментів скорочується, за виключенням пігментів синього кольору, які збільшують час початку тужавіння на 7...10% та червоного кольору у кількості 9%, введення якого майже не впливає на час початку тужавіння.

Зі збільшенням вмісту пігменту, час початку тужавіння збільшується. Введення зеленого пігменту у кількості 3% від маси цементу та жовтого пігменту скорочує час кінця тужавіння, а введення червоного пігменту у кількості 3% та зеленого у кількості 6% - не впливає на

Залежність кольору цементного тіста від вмісту неорганічних пігментів

Пігмент			Вміст пігменту, %		
Колір		Склад	3	6	9
жовтий		Метагідроксид заліза FeO(OH)			
зелений		Суміш 90% жовтого і 10% блакитного фталоціанінового			
синій		Кобальтоалюмінат оксид CoO.Al ₂ O ₃			
червоний		Оксид заліза Fe ₂ O ₃			

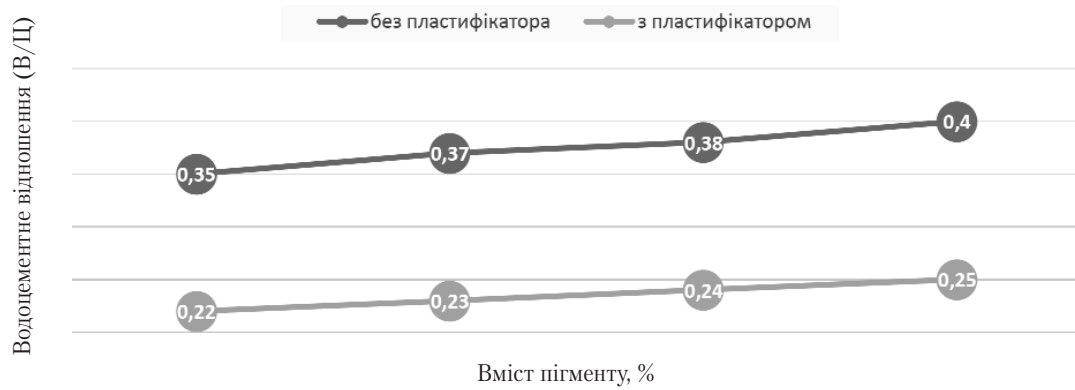


Рис. 1 – Зміна водоцементного відношення цементного тіста нормальної густоти на основі білого портландцементу без пластифікатора та модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641F у кількості 1,5% від маси цементу при введенні неорганічних пігментів у кількості 3...9%

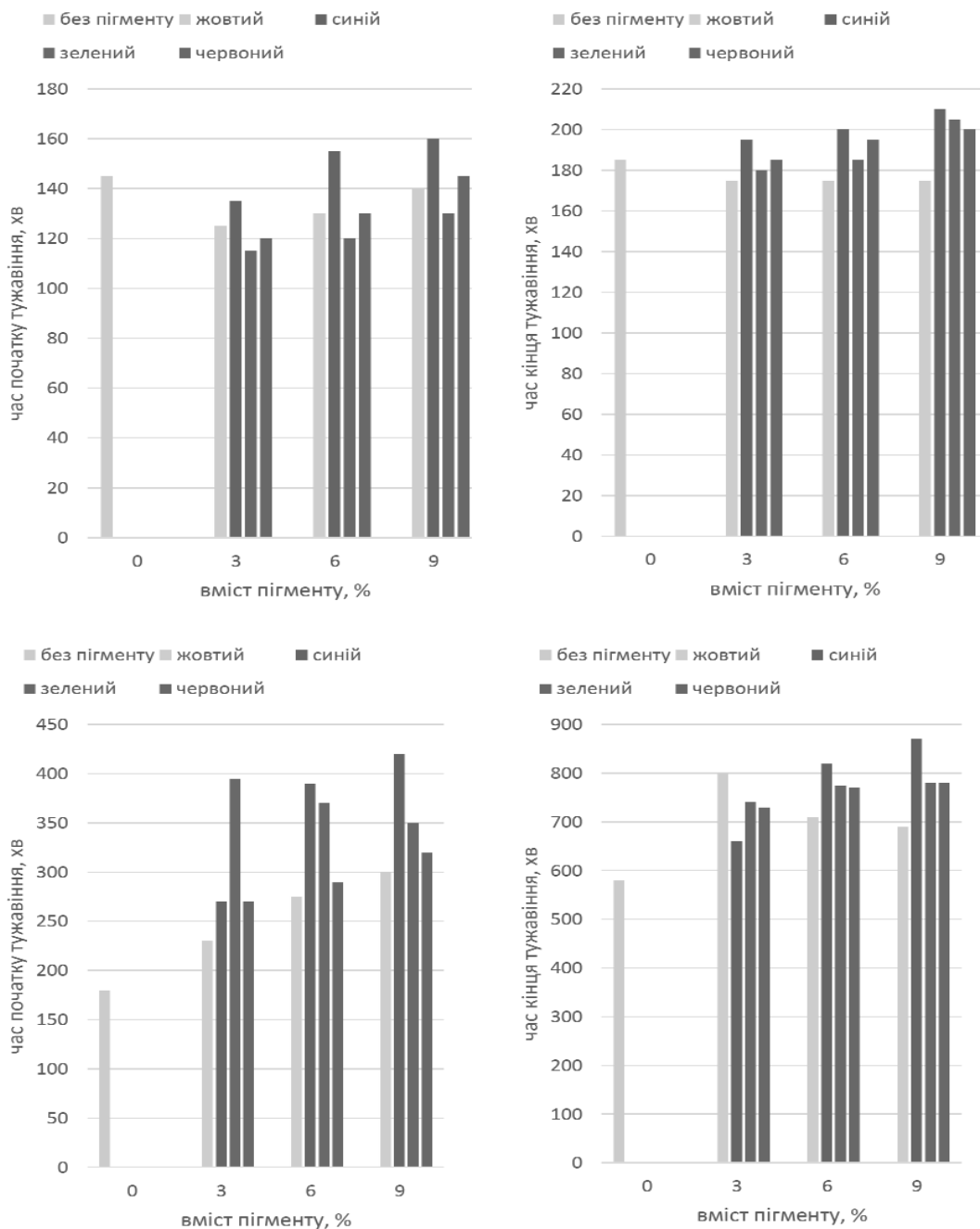


Рис. 2 Зміна термінів тужавіння цементного тіста нормальної густоти на основі білого портландцементу без пластифікатора (а) та модифікованого полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу (б) при введенні неорганічних пігментів різного кольору

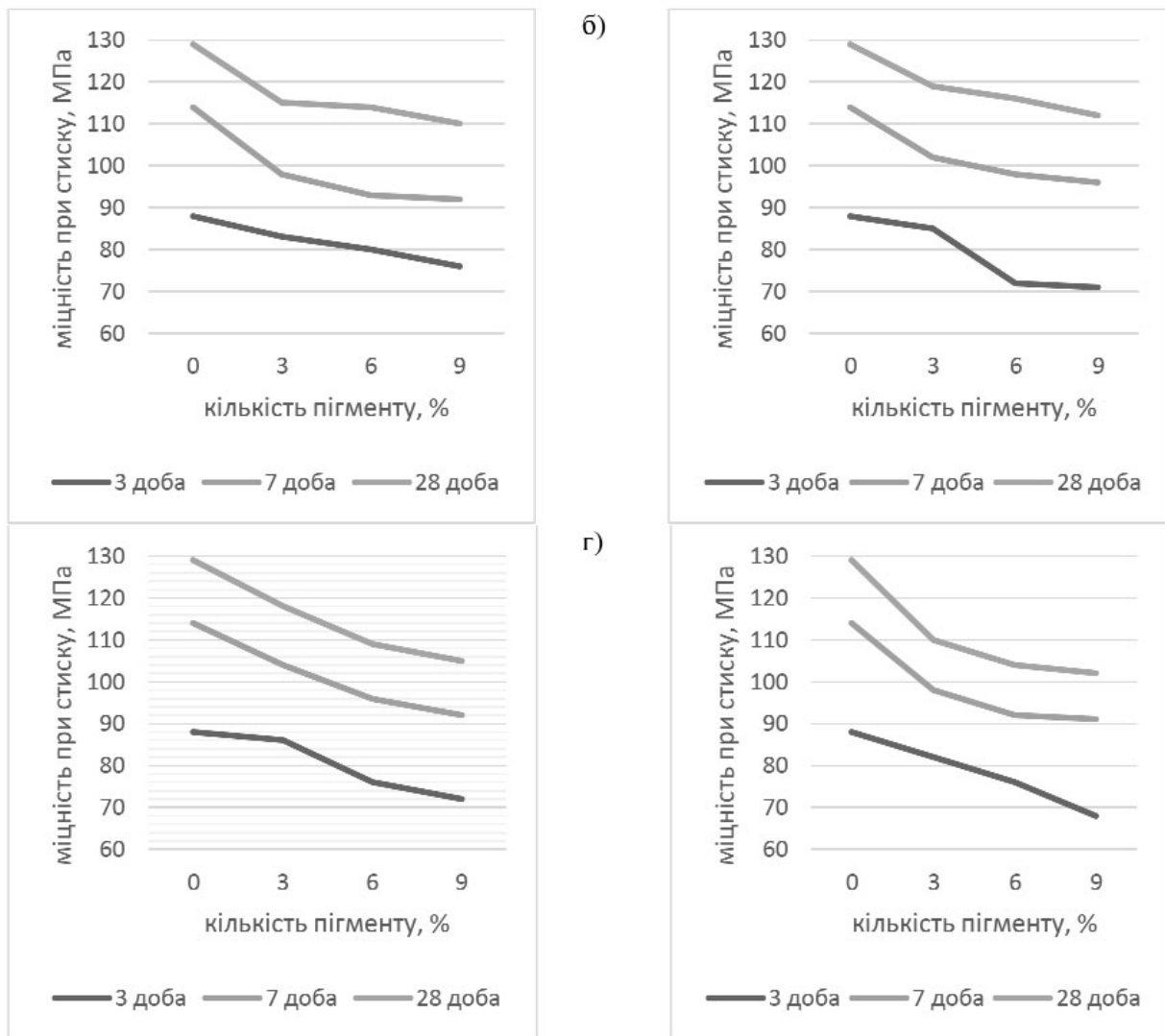


Рис. 3 Порівняння зміни міцності цементного тіста нормальної густини на основі білого портландцементу, модифікованого полікарбоксилатним пластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% від маси цементу та забарвленого неорганічними пігментами жовтого (а), синього (б), зеленого (в), та червоного (г) кольорів

нього порівняно зі зразками без пігменту. Всі інші пігменти збільшують час кінця тужавіння на 5-14%.

Найбільший вплив на кінець тужавіння має введення до системи синього пігменту.

Введення пластифікатора збільшує час початку тужавіння непігментованої цементної системи на 24%, а кінець – на 113% порівняно з цементом без введення пластифікатора. При цьому введення пігментів до пластифікованих цементних систем збільшує і час початку і час кінця тужавіння. Зі збільшенням вмісту пігменту, час початку тужавіння цементної системи збільшується; виключення становлять системи до яких введено зелений пігмент, при цьому збільшення кількості його знижує час початку тужавіння. Кінець тужавіння також збільшується при збільшенні кількості пігменту, окрім жовтого пігменту, який як і в непластифікованій цементній системі, призводить до скорочення часу кінця тужавіння при збільшенні його вмісту в системі.

На наступному етапі було досліджено зміну міцності зразків на основі білого цементу, модифікова-

ного полікарбоксилатним суперпластифікатором Melflux 1641 F у кількості 1,5% з додаванням неорганічних пігментів жовтого, зеленого, синього та червоного кольорів у кількості 3, 6 та 9% від маси цементу. Аналізуючи результати досліджень, можемо зробити висновок, що зі збільшенням кількості пігментів всіх кольорів міцність зразків зменшується. При цьому, червоний пігмент призводить до найбільшого спаду міцності на всіх етапах твердіння (Рисунок 3).

При дозуванні червоного пігмента у кількості 3...9% від маси цементу, міцність цементної системи у віці 28 діб зменшується на 15...20% порівняно з системою без пігментів. Зменшення міцності можна пояснити підвищеною водо потребою, і, як наслідок, підвищеною пористістю пігментованих зразків порівняно зі зразками без введення пігментів.

Висновки

Введення неорганічних пігментів до складу цементних систем чинить вплив на технологічні властивості цементів, що призводить і до зміни їх міц-

нісних характеристик. Введення пігментів впливає на терміни тужавіння цементних систем. При цьому, пігменти різного кольору чинять різний вплив як на терміни початку, так і на терміни кінця тужавіння. Введення суперпластифікатора зменшує негативний вплив на терміни тужавіння. Інтенсивність кольору цементного каменю, забарвленого неорганічними пігментами прямопропорційна їх вмісту в цементній системі. Але, збільшення кількості пігменту, що вводиться в цементну систему призводить до збільшення водопотреби як чистого цементу, так і модифіко-

ваного полікарбоксилатними добавками. Саме через це, зі збільшенням вмісту пігменту в системі, відбувається спад міцності цементного каменю на всіх етапах твердіння. Тому актуальними будуть подальші дослідження, спрямовані на пошук добавок, що будуть забезпечувати зменшення негативного впливу неорганічних пігментів на процеси гідратації та твердіння цементної системи, а отже, і на довговічність отриманого штучного каменю. При цьому важливим є збереження інтенсивності забарвлення ті відсутність висолотування.

Література

1. Mehreen Z. Heerah, Isaac Galobardes, Graham Dawson. *Characterisation and control of cementitious mixes with colour pigment admixtures. Case Studies in Construction Materials* 15 (2021)
2. V. Corinaldesi et al. *Influence of inorganic pigments addition on the performance of coloured SCC. Construction and Building Materials* 30 (2012) P.289-293
3. Amr Maher El Nemr, Maha Ahmed Shawkky, Mahmoud El Khafif. *The effect of mineral pigments on mechanical properties of concrete. Journal of civil engineering and construction*, Vol. 11 (3), (2022), P.139-152
4. Kholod K. Salama, Mona F. Ali, Said M. El-Sheikh, *The different influence of nano materials on pigments. Scientific culture*, Vol. 3, (2018), P.1-7
5. Sadik Alper Yildizel, Gokhan Kaplan, Ali Ugur Ozturk. *Cost optimization of mortars containing different pigments and their freeze-thaw resistance properties. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering*. Vol. 2016, P. 1-6
6. Margoldova J. *Colored, not only grey concrete, Materialy a Technologie*, Vol. 1 (2010), P. 32-36
7. Viola Hospodarova, Jozef Junak, Nadezda Stevulova. *Color pigments in concrete and their properties. Pollack periodica. An International Journal for Engineering and Information Sciences*. Vol. 10 (2015), P. 143-151
8. А.В. Мишутін, С.М. Петричко. *Вплив кольорових пігментів на нормальну густоту і терміни тужавіння цементу. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск 45 (2012), С. 143-146*

References

1. Mehreen Z. Heerah, Isaac Galobardes, Graham Dawson. *Characterisation and control of cementitious mixes with colour pigment admixtures. Case Studies in Construction Materials* 15 (2021)
2. V. Corinaldesi et al. *Influence of inorganic pigments addition on the performance of coloured SCC. Construction and Building Materials* 30 (2012) P.289-293
3. Amr Maher El Nemr, Maha Ahmed Shawkky, Mahmoud El Khafif. *The effect of mineral pigments on mechanical properties of concrete. Journal of civil engineering and construction*, Vol. 11 (3), (2022), P.139-152
4. Kholod K. Salama, Mona F. Ali, Said M. El-Sheikh, *The different influence of nano materials on pigments. Scientific culture*, Vol. 3, (2018), P.1-7
5. Sadik Alper Yildizel, Gokhan Kaplan, Ali Ugur Ozturk. *Cost optimization of mortars containing different pigments and their freeze-thaw resistance properties. Hindawi Publishing Corporation Advances in Materials Science and Engineering*. Vol. 2016, P. 1-6
6. Margoldova J. *Colored, not only grey concrete, Materialy a Technologie*, Vol. 1 (2010), P. 32-36
7. Viola Hospodarova, Jozef Junak, Nadezda Stevulova. *Color pigments in concrete and their properties. Pollack periodica. An International Journal for Engineering and Information Sciences*. Vol. 10 (2015), P. 143-151
8. A.V. Myshutin, S.M. Petrychko. *Vplyv kolorovykh pigmentiv na normalnu hustotu i termyny tuzhavinna tsementu. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. Vypusk 45 (2012), S. 143-146*

¹ **Pushkarova K.**, doctor of technical sciences, professor, ORCID 0000-0001-7640-8625;

² **Tereshchenko L.**, postgraduate, ORCID 0000-0001-9860-2226

^{1,2} Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF INORGANIC PIGMENTS ON THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF DECORATIVE CEMENTS

Abstract. *The article presents the results of research on the influence of inorganic pigments on the technological properties of decorative cements. It has been established that regardless of the color of the pigment, with an increase in its quantity in the system, we get a more saturated and bright color of cement stone, but at the same time there is a negative effect of pigments and technological and physical and mechanical properties of artificial stone. The research was conducted on cement systems based on white Portland cement without additives and on cement systems based on white Portland cement modified*

with polycarboxylate superplasticizer. An increase in the amount of pigment, regardless of its color, leads to an increase in the water consumption of the cement system, however, when a superplasticizer is introduced, the effect of the pigment is not so significant. At the same time, the introduction of a superplasticizer reduces the water consumption of white cement without the introduction of pigments by an average of 37-40%. In addition, it was established that the introduction of pigments affects the hardening time of cement systems. At the same time, pigments, depending on their color and dosage, have different effects on both the start and end of aging. With an increase in the pigment content in a cement system without a plasticizer, the time of the onset of hardening increases, and the introduction of a permanent pigment has the greatest effect on the end of hardening of such a system. The introduction of pigments into plasticized cement systems increases both the start and end time of hardening. As the number of pigments of all colors increases, the strength of the samples decreases. At the same time, the red pigment leads to the greatest decline in strength at all stages of hardening. The decrease in strength can be explained by the increased water consumption, and, as a result, the increased porosity of pigmented samples compared to samples without the introduction of pigments. Further research aimed at finding additives that will reduce the negative impact of inorganic pigments on the processes of hydration and hardening of the cement system, and therefore on the durability of the obtained artificial stone, will be relevant. At the same time, it is important to preserve the intensity of the color and the absence of sediment formation.

Keywords: *cement systems, white cement, decorative cement, polycarboxylate plasticizer, inorganic pigments, technological properties, hardening terms, water consumption, strength*

УДК 699.8; 69.059

¹ Д.О. Хохлін, ст. наук. співробітник, к.т.н. <https://orcid.org/0000-0002-0128-8515>;² М.О. Божинський, аспірант кафедри організації та управління будівництвом Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, <https://orcid.org/0000-0002-8681-4675>.¹ ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького», м. Київ,² Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ,

ЗАСТОСУВАННЯ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД В УМОВАХ МОЖЛИВИХ ОБСТРІЛІВ НА ПРИКЛАДІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ВЕЛИКОПРОЛІТНОЇ ФЕРМИ

Анотація. Для розробки пропозицій щодо захисту будівель і споруд в умовах можливих обстрілів проведено узагальнення та аналіз науково-технічних робіт НДІБВ та враховано принципи та засади, наведені у діючих нормах. Представлені пропозиції можуть бути використані для розробки національних будівельних норм і стандартів щодо захисту будівельних об'єктів від можливих обстрілів. Виділено три групи об'єктів за ризиком влучань від обстрілів залежно від ступеня ризику: найбільший ризик (1-а група), підвищений (2-а група) та помірний (3-я група). Запропоновані підходи (з перевагами та недоліками) щодо захисту будівельних об'єктів від обстрілів включають: прямий розрахунок на влучання від обстрілу з врахуванням найбільш ймовірних та несприятливих варіантів; застосування прямих конструктивних вимог, що з високою ймовірністю забезпечать загальну живучість об'єкта або конструкції після влучання під час обстрілу; загальне резервування несучої здатності шляхом, як правило, збільшення коефіцієнтів надійності. Розглянуто їх застосування залежно від групи ризику та класів відповідальності будівельного об'єкта. Для 1-ї групи застосовується комплекс усіх наведених заходів; для 2-ї групи – обов'язкові мінімальні конструктивні вимоги; для 3-ї групи особливі вимоги відсутні. Для наочного прикладу розглянуто великопролітну конструкцію покриття промислової споруди з 1-ї групи, яка підлягає сценарію пошкодження від влучання засобу ураження. У процесі узагальнення результатів обстежень і досліджень, проведених НДІБВ, зібрано статистичні дані про типи великопролітних залізобетонних конструкцій покриття промислових споруд. Встановлено, що залізобетонні ферми довжиною 24 м є значно поширеними, і їх обрано для розгляду як приклад застосування запропонованих підходів до захисту. На основі узагальнення результатів обстежень визначено сценарій пошкодження ферми, який передбачає повну або часткову втрату одного з елементів (стійки або розкосу) внаслідок влучання снаряду в конструкції покриття. Наведено підходи до розробки захисту несучих конструкцій, адаптовані для розглянутої 24-метрової залізобетонної ферми, що зазнала втрати елемента після влучання.

Ключові слова: обстріл, аварія, будівельний об'єкт, будівельна конструкція, великопролітна залізобетонна ферма, захист, живучість, ліквідація наслідків.

Вступ

Особливості сучасної збройної агресії Росії проти України показують, що цілями ракетних та інших ударів можуть стати будь-які будівлі та споруди незалежно від їх призначення. Продовження війни та ризики повторних бойових дій після її завершення робить надзвичайно актуальним проектування будівель і споруд на різних етапах циклу їх існування (від нового будівництва до відновлення та реконструкції) з врахуванням потенційних влучань від різноманітних обстрілів.

Одними з найбільш постраждалих від обстрілів є промислові об'єкти, адже часто є осередками важливих виробництв, ремонтно-відновлювальних процесів, критичною інфраструктурою тощо. Для споруд таких об'єктів характерним є застосування великопролітних конструкцій (в т.ч. залізобетонних), оскільки вимагаються значні вільні простори для забезпечення ефективних технологічних процесів виробництва. Несучі конструкції великопролітних покриттів одними з перших зазнають пошкоджень від влучань при обстрілі, враховуючи їх розташування та велику площу. При цьому влучання призводять

до значних пошкоджень та втрати елементів несучих конструкцій та аварійного технічного стану, бо виникають розрахункові умови та характеристики конструкцій не передбачені проектом. Наслідком аварійного технічного стану є обов'язкове припинення експлуатації ділянки можливого руйнування до моменту відновлення конструкцій.

Дослідження ефективності заходів захисту конструкцій від обстрілів, а також ліквідації наслідків можливої аварії потребує проведення математичного моделювання та розрахунків. Ці розрахунки слід проводити на основі певного типу конструкцій з конкретними конструктивними рішеннями та виокремленими видами аварійних пошкоджень, відповідно до визначених сценаріїв їх утворення. Це є необхідним з метою уникнення розгляду занадто широкого кола конструктивних рішень досліджуваних конструкцій та їх аварійних пошкоджень.

Матеріали і методи досліджень

Нові будівельні норми з забезпечення надійності [1] приділяють суттєву увагу забезпеченню живучості будівельних об'єктів (БО), передбачаючи розра-

хункові та конструктивні принципи врахування аварійних впливів різної природи в залежності від класу відповідальності БО. Водночас ці вимоги (природно для ДБН) є достатньо загальними та потребують відповідних уточнень для певних умов, однією з яких є підвищений ризик влучань від обстрілів (РВО).

Наразі ДП «НДІБВ» набуло широкий досвід обстежень будівель і споруд, зокрема промислових, які постраждали від обстрілів та бойових дій, а також у науково-технічному супроводі захисту від обстрілів, що дозволяє виокремити певні принципи такого захисту. На жаль, конкретні детальні матеріали та звіти, як правило, не можуть бути наведені з міркувань безпеки.

Слід зазначити, що існуючі промислові споруди на території України відрізняються великим розмаїттям конструктивних рішень несучих конструкцій, що перекривають поперечні прольоти, як за довжиною, так і за конструктивними особливостями. Як правило, це залізобетонні або сталеві конструкції у вигляді балок або ферм [2,3 та ін.]. Наведена література концентрується на описі можливих архітектурно-будівельних і конструктивних рішень, але, як правило, залишається незрозумілим розповсюдження тих чи інших рішень на певних територіях. Це створює проблему обґрунтування виділення найбільш поширених типів конструкцій для більш ефективних досліджень, таких як заходи їх захисту або ліквідації аварій.

Методи досліджень полягають у використанні аналізу загальної та спеціальної будівельної літератури та нормативних документів; натурних обсте-

жень об'єктів, пошкоджених при обстрілах; методів якісної та кількісної обробки отриманих результатів дослідження.

Мета роботи

Метою даної роботи є розробка основних положень щодо організації конструктивного захисту будівельних об'єктів від можливих обстрілів, що розглянуто на прикладі великопролітної залізобетонної ферми.

Виклад основного матеріалу

Для розробки пропозицій було узагальнено та проаналізовано науково-технічні роботи, виконані НДІБВ [4,5 та ін.] (на жаль, неможливо навести широкий перелік робіт з міркувань безпеки), а також враховано принципи та засади, наведені у діючих ДБН [1]. Наведені нижче пропозиції можуть бути застосовані для розробки національних будівельних норм і стандартів щодо захисту БО від можливих обстрілів.

Насамперед доцільно виділити групи БО з РВО залежно від ступеня цього ризику. Умовно всі БО можна розділити на три групи: найбільший ризик влучань (1-а група), підвищений (2-а група) та помірний (3-я група).

До 1-ї групи пропонується віднести всі військові об'єкти, промислові об'єкти військово-оборонного комплексу, БО класів відповідальності СС-2 та СС-3 в зоні бойових дій та прифронтових ділянках (з високою ймовірністю влучання), а також БО критичної інфраструктури.

Таблиця 1

Узагальнені підходи захисту будівельних об'єктів при наявності ризику влучань від обстрілів (можуть бути застосовані як для окремих несучих конструкцій, так і конструктивної системи в цілому)

Підхід щодо розробки захисту	Опис	Переваги	Недоліки
На основі прямого розрахунку	Захист розробляється на основі прямого розрахунку на влучання від обстрілу (наприклад, удару типової ракети) з врахуванням різних сценаріїв влучання. Він може бути виконаний з використанням прикладення навантаження від прямого удару засобом ураження на різних ділянках БО (враховуються найбільш ймовірні та невігідні варіанти), а також врахування вторинних впливів, що можуть діяти на різних етапах сценарію влучання.	Дозволяє найбільш обґрунтовано розробити конструктивні заходи захисту.	Висока трудомісткість і складність застосування.
Застосування конструктивних вимог	Захист впроваджується через застосування обов'язкових мінімальних конструктивних вимог, що з високою ймовірністю забезпечать загальну живучість БО після влучання під час обстрілу. Обов'язкові мінімальні конструктивні вимоги щодо забезпечення загальної живучості БО після влучання під час	Помірна трудомісткість та складність застосування. Конструктивні заходи можуть бути уніфіковані для різного виду конструктивних систем шляхом	Менша обґрунтованість захисту для конкретного об'єкту у випадку відсутності прямого розрахунку на влучання від обстрілу.

	<p>обстрілу мають на меті максимальне збереження загальної цілісності конструктивної системи та запобігання її прогресивному руйнуванню. Це дозволяє отримати час на евакуацію людей та цінного обладнання, а також залишає більше можливостей для ефективної ліквідації наслідків можливої аварії, відновлення БО та навіть обмеженої експлуатації пошкоджених ділянок. Можуть включати, наприклад, збільшення мінімально допустимих перерізів конструкцій та армування, обов'язкове застосування певних видів нерозрізних та статично невизначених конструктивних схем/систем, в яких вимикання окремих несучих елементів не призведе до загального руйнування, застосування захисних елементів, що гасять і розподіляють удари від влучань тощо.</p>	<p>виконання науково-дослідних та конструкторських робіт з розрахунковим обґрунтуванням, як це вже зроблено для будівництва і споруд в умовах, наприклад, можливих землетрусів [6] або прогресуючого руйнування [7].</p>	
<p>Загальне резервування несучої здатності</p>	<p>Загальне резервування несучої здатності, наприклад, шляхом збільшення коефіцієнтів надійності за відповідальністю. Більш вибіркоче резервування щодо певних конструкцій відноситься скоріше до виконання прямих конструктивних вимог.</p>	<p>Є найбільш простим та універсальним заходом.</p>	<p>Не є ефективним при застосуванні окремо від інших заходів, представлених вище, адже не враховує конкретні сценарії влучань від обстрілів, деякі конструктивні особливості змінених розрахункових схем пошкоджених конструкцій та передбачає суцільне збільшення несучої здатності конструкцій незалежно від ступеню їх участі у захисті від обстрілів.</p>

До 2-ї групи пропонується включати всі промислові БО, які не увійшли до 1-ої групи, всі БО класу відповідальності СС-3, що не увійшли до 1-ої групи, а також об'єкти класу СС-1 в зоні бойових дій та прифронтових ділянках (з високою ймовірністю влучання).

До 3-ї групи відносяться всі інші об'єкти.

Щодо можливих підходів захисту БО та їх кон-

струкцій при наявності РВО пропонуються такі основні, представлені у табл. 1.

Розподіл застосовуваних заходів для груп БО з РВО можна запропонувати наступний.

Для 1-ї групи:

- прямий розрахунок на влучання від обстрілів (пропонується застосовувати лише для БО класу

Розповсюдження типів великопролітних залізобетонних конструкцій покриття розглянутих промислових споруд (зазначена кількість будівельних об'єктів)

Розташування	Ферма 18 м	Ферма 24 м	Балка 12 м	Балка 18 м
Київ та Київська область	28	47	8	18
Черкаси	5	3	0	2
Кременчук	7	10	0	4
Дніпро	12	16	3	9
Павлоград	6	9	0	0
Запоріжжя	16	14	5	6
Нікополь	1	4	0	0
Херсон	3	7	2	3
Миколаїв	0	1	0	0
Полтава	14	10	1	5
Загалом	92	121	19	47

відповідальності СС-3, оскільки це досить трудомісткий процес);

- застосування обов'язкових мінімальних конструктивних вимог залежно від класу відповідальності БО;

- застосування коефіцієнтів надійності як для класу СС-3 для БО незалежно від їх фактичного класу відповідальності (додаткове резервування несучої здатності).

Для 2-ї групи: застосування обов'язкових мінімальних конструктивних вимог залежно від класу відповідальності БО.

Для 3-ї групи особливі вимоги відсутні.

Для наочного прикладу можна розглянути певний вид великопролітної конструкції покриття промислової споруди, яка піддається певному сценарію утворення пошкоджень від влучання засобу ураження.

Серед найбільш розповсюджених великопролітних залізобетонних і сталевих конструкцій для звуження обсягів досліджень обрано залізобетонні конструкції. В процесі узагальнення результатів обстежень і досліджень, проведених НДІБВ, було зібрано статистичні дані щодо типів великопролітних залізо-

бетонних конструкцій покриття промислових споруд. Результати узагальнення отриманих даних з групуванням за регіонами наведено у табл. 2. Вони хоча й не є повністю репрезентативними для всієї території України, все ж дозволяють зробити висновок про значне розповсюдження залізобетонних ферм довжиною 24 м.

Крім того, розгляд конструкцій з найбільшими прольотами є особливо актуальним, зважаючи на те, що зона ураження від їх руйнування є суттєво більшою (мінімум на 33% для ферм довжиною 24 м у порівнянні з іншими розглянутими конструкціями). Отже, доцільно розглянути приклад застосування запропонованих підходів захисту на великопролітній залізобетонній фермі довжиною 24 м.

На основі узагальнення результатів обстежень визначено сценарій пошкодження ферми, який передбачає повну або часткову втрату одного з елементів, наприклад, стійки або розкосу, внаслідок влучання снаряду в конструкції покриття (рис. 1). Загальне руйнування такої конструкції може призвести до суттєвих наслідків, враховуючи значну довжину прольоту, та значних витрат ресурсів при ліквідації наслідків такої аварії. Значно більш ефективним є використання частини цих ресурсів на обґрунтований превентивний захист ферми до настання аварійної ситуації, що мінімізує ризик її остаточного руйнування, втрати життів, здоров'я людей та матеріальних ресурсів на ділянці потенційного обрушення.

Підходи щодо розробки захисту, наведені у табл. 1 та адаптовані для 24-метрової залізобетонної ферми, яка зазнала втрати елемента після обстрілу, представлені у табл. 3.

Висновки

1. Виділено 3 групи будівельних об'єктів за ризиком влучань від обстрілів залежно від ступеня такого ризику.

2. Сформульовано узагальнені підходи щодо захисту будівельних об'єктів у випадку наявності ризику від обстрілів і розглянуто їх особливості, переваги та недоліки.

3. Розглянуто застосування запропонованих підходів щодо захисту залежно від групи ризику влучань від обстрілів та класів відповідальності буді-



Рис. 1. Приклад пошкодження 24-метрової залізобетонної ферми, яка зазнала втрати елемента після обстрілу.

Таблиця 3

Підходи розробки захисту несучих конструкцій від обстрілів на прикладі 24-метрової залізобетонної ферми (сценарій пошкодження – втрата розкосу або стійки)

Підхід щодо розробки захисту	Опис	Переваги	Недоліки
На основі прямого розрахунку	Прямий розрахунок ферми на всі варіанти втрати конструктивного елемента з врахування симетричності конструкції. Розрахунки мають бути проведені у нелінійній постановці з можливістю кількох ітерацій для підбору найбільш ефективного за витратами варіанту захисту.	Дозволяє найбільш обґрунтовано розробити конструктивні заходи захисту.	Висока трудомісткість і складність нелінійних ітераційних розрахунків
Застосування конструктивних вимог	Застосування мінімальних конструктивних вимог до залізобетонних елементів ферми (класу бетону, діаметрів і кроків арматури, її анкерування, геометричних перерізів елементів тощо), підсилення у порівнянні з наведеними у нормах, стандартах та ін. документації. Ступінь такого підсилення має бути визначений на основі досвіду проектування та експлуатації подібних ферм та (або) цілеспрямованих досліджень.	Відносно простий та пристосований для масового використання	Менша обґрунтованість захисту несучої конструкції для конкретного об'єкту у випадку відсутності прямого розрахунку на влучання від обстрілу
Загальне резервування несучої здатності	Застосування максимальних значень коефіцієнтів надійності може бути доцільним для ферм споруд класів відповідальності СС-2 (навіть чи споруда з великопролітними фермами буде мати клас відповідальності СС-1). У такому випадку елементи досліджуваної залізобетонної ферми будуть розраховані з використанням коефіцієнта надійності за відповідальністю $\gamma_p = 1,25$ замість 1,10.	Найбільш простий варіант	Основною небезпекою ізольованого використання такого підходу є неврахування при конструюванні елементів залізобетонної ферми змінених розрахункових схем у випадках втрати окремих стійок або розкосів, зокрема з точки зору анкерування армування. Цей підхід є дієвим лише у поєднанні з іншими наведеними підходами.

вельного об'єкта.

4. Зібрано статистичні дані щодо типів великопролітних залізобетонних конструкцій покриття промислових споруд. Виявлено значне розповсюдження залізобетонних ферм довжиною 24 м, які й обрано для розгляду як приклад застосування запропонованих підходів захисту.

5. На основі узагальнення результатів обсте-

жень визначено сценарій пошкодження ферми, який передбачає повну або часткову втрату одного з елементів, наприклад, стійки або розкосу, внаслідок влучання снаряду в конструкції покриття.

6. Представлено приклад адаптації сформульованих підходів до розробки захисту від обстрілу для розглянутої 24-метрової залізобетонної ферми, за сценарієм втрати елемента після влучання.

Література

1. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд: ДБН В.1.2-14:2018. – [На заміну ДБН В.1.2-14:2009; Чинні від 2019-01-01]. – К.: Укрархбудінформ, 2018. – 30 с.
2. Roof Construction Manual. Pitched roofs. Eberhard Schunck, Hans Jochen Oster, Rainer Barthel, Kurt KieЯl. – Walter de Gruyter, 2013. ISBN 3034615639, 9783034615631. – 449 p.
3. Phillips, A. (1992). *The Best in Industrial Architecture*. Японія: Rotovision.
4. Звіт про науково-технічну роботу «Обстеження житлового будинку за адресою: м. Ірпінь, вул. Северинівська, 136» (Попередній) / В.С. Романов, В.О. Басанський, М.О. Божинський та ін. – К.: НДІБВ. – 2022. – 30 с.
5. Звіт про науково-технічну роботу «Обстеження житлового будинку за адресою: м. Ірпінь, вул. Соборна 1-А, літ. 3» (Попередній) / В.С. Романов, В.О. Басанський, М.О. Божинський та ін. – К.: НДІБВ. – 2022. – 47 с.
6. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2014. – Офіц. вид. – [На заміну ДБН В.1.1-12:2006; Чинні від 2014-10-01]. – К.: Укрархбудінформ: Мінрегіон України, 2014. – 110 с.
7. Висотні будівлі. Основні положення: ДБН В.2.2-41:2019. – Офіц. вид. – [На заміну ДБН В.2.2-24:2009; Чинні від 2020-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 53 с.

References

1. *General Principles of Reliability and Structural Safety of Buildings and Structures: DBN V.1.2-14:2018*. – [Replaces DBN V.1.2-14:2009; from 1st January 2019]. – Kyiv: Ukrarchbudinform, 2018. – 30 p. [in Ukrainian].
2. Schunck, E., Oster, H. J., Barthel, R., & KieЯl, K. (2013). *Roof Construction Manual. Pitched roofs*. – Berlin: Walter de Gruyter. ISBN 3034615639, 9783034615631. – 449 p.
3. Phillips, A. (1992). *The Best in Industrial Architecture*. – Japan: Rotovision.
4. Report on Scientific and Technical Work "Examination of a Residential Building at the Address: Irpin, Severynivska Street, 136" (Preliminary) / Romanov V.S., Basanskyi V.O., Bozhynskyi M.O., et al. – Kyiv: NDIBV, 2022. – 30 p.
5. Report on Scientific and Technical Work "Examination of a Residential Building at the Address: Irpin, Soborna Street 1-A, Building Z" (Preliminary) / Romanov V.S., Basanskyi V.O., Bozhynskyi M.O., et al. – Kyiv: NDIBV, 2022. – 47 p.
6. *Construction in Seismic Areas of Ukraine: DBN V.1.1-12:2014*. – [Replaces DBN V.1.1-12:2006; from 1st October 2014]. – Kyiv: Ukrarchbudinform: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014. – 110 p. [in Ukrainian].
7. *High-Rise Buildings. Basic Provisions: DBN V.2.2-41:2019*. – Official edition. – [Replaces DBN V.2.2-24:2009; from 1st January 2020]. – Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2019. – 53 p. [in Ukrainian].

¹ D.O. Khokhlin Ph.D., Senior Scientific Researcher of the , <https://orcid.org/0000-0002-0128-8515> ;

² M.O.Bozhynskyy , Graduate student of the Department of Organization and Construction Management of the Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, <https://orcid.org/0000-0002-8681-4675>,

¹ State Enterprise "Scientific Research Institute of Building Production named after V.S. Balytskyi", Kyiv

² Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv,

**APPLICATION OF BASIC PRINCIPLES OF BUILDINGS AND STRUCTURES PROTECTION
IN THE CONDITIONS OF POSSIBLE SHELLINGS BY THE EXAMPLE
OF REINFORCED CONCRETE LONG-SPAN TRUSS**

Abstract. For developing recommendations for the protection of buildings and structures under the threat of potential shelling, a summary and analysis of the scientific and technical work conducted by the SRIBP has been carried out, taking into account the principles and guidelines outlined in current regulations. The proposed recommendations can be used to develop national building codes and standards for the protection of building objects from potential shelling.

Three groups of objects have been identified based on the risk of shelling, depending on the level of risk: highest risk (Group 1), increased risk (Group 2), and moderate risk (Group 3). The proposed approaches (with their advantages and disadvantages) for protecting construction objects from shelling include: direct calculation for shelling impacts, considering the most likely and unfavorable scenarios; application of direct structural requirements that will most likely ensure the overall survivability of the object or structure after being hit during shelling; general reserve of load-bearing capacity, usually by increasing reliability coefficients. Their application has been considered depending on the risk group and the responsibility classes of the construction object. For Group 1, a comprehensive set of all the mentioned measures is applied; for Group 2, mandatory minimum structural requirements; for Group 3, there are no specific requirements.

As an example, a large-span roof structure of an industrial building from Group 1, which is subject to a damage scenario from a projectile impact, has been considered. During the summary of inspection and research results conducted by SRIBP, statistical data on types of large-span reinforced concrete roof structures of industrial buildings have been collected. It has been established that 24-meter-long reinforced concrete trusses are significantly widespread, and they have been selected for consideration as an example of applying the proposed protection approaches. Based on the summary of inspection results, a damage scenario for the truss has been defined, which involves the complete or partial loss of one of the elements (diagonal and vertical web members) due to a projectile impact on the roof structure. Approaches to developing protection for load-bearing structures, adapted for the 24-meter reinforced concrete truss in question, which has sustained element loss after impact, are presented.

Key words: shelling, accident, building facility, building structure, reinforced concrete long-span truss, protection, survivability, consequences liquidation.

УДК 69.003.13:728.1.01

1 В.В. Титок, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіки будівництва, ORCID: 0000-0002-9527-3006

2 Ю.В. Сиволап, аспірант кафедри економіки будівництва, ORCID: 0000-0002-3098-1423
1.2 Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИБОРУ ВИДУ ФАСАДНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ АВС-АНАЛІЗУ НА ВАРТІСТЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА

Анотація. Стаття присвячена всебічному дослідженню впливу вибору виду фасадних систем на загальну вартість життєвого циклу об'єкта будівництва, з особливим акцентом на застосуванні АВС-аналізу як інструменту для визначення оптимального варіанту влаштування фасаду з урахуванням економічних та якісних аспектів. Основною метою статті є обґрунтування доцільності використання АВС-аналізу для вибору типу фасадних систем та оцінка його впливу на витрати, пов'язані з життєвим циклом будівлі. У статті проводиться детальний аналіз різних типів фасадних систем з точки зору їх кріплення, матеріалів, конструкції та способу виконання. Розглядаються такі системи, як вентилязовані та невентильовані фасади, навісні вентилязовані фасадні системи, фасади з облицюванням з натурального каменю, композитних матеріалів та інших сучасних матеріалів. Особлива увага приділяється вивченню технологічних характеристик, довговічності та витрат на обслуговування різних видів фасадних систем. Застосування АВС-аналізу дозволяє класифікувати фасадні системи за їх впливом на вартість та якість будівництва. В цьому контексті, фасадні системи розподіляються на три категорії: А – найбільш важливі та витратні, В – середньої важливості та витратності, С – менш важливі та з мінімальними витратами. Такий підхід дозволяє будівельникам та дизайнерам зосередити свою увагу на найбільш критичних елементах, що впливають на загальну вартість та ефективність будівництва.

В результаті дослідження стає можливим прийняття обґрунтованого рішення щодо вибору оптимальної фасадної системи, яка найкраще відповідає специфічним потребам проекту та сприяє оптимізації вартості життєвого циклу будівлі. Зокрема, вибір відповідних матеріалів та технологій дозволяє знизити витрати на будівництво, забезпечити довговічність та зменшити витрати на обслуговування та ремонт у майбутньому. Крім того, результати дослідження можуть стати основою для розробки практичних рекомендацій для фахівців будівельної галузі, включаючи будівельників, дизайнерів та архітекторів. Це дозволяє створювати більш ефективні, економічні та екологічно стійкі об'єкти будівництва. Також, в статті підкреслюється важливість створення шкіл підготовки фахівців та умов для успішного впровадження технологій оцінки життєвого циклу в будівельній галузі.

Ключові слова. Оцінка життєвого циклу, життєвий цикл об'єкта будівництва, етапи життєвого циклу об'єкта будівництва, опорядження фасаду, теплоізоляція, фасадна система.

Вступ

В Україні життєвий цикл об'єкта будівництва досліджували: В.П. Ніколаєв, М.С. Барабаш, Л.П. Швець, Н.П. Захаркевич, однак питання впливу вибору виду оздоблення фасаду на вартість життєвого циклу потребує подальшого дослідження.

Мета роботи

Вирішення питання доцільності застосування АВС-аналізу для вибору виду фасадної системи та його вплив на вартість життєвого циклу об'єкта будівництва.

Виклад основного матеріалу

АВС-аналіз, що відомий як Always Better Control Analysis відомий підхід у менеджменті та обліку, в основі якого лежить правило Парето, або принцип 80/20, згідно з яким 20 % зусиль забезпечують 80 % результату, а решта 20 % результату досягається 80 % зусиль [1]. Цей метод, дозволяє класифікувати бізнес-ресурси залежно від їхньої значущості. Застосування АВС-аналізу допоможе зробити

обґрунтований вибір матеріалів, які будуть найбільш вигідними з точки зору вартості та якості протягом усього життєвого циклу будівлі.

Фасад будівлі, зовнішня оболонка конструкції, це більше, ніж просто естетичний елемент; це важливий зв'язок між внутрішнім і зовнішнім середовищем, що впливає на енергоефективність, комфорт мешканців і загальний добробут будівлі. Оскільки ми рухаємося до майбутнього сталого розвитку міст, потреба переосмислити системи фасадів будівель є першочерговою.

Фасади будівель проходять трансформаційний шлях, еволюціонуючи від простих корпусів до динамічних інтелектуальних елементів, які формують майбутнє нашого архітектурного середовища. Цей аналіз заглиблюється в різноманітні точки зору архітекторів, постачальників обладнання, постачальників технологій, виробників і напівфабрикатів щодо цієї захоплюючої еволюції [2].

Вибір оздоблення фасаду може значно впливати на вартість життєвого циклу будівлі. Наприклад, якщо вибрати високоякісні матеріали, які мають

довговічність і вимагають менше обслуговування та ремонту, це може зменшити загальні витрати на утримання будівлі протягом її експлуатаційного періоду. З іншого боку, якщо вибрати менш якісні матеріали, які швидко зношуються або вимагають постійного ремонту, це може призвести до збільшення витрат на обслуговування та збереження будівлі протягом її життєвого циклу. Тому важливо ретельно підходити до вибору фасадних обшивок з урахуванням їх впливу на загальні витрати на будівлю протягом усього її життєвого циклу [3; 4].

Класифікація конструктивно-технологічних рішень фасадних облаштувань представлена в ДСТУ Б В.2.6-34:2008 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги» [5].

Згідно з ДСТУ Б В.2.6-34:2008, фасадні системи можна класифікувати наступним чином:

1. За способом кріплення:
 - навісні системи;
 - накладні системи;
 - вентилязовані фасади.
 - інші системи.
2. За матеріалом:
 - фасади з металу;
 - фасади з каменю;
 - фасади зі скла;
 - фасади зі штучних матеріалів;
 - фасади з природних матеріалів;
 - інші матеріали.
3. За конструкцією:
 - монолітні фасади;
 - складні фасади;
 - комбіновані фасади.

4. За способом виконання:

- сухі фасади;
- мокрі фасади.

Ця класифікація допомагає систематизувати різноманітні види фасадних систем та визначити їх основні характеристики згідно з вимогами стандарту. Для вирішення питання вибору виду фасадних систем вирішено застосувати АВС-аналіз (таблиця 1). На основі цього аналізу можна зробити обґрунтований вибір оптимальної фасадної системи для конкретного будівельного проекту.

Такий підхід допоможе ефективно використовувати ресурси та забезпечити високу якість будівництва, вибравши найбільш підходящий вид фасадної системи з урахуванням її важливості та вартості.

Однак вибір фасадних систем повинен базуватися не тільки на вартості облаштування, а й на природно-кліматичних умовах території, яка буде забудовуватися, архітектурно-конструктивних рішеннях щодо створення фасадів, а також еколого-економічні розрахунках щодо умов експлуатації – температури і вологості матеріалу, що визначає передачу тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огорожувальних конструкціях [6; 7].

У наведеній вище таблиці 1 представлені різні види фасадних систем разом із вартістю встановлення 100 м² за тисячу гривень, накопиченою часткою до підсумку у відсотках та накопиченою часткою кількості позицій у відсотках. Кожен вид фасадної системи віднесено до певної групи (А, В або С) в залежності від його характеристик (рис. 1).

Наприклад, опорядження фасадів декоративним розчином з утепленням мінераловатними плитами товщиною 150 мм віднесено до групи А. Вартість

Таблиця 1

Результати проведення АВС-аналізу для фасадних облаштувань різних типів

	Вид облаштування фасадних систем	Вартість облаштування 100 м ² за тис. грн	Накопичена частка до підсумку, %	Накопичена частка на частку кількості позицій, %	Група
1.	Опорядження фасадів декоративним розчином з утепленням мінераловатними плитами товщиною 150мм	237,550	78,9%	66,7%	А
2.	Опорядження фасадів декоративним розчином з утепленням пінополестеролом товщиною 150мм	215,520	87,3%	77,8%	В
3.	Опорядження фасадів декоративною гнучкою плиткою з утепленням мінераловатними плитами товщиною 150мм	304,530	47,6%	33,3%	А
4.	Облицювання фасадів цеглою товщиною 380мм. з утепленням мінераловатними плитами товщиною 100 мм	590,257	23,1%	11,1%	А
5.	Улаштування вентилязованого фасаду з облицюванням керамогранітними плитами та утепленням мінераловатними плитами товщиною 100 мм	320,671	35,7%	22,2%	А
6.	Облицювання фасадів гранітними плитами без утеплювача	264,228	69,6%	55,6%	А
7.	Опорядження фасадів декоративною штукатуркою без утеплювача	139,372	100,0%	100,0%	С
8.	Облицювання фасадів керамічною цеглою товщиною 380 мм без утеплювача	297,422	59,2%	44,4%	А
9.	Облицювання керамічною плиткою без утеплювача	184,884	94,5%	88,9%	В

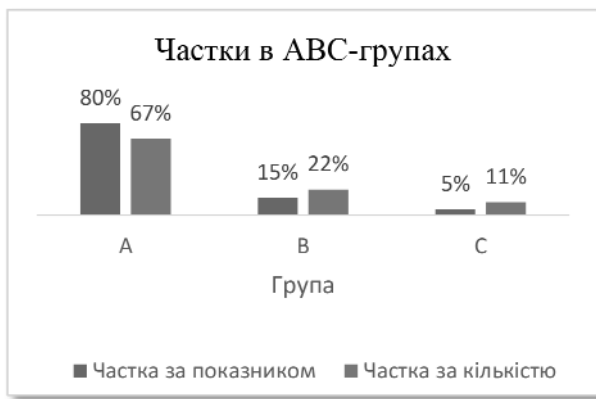


Рис. 1 Частки в АВС-групах

улаштування цього виду фасадного облаштування становить 237,550 тис. грн за 100 м², накопичена частка до підсумку складає 78,9%, а накопичена частка кількості позицій – 66,7%. Таким чином, таблиця надає інформацію про вартість та розподіл різних видів фасадних систем за групами, що може бути корисною для вибору оптимального варіанту в залежності від вимог проекту та бюджету.

Висновки

За результатами проведеного АВС-аналізу для облаштувань фасаду різних типів можна зробити наступні висновки:

1. Група А має найбільшу кількість позицій у таблиці (6 з 9) і включає в себе різні види облаштування, такі як опорядження фасадів декоративним розчином, облицювання фасадів цеглою та гранітними плитами. Ці види облаштування мають різні вартості та накопичені частки до підсумку, але вони віднесені до однієї групи через схожість характеристик.

2. Група В включає в себе види облаштування,

які мають високу накопичену частку до підсумку та кількості позицій, такі як облицювання керамічною плиткою без утеплювача. Ці види облаштування можуть бути вигідними з точки зору вартості та ефективності.

3. Група С містить лише один вид облаштування – опорядження фасадів декоративною штукатуркою без утеплювача.

Отже, проведений аналіз дозволяє виділити різні групи облаштувань фасадних систем залежно від їх вартості та ефективності, що може бути корисним при виборі оптимального варіанту для конкретного проекту.

Висновки. АВС-аналіз є ефективним інструментом для вирішення питання доцільності вибору виду фасадної системи та її впливу на вартість життєвого циклу об'єкта будівництва. Цей аналіз дозволяє класифікувати різні види фасадних влаштувань за їхньою важливістю та впливом на загальну вартість проекту.

Після класифікації видів фасадних влаштувань за категоріями А, В та С в залежності від їхнього впливу на вартість та значимості, можна прийняти обґрунтоване рішення щодо вибору оптимального варіанту. Наприклад, види фасадного влаштування з категорії А, які мають найбільший вплив на вартість та якість об'єкта, можуть вимагати більш детального дослідження та інвестицій, тоді як види з категорії С можуть бути менш важливими та вимагати менших витрат.

Таким чином, застосування АВС-аналізу допоможе визначити стратегію вибору виду фасадного влаштування, що найбільш відповідає потребам проекту, дозволяючи оптимізувати витрати та забезпечити оптимальний вплив на вартість життєвого циклу об'єкта будівництва.

Література

1. Ратушняк О.Г., Яцун А.С. Основні стратегії управління виробничими запасами на підприємстві. Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fm/all-fm-2024/paper/view/20362>.
2. Sanjeev J. Shaping the Future of Building Façade Systems: Insights & Visions, Challenges & Solutions, Research & Innovation. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/shaping-future-building-fa%C3%A7ade-systems-insights-visions-sanjeev-i0skf>
3. Lesniak A., Gorka M. Structural Analysis of Factors Influencing the Costs of Façade System Implementation. Applied Sciences. 2020. 10. 6021. DOI:10.3390/app10176021.
4. Garmston H., Pan W., Wilde P. Decision-making in façade selection for multi-storey buildings In: Smith S.D. (Ed.) Proc 28th Annual ARCOM Conference, 3-5 September 2012, Edinburgh, UK, Association of Researchers in Construction Management, 357-367.
5. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. Мінрегіонбуд України, 2009. 20 с.
6. Максимов А.С. Галінський О.М. Особливості організації реалізації проектів термомодернізації. Управління розвитком складних систем. 2020. Вип. 44, 2020. С.168-174. DOI:10.32347/2412-9933.2020.44.159-165.
7. Crespi M., Persiani S.G.L. Rethinking Adaptive Building Skins from a Life Cycle Assessment perspective. Journal of Façade Design and Engineering. 2019. 7(2), 21–43. DOI:10.7480/jfde.2019.2.2467

References

1. Ratushnyak, O.G., Yatsun, A.S. (2024). Basic strategies for managing production stocks at the enterprise. Materials of the LIII scientific and technical conference of VNTU divisions, Vinnytsia, March 20-22, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fm/all-fm-2024/paper/view/20362>.
2. Sanjeev, J. (2024). Shaping the Future of Building Façade Systems: Insights & Visions, Challenges & Solutions, Research & Innovation. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/shaping-future-building-fa%C3%A7ade-systems-insights-visions-sanjeev-i0skf>
3. Lesniak, A., Gorka, M. (2020). Structural Analysis of Factors Influencing the Costs of Façade System Implementation. Applied Sciences. 10. 6021. DOI:10.3390/app10176021.

4. Garmston, H., Pan, W., Wilde, P. (2012). *Decision-making in facade selection for multi-storey buildings* In: Smith S.D. (Ed.) *Procs 28th Annual ARCOM Conference, 3-5 September 2012, Edinburgh, UK, Association of Researchers in Construction Management*, 357-367.
5. DSTU B V.2.6-34:2008 *Structures of external walls with facade thermal insulation. Classification and general technical requirements*. Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2009. 20 p.
6. Maksimov, A.S. Galinsky, O.M. (2020). *Peculiarities of the organization of implementation of thermomodernization projects. Management of the development of complex systems*. Issue 44, 2020. P.168-174. DOI:10.32347/2412-9933.2020.44.159-165.
7. Crespi, M., Persiani, S.G.L. (2019). *Rethinking Adaptive Building Skins from a Life Cycle Assessment perspective*. *Journal of Facade Design and Engineering*, 7(2), 21–43. DOI:10.7480/jfde.2019.2.2467

¹ V. Titok, PhD, Associate Professor, ORCID: 0000-0002-9527-3006\$

² Y. Syvolap, Postgraduate student, ORCID: 0000-0002-3098-1423/

^{1,2} Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CHOOSING THE TYPE OF FACADE SYSTEM USING ABC ANALYSIS ON THE COST OF THE LIFE CYCLE OF THE BUILDING OBJECT

Abstract. *The article is devoted to a comprehensive study of the influence of the choice of the type of facade systems on the total cost of the life cycle of the construction object, with a special emphasis on the application of ABC-analysis as a tool for determining the optimal option for arranging the facade, taking into account economic and quality aspects. The main purpose of the article is to justify the feasibility of using ABC analysis to select the type of facade systems and assess its impact on the costs associated with the life cycle of the building. The article provides a detailed analysis of various types of facade systems from the point of view of their fastening, materials, design and method implementation. Such systems as ventilated and non-ventilated facades, hinged ventilated facade systems, facades with cladding made of natural stone, composite materials and other modern materials are considered. Special attention is paid to the study of technological characteristics, durability and maintenance costs of various types of facade systems. The application of ABC analysis allows classifying facade systems according to their impact on the cost and quality of construction. In this context, facade systems are divided into three categories: A - the most important and expensive, B - medium importance and expensive, C - less important and with minimal expenses. This approach allows builders and designers to focus their attention on the most critical elements that affect the overall cost and efficiency of construction. As a result of the study, it becomes possible to make an informed decision regarding the choice of the optimal facade system, which best meets the specific needs of the project and contributes to the optimization of the cost of the life cycle of the building. In particular, the selection of appropriate materials and technologies allows to reduce construction costs, ensure durability and reduce maintenance and repair costs in the future. In addition, the results of the study can become the basis for the development of practical recommendations for professionals in the construction industry, including builders, designers and architects. This makes it possible to create more efficient, economical and ecologically sustainable construction objects. Also, the article emphasizes the importance of creating specialist training schools and conditions for the successful implementation of life cycle assessment technologies in the construction industry.*

Keywords. *life cycle assessment, construction object life cycle, construction object life cycle stages, facade equipment, thermal insulation, facade system.*

УДК 69:331.1:334.021.1

Д.Ю. Вахович, аспірант кафедри організації та управління будівництвом, ORCID: 0009-0008-2976-4203.
Київський національний університет будівництва і архітектури, м.Київ

ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

Анотація: Стаття присвячена організаційному аспекту вирішення актуальної проблеми скорочення строків реалізації інвестиційно-будівельних проектів в сучасних умовах на етапі проектування. В статті розглянута процедура складання завдання на проектування замовником на етапі підготовки тендерної документації для об'єктів будівництва в Україні, фінансування яких здійснюється із залученням бюджетних коштів, коштів державних і комунальних підприємств, установ та організацій, кредитів, наданих під державні гарантії та визначені її недоліки. Розглянуті положення нормативно-технічних документів, що регламентують порядок складання завдання на проектування, та його зміст. Визначено перелік проблем, що виникають на етапах проектування і будівництва під час реалізації інвестиційно-будівельних проектів з причин невизначеності і варіативності даних для розробки проекту, що надаються замовником в завданні на проектування. Аналіз відкритих джерел інформації щодо проведення закупівель проектних робіт показав, що замовники заповнюють форму завдання на проектування, визначену нормативною базою, за формальною ознакою, не висловлюючи фактично своїх реальних вимог до майбутнього об'єкта будівництва. В проектах "проектуй і будуй" завдання на проектування посідає особливе місце, оскільки підрядник на підставі технічного завдання замовника має визначити не тільки вартість робіт з проектування, але й ціну будівельних робіт, за яку він готовий буде їх виконати, при цьому така ціна залежить від техніко-економічних параметрів будівлі, яка ще є не запроектованою, від застосованих оздоблювальних матеріалів, інженерних систем, конструктивних рішень тощо. Проведено аналіз виконаних договорів закупівлі робіт з будівництва об'єктів "проектуй і будуй", та розділено їх на групи в залежності від достатності інформації в завданні на проектування. Проаналізовано зарубіжний досвід організації робіт з проектування, зокрема при реалізації підходу "проектуй і будуй". Запропоновано удосконалення організації процесу проектування шляхом виділення процесу складання завдання на проектування в окрему процедуру з інструментарієм на основі цифрових технологій формулювання вимог замовника до проектних рішень та перевірки обґрунтованості вимог замовника.

Доведено доцільність розробки інструментарію на основі цифрових технологій, який може бути застосований замовником для складання завдання на проектування в інвестиційно-будівельних проектах.

Ключові слова: завдання на проектування; замовник; етап проектування; тендерна документація; етап підготовки закупівлі; проектуй і будуй.

Постановка проблеми

Організація інвестиційно-будівельного проекту на етапі проектування є менш прогнозованим процесом у порівнянні з етапом будівництва об'єкта. На протипагу організаційно-технологічній моделі процесу будівництва, логіка створення якої спирається на нормативні показники витрат часу, проектування вважається творчим процесом з огляду на ймовірну невизначеність і варіативність даних для розробки проекту і відсутність формалізованих процедур прийняття рішень. Виникнення проблем під час проектування, які пов'язані з невизначеністю вимог замовника, викладених в завданні на проектування, в тому числі на етапі підготовки закупівлі, негативно впливає на строки і вартість інвестиційно-будівельного проекту. Спроба вирішення цих питань на етапі складання завдання на проектування є нетривіальним шляхом зменшення часових, фінансових втрат на етапі проектування і усунення наслідків проектних рішень, що призводять в подальшому до матеріальних втрат на етапі будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням організації будівництва присвячено праці видатних українських вчених В.С. Балицького, О.М. Галінського, С.А. Ушацького, О.А. Тугая, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер, В.О.Поколенка та інших. В своїй роботі О. М. Верес, А. В. Катренко, І. В. Рішняк, В. М. Чаплига [1] наголошують на слабоструктурованих аспектах системи проекту як одній з причин втрат. В дослідженні управління ризиками інвестиційно-будівельних проектів В. А. Кавун [2] як першочергову складову організаційних ризиків визначає тривалість процесу створення проекту. З. О. Скарбун в своїй роботі наголошує на необхідності управління в сучасних умовах кожним окремим етапом інвестиційно-будівельного проекту як самостійним проектом [3]. Проте, незважаючи на велику кількість досліджень в аспектах економіки та організації інвестиційно-будівельних проектів, проблеми, які виникають на етапі складання завдання на проектування як складової інвестиційно-будівельного проекту в процесі організації проектування об'єктів

будівництва, і способи їх вирішення ще є недостатньо дослідженими.

Формулювання мети статті

Метою статті є дослідження проблем, що пов'язані із завданням на проектування, а також напрацюванню шляхів щодо їх (проблем) вирішення.

Виклад основного матеріалу

Проектування – визначальний етап інвестиційно-будівельного проекту на якому вирішується комплексна задача щодо досягнення очікуваних замовником параметрів об'єкта на всіх наступних етапах життєвого циклу об'єкта. Очікувані параметри об'єкта будівництва замовник визначає ще до початку проектування в завданні на проектування. На тому етапі інвестиційно-будівельного проекту коли генпроектувальник або проектувальник (далі проектувальник) ще не визначений, формулювання вимог у завданні на проектування залежить від компетентності замовника.

Як показує досвід реалізації інвестиційно-будівельних проектів в Україні спроможність замовника, в залежності від його досвіду, знань, наявності часу та інших факторів не дозволяє врахувати всі необхідні вимоги в завданні на проектування. Форма, за якою складається завдання на проектування - додаток Б ДБН А.2.2-3:2014 [4] містить пункти довідкового характеру і не містить всіх можливих варіантів. В багатьох випадках замовник застосовує вимогу щодо необхідності попереднього погодження проектних рішень згідно п. 15 3) цього додатку, що призводить до проектування в ітераційний спосіб пристосування до вимог замовника, що виключає необхідність формування цих вимог замовником у завданні на проектування. В такий спосіб процес організації розробки проектної документації є складно-прогнозованим в часі процесом і залежить від процедур прийняття рішень, що застосовуються на етапі попереднього погодження проектних рішень які у різних замовників можуть мати специфічні особливості.

В інвестиційно-будівельних проектах в яких проектувальник приймає участь в процесі складання завдання на проектування вище зазначена проблематика вирішується як на етапі погодження проектувальником завдання на проектування, так і на кожній стадії проектування шляхом уточнення вимог замовника. Але в інвестиційно-будівельних проектах в яких згідно п.б. [5] "Вибір генпроектувальника (проектувальника) для розроблення проектної документації об'єктів будівництва, здійснюється із залученням бюджетних коштів, коштів державних і комунальних підприємств, установ та організацій, кредитів, наданих під державні гарантії, проводиться відповідно до Закону України "Про публічні закупівлі" вплив проектувальника на повноту вимог замовника в завданні на проектування обмежений і призводить до негативних наслідків в наступних випадках.

По перше, у випадку коли предметом закупівлі є тільки розробка проектно-кошторисної документації, складання завдання на проектування замовником на етапі підготовки тендерної документації відбувається без залучення проектувальника, бо проектувальник ще не обраний. Під час тендеру, проектувальники надаючи свої пропозиції, за мовчазною зго-

дою, погоджують таке завдання. Це може призвести до неправильної оцінки витрат часу та коштів на розробку проектно-кошторисної документації проектувальником та не правильному визначення виду будівництва замовником, а якщо завдання не буде уточнене перед підписанням договору, то і до виникнення проблем під час проектування, пов'язаних з невизначеністю вимог замовника, і негативно вплине на строки, якість і вартість виконання робіт з розробки проектно-кошторисної документації.

По друге, у випадку коли виконується закупівля робіт з будівництва об'єкта з розробленням проектної документації, в інвестиційно-будівельних проектах за схемою "проектуй і будуй" на кшталт "analogous estimation" чи "top-down estimating" в Британії [6] та США [7], в яких підрядник, одночасно виконує проектно-вишукувальні та будівельні роботи. У цьому випадку крім зазначених в першому випадку, виникає проблема правильного розрахунку вартості будівництва об'єкту, який залежить від інформації яку замовник повинен зазначити в тендерній документації згідно статті 22 п.2 підпункт 3) закону України "Про публічні закупівлі" "про необхідні технічні, якісні та кількісні характеристики предмета закупівлі, у тому числі відповідну технічну специфікацію (у разі потреби - плани, креслення, малюнки чи опис предмета закупівлі)" [8]. В цьому випадку «якісне» складання завдання на проектування постає найбільш актуальною задачею з огляду на відсутність розробленої та погодженої проектно-кошторисної документації, на основі якої зазвичай відбувається розрахунок вартості будівництва.

Проведений нами та іншими дослідниками аналіз з виконаних договорів закупівель робіт з будівництва об'єкта з розробленням проектної документації показав в якому об'ємі і за якими принципами були складені та завдання проектування та технічні специфікації замовниками.

На об'єктах, на яких виконувались роботи з капітального ремонту будинків, замовниками надавалась інформація про об'єми та види робіт на основі дефектних актів та перелік обладнання, матеріалів із зазначенням їх назв, торгових марок та виробника. Проектно-кошторисна документація виконувала лише верифікацію цієї інформації. Особливістю складання проектування на об'єктах такого виду є те, що замовники не потребували розробки нових проектних рішень для визначення об'ємів та видів робіт, а використовували існуючі технологічні та конструктивні рішення, наприклад, з монтажу гіпсокартонних систем, підвісних стель, віконних конструкцій, систем скріпленої теплоізоляції, навісних фасадів.

На об'єктах на яких виконувались роботи з капітального ремонту і будівництва автомобільних доріг, Л Стефанюк, дослідивши проблеми «з визначенням очікуваної вартості закупівлі», оптимальним вважає «визначення обсягів робіт на підставі попередньо розробленого техніко-економічного обґрунтування», «мінімізувати ризики помилкового визначення очікуваної вартості можна, якщо замовник попередньо замовить розробку в незалежній проектній організації документації, передбаченої для стадії проектування (ТЕО) для будівництва великих і складних об'єктів або техніко-економічний розрахунок (ТЕР), або

навіть, як варіант, замовить розробку «проєкту» будівництва (у такому випадку замовник доручає підряднику за умовами закупівлі розробку наступної стадії проєктування — «Робоча документація» та будівництво об'єкта».[9]

На об'єктах третього, виду на яких виконувались роботи з будівництва будинків і споруд з розробленням проєктної документації, замовником вказувалась мінімальна кількість вимог. Відсутність оприлюдненої інформації щодо шляхів вирішення проблемних питань між замовником і проєктувальником в процесі проєктування та мала кількість таких об'єктів вказує на невирішеність питань в частині завдання на проєктування при будівництві таких об'єктів.

Очевидною в сучасних умовах для вище розглянутих випадків є потреба у створенні цифровізованого інструментарію, що дозволить замовнику здійснити формулювання вимог в завданні на проєктування без участі проєктувальника, з дотриманням обґрунтованості вимог замовником в частині відповідності їх будівельним нормам.

В США один з підходів до організації інвести-

ційно-будівельного проєкту визначає важливість виділення окремого етапу проєктування, «programming phase», на якому детально з'ясовуються вимоги замовника для формулювання їх в завданні на проєктування перед етапом вибору команди проєктувальників [10].

Висновки

Доцільність розробки інструментарію, який може бути застосований замовником для складання завдання на проєктування в інвестиційно-будівельних проєктах, обумовлена необхідністю прогнозованості процесу організації проєктування, створенні передумов для укладання договорів будівництва з розробленням проєктної документації з твердою договірною ціною, сприяння обґрунтованості ціни тендерної пропозиції,

В подальших дослідженнях удосконалення організації процесу проєктування можливе завдяки виділенню процесу складання завдання на проєктування в окрему процедуру з інструментарієм на основі цифрових технологій формулювання вимог замовника до проєктних рішень та перевірки обґрунтованості вимог замовника.

Література

1. Верес О. М, Катренко А. В, Рішняк І. В, Чаплига В. М. Управління ризиками в проєктній діяльності. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. 2003. № 489 С. 38-49. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/43ad1d47-ec67-469b-a7f9-1270b1f62a24/content>
2. Кавун В.А. Проєктні ризики будівельних підприємств. Ефективна економіка. 2017. №. 9. [Електронне наукове фахове видання] URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?op=1&z=5775>
3. Скарбун З. О. Напрямки скорочення термінів реалізації інвестиційно-будівельних проєктів. Ефективна економіка. 2012. №. 12. [Електронне наукове фахове видання]. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1658>
4. ДБН А.2.2-3:2014 "Склад та зміст проєктної документації на будівництво" із Зміною № 1 та Зміною № 2.
5. Порядок розроблення проєктної документації на будівництво об'єктів: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 16.05.2011 № 45 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0651-11#Text>
6. Cost Estimating Guidance A best practice approach for infrastructure projects and programmes URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/970022/IPA_Cost_Estimating_Guidance.pdf
7. COST ESTIMATING MANUAL (VDOT's Cost Estimation Office) URL: https://vdot.virginia.gov/media/VDOT_Cost_Estimating_Manual.pdf
8. Про публічні закупівлі: Закон України від 25.12.2015 № 922-VIII . URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text>
9. Стефанюк Л. Бути чи не бути закупівлі робіт з будівництва об'єктів разом з розробленням проєктної документації. URL: https://radnuk.com.ua/praktyka_zakupiveli/roboty/buty-chy-ne-buty-zakupiveli-robot-z-budivnytstva-ob-iekto-razom-z-rozroblenniam-proiektnoi-dokumentatsii/
10. Facilities Managemen. Western Michigan University Kalamazoo MI 49008-5324 USA URL: <https://wmich.edu/facilities/design-phase>

References

1. Veres O. M, Katrenko A. V, Rishnyak I. V, Chapliga V. M. Upravlinnya rizikami v proektnij diyalnosti. Visnik Nacionalnogo universitetu "Lvivska politehnika". Informacijni sistemi ta merezhi. 2003. № 489 S. 38-49. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/43ad1d47-ec67-469b-a7f9-1270b1f62a24/content>
2. Kavun V.A. Proektni riziki budivelnih pidpriyemstv. Efektivna ekonomika. 2017. №. 9. [Elektronne naukove fahove vidannya] URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/index.php?op=1&z=5775>
3. Skarbun Z. O. Napryamki skorochennya terminiv realizaciji investicijno-budivelnih proektiv. Efektivna ekonomika. 2012. №.12. [Elektronne naukove fahove vidannya]. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1658>
4. DBN A.2.2-3:2014 "Sklad ta zmist proektnoji dokumentaciji na budivnictvo" iz Zminoyu № 1 ta Zminoyu № 2.
5. Poryadok rozroblennya proektnoji dokumentaciji na budivnictvo ob'yektiv: Nakaz Ministerstva regionalnogo rozvitku, budivnictva ta zhitlovo-komunalnogo gospodarstva Ukraini vid 16.05.2011 № 45 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0651-11#Text>
6. Cost Estimating Guidance A best practice approach for infrastructure projects and programmes URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/970022/IPA_Cost_Estimating_Guidance.pdf

7. COST ESTIMATING MANUAL (VDOT's Cost Estimation Office) URL: https://vdot.virginia.gov/media/VDOT_Cost_Estimating_Manual.pdf
8. Pro publichni zakupivoli: Zakon Ukraini vid 25.12.2015 № 922-VIII . URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text>
9. Stefanyuk L. Buti chi ne buti zakupivoli robit z budivnictva ob'yektiv razom z rozroblenniam proyektnoyi dokumentaciyi. URL: https://radnuk.com.ua/praktyka_zakupivel/roboty/buty-chy-ne-buty-zakupivoli-robit-z-budivnytstva-ob-iektiv-razom-z-rozroblenniam-proiektnoi-dokumentatsii/
10. Facilities Managemen. Western Michigan University Kalamazoo MI 49008-5324 USA URL: <https://wmich.edu/facilities/design-phase>

D. Vakhovych, graduate student of the Department of Organization and Construction Management, ORCID: 0009-0008-2976-4203

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

DESIGN TASK IN THE MODERN CONDITIONS OF INVESTMENT AND CONSTRUCTION PROJECTS.

Abstract: *The article is devoted to the organizational aspect of solving the urgent problem of shortening the terms of implementation of investment and construction projects in modern conditions at the stage design. The article examines the procedure for drawing up a design task by the customer at the stage of preparing tender documentation for construction objects in Ukraine, the financing of which is carried out with the involvement of budget funds, funds of state and communal enterprises, institutions and organizations, loans provided under state guarantees and defined and disadvantages. The provisions of regulatory and technical documents regulating the procedure for drawing up a design assignment and its content have been reviewed. The list of problems that arise at the design and construction stage during the implementation of investment and construction projects due to the uncertainty and variability of data for project development, provided by the customer in the design task, is defined. The analysis of open sources of information regarding the procurement of design works showed that customers fill out the design task form, defined by the regulatory framework, on a formal basis, without actually expressing their real requirements for the future construction inspection. In "design and build" projects, the design task occupies a special place, since the contractor, on the basis of the customer's technical task, can determine not only the cost of the design work, but also the price of the construction work for which he is willing to perform it, while this price depends on technical and economic parameters of the building, which has not yet been designed, from the applied finishing materials, engineering systems, structural solutions, etc. An analysis of completed contracts for the purchase of construction works on "design and build" schemes was carried out, and they were divided into groups depending on the sufficiency of information in the design task. The foreign experience of organizing design works was analyzed, in particular, when implementing the "design and build" approach. It is proposed to improve the organization of the design process by separating the process of drawing up the design task into a separate procedure with a toolkit based on digital technologies, formulating the customer's requirements for design solutions and checking the validity of the customer's requirements. The feasibility of developing a toolkit based on digital technologies, which can be applied by the customer for drawing up a design task in investment and construction projects.*

Keywords: *design tasks; customer; the design stage, the tender documents Window, the state of procurement preparation; top-down estimating*

УДК 69.058:69.059:624.04

¹ **О.О. Дем'яненко**, доктор філософії з економіки, старший науковий співробітник сектору спеціальних споруд. ORCID ID: 0000-0002-7345-3559;

² **К.О. Мілицький**, аспірант кафедри організації та управління будівництвом. ORCID 0009-0008-8170-1680.

¹ ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

² Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ, ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК РАКЕТНИХ УДАРІВ

Анотація. В статті приведені результати особливостей проведення обстеження технічного стану частини будівельних конструкцій будівлі, пошкоджених в наслідок ракетного удару, визначення особливостей та класифікація їх дефектів і пошкоджень, надання висновків та рекомендацій щодо коригування життєвого циклу і подальшої безпечної та надійної експлуатації будівлі. В рамках дослідження, об'єктом обстеження була монолітна 22-ох поверхова житлова будівля з цокольним (АТП) поверхом і складною конфігурацією в плані. Конструктивна схема комплексу являє собою монолітний залізобетонний каркас з ядрами жорсткості. Стійкість і жорсткість каркасу забезпечується діафрагмами жорсткості у вигляді з/б стін, ліфтово-сходових вузлів і жорсткими вузлами сполучення пілонів і горизонтальних дисків монолітних залізобетонних плит перекриття. При обстеженні виконувались візуальні та інструментальні методи дослідження. Перед польовими роботами, були проведені заходи із збору проектно та архівної інформації щодо об'єкту дослідження. Інструментальні дослідження з визначення фактичної міцності бетону залізобетонних елементів каркасу та визначення діаметру, захисного шару та кроку робочих стрижнів арматурних каркасів несучих елементів проводилися неруйнівними методами. Розрахункова модель просторової схеми конструкції каркасу житлового будинку з врахуванням пошкоджень виконана в підсистемі (ПС) «КОМПОНОВКА» програмного комплексу (ПК) «МОНОМАХ САПР». Результатом обстеження є висновки та рекомендації, в яких вказані особливості пошкоджень та види дефектів, руйнувань та уламків у різних елементах конструкцій, які були виявлені під час обстеження. Загальний технічний стан житлової будівлі, класифікується як аварійний. Щодо рекомендацій то було надано два варіанти проведення ремонтно – відновлювальних робіт. Перший варіант це, відновлення планово-висотного положення будинку, проектних відміток вертикальних та горизонтальних конструкцій та розвантаження перевантажених конструкцій, виконати за допомогою автоматичного гідравлічного комплексу. Другий варіант - влаштування тимчасового посилення аварійних конструкцій за допомогою металевої просторової рами, без відновлення планово - висотного положення житлового будинку.

Ключові слова: обстеження, категорії технічного стану конструкцій та об'єкта, аварійні пошкодження, аварійно-відновлювальні роботи, життєвий цикл.

Вступ

Через збройну агресію російської федерації проти України, кожен день, внаслідок бойових дій, знищуються десятки будівель і споруд та сотні отримують пошкодження різної складності та характеру. Ці пошкодження можна класифікувати як позапроектні випадки чи впливи, на які будівлі та споруди проектно не враховані, і тому ці пошкодження напряму впливають на ефективність та тривалість життєвого циклу об'єкту пошкодження в залежності від його призначення.

До позапроектних впливів можна віднести реактивну та балістичну зброю, яку використовує агресор. Ця зброя призводить до виникнення таких пошкоджень як: термічні, осколкові та вибухові.

Для того щоб здійснити більш детальний аналіз, на базі якого можна було б створити базу даних, для пришвидшення роботи по відновленню як цивільної інфраструктури так і критичної, є доцільним аналіз особливостей проведення технічного обстеження будівель та споруд з такими пошкодженнями.

Матеріали і методи досліджень

Аналіз особливостей технічного обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок ракетних ударів проводили на прикладі багатоквартирного будинку, необхідність в обстеженні якого виникла після влучання ракетою.

При обстеженні технічного стану будівельних конструкцій проводились візуальні та інструментальні методи досліджень з використанням механічних та лазерних вимірювальних приладів.

Першочергово виконувалась фотофіксація видимих дефектів, пошкоджень конструкцій, їх деформації, тріщини в елементах та вузлах, руйнування або його початок, корозії сталевих конструкцій.

Визначення фактичної міцності бетону залізобетонних елементів каркасу виконували неруйнівним методом за допомогою ультразвукового приладу «Пульсар – 2.2».

Визначення діаметру та кроку робочих стрижнів арматурних каркасів несучих елементів та товщини захисного шару бетону проводили неруйнівними

методами контролю (магнітний метод) за допомогою приладу «Поиск – 2.6».

Оцінка технічного стану будинку за результатами візуального та інструментального обстеження виконувалась відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [1] та ДСТУ-Н Б В.2.6-210:2016 «Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються» [2].

Згідно п. 5.2. ДБН В.1.2-14:2018 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [3] розрізняють три категорії відповідальності конструкцій та їх елементів:

А – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до непридатності до експлуатації будівлі (споруди) або її частини.

Б – конструкції та елементи, відмова яких може призвести до ускладнення нормальної експлуатації будівлі (споруди) або до відмови інших конструкцій, які не належать до категорії А.

В – конструкції, відмова яких не призводить до порушення функціонування будівлі (споруди) в цілому або інших конструкцій або їх елементів.

У складі категорії А можуть виділятися конструкції категорії А1 (головні несучі конструкції), безвідмовність яких забезпечує будівлю або споруду від повного руйнування при аварійних впливах, навіть якщо її подальше використання за призначенням при цьому стане неможливим без капітального ремонту.

Обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів виконуються згідно методики [4] затвердженій Міністерством розвитку громад та територій України №65 від 26.04.2022 р.

Аналіз основних досліджень і публікацій

На даний час питанням обстеження будівель і споруд пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів [9-13] займаються такі вітчизняні науковці, вчені та експерти як: Савійовський В.В., Іваник І.Г., Григоровський П.Є., Червяков Ю.М., Максимов А.С., Басанський В.О., Молодід О.С. та ін.

Відаючи належне дослідженням перерахованих фахівців, необхідно зауважити, що багато питань щодо обстеження технічного стану потребують подальшого вдосконалення та осмислення.

Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення особливостей обстеження ' технічного стану частини будівельних конструкцій будівлі пошкодженої внаслідок ракетного удару, оскільки характер пошкоджень відрізняється від пошкоджень фізичного зносу або нормальної експлуатації і вважається поза проектними пошкодженнями об'єкту дослідження. Визначення пошкоджень та їх класифікація потребує надання нетипових висновків та рекомендацій щодо відновлення життєвого циклу і подальшої безпечної та надійної експлуатації будівлі.

При проведенні обстеження розв'язувались наступні задачі:

- ознайомлення з проектною документацією та іншою інформацією, вивчення архівної технічної документації;

- візуальне обстеження частини будівельних конструкцій, виявлення та класифікація дефектів і пошкоджень будівельних конструкцій;

- розробка ескізів планів, розрізів, схем вузлів і елементів;

- інструментальне обстеження будівельних конструкцій з виконанням розкриттів, замальовками та фотографуванням, в тому числі із застосування інструментальних методів дослідження будівельних конструкцій (визначення армування і класу бетону частини залізобетонних конструкцій будівлі);

- виконання перевірочних розрахунків;

- графічне оформлення матеріалів обстежень;

- аналіз результатів обстеження, визначення характеру та ступеня пошкоджень будівельних конструкцій, причини їх виникнення, можливості їх подальшої експлуатації;

- розробка звіту по результатам обстеження з висновками та рекомендаціями.

Виклад основного матеріалу

Особливості обстеження поза проектних пошкоджень досліджувались на прикладі об'єкту який являє собою монолітну 22-ох поверхову будівлю з цокольним (АТП) поверхом, у плані має складну конфігурацію.

Конструктивна схема комплексу являє собою монолітний залізобетонний каркас з ядрами жорсткості.

Стійкість і жорсткість каркасу забезпечується діафрагмами жорсткості у вигляді з/б стін, ліфтово-сходових вузлів і жорсткими вузлами сполучення пілонів і горизонтальних дисків монолітних з/б плит перекриття.

Клас відповідальності конструкцій – СС3, згідно з ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)» [5].

Фундаменти влаштовані пальові ш620 мм, оголовки паль об'єднані суцільним залізобетонним ростверком. Бетон класу С25/30 (В30), товщина плити 1100-1500 мм. Фундаментна плита влаштована по бетонній підготовці класу С8/10 товщиною 100 мм. Робоча арматура влаштована Ш20, Ш25 А500С з кроком 200x200 мм, додаткова арматура - Ш16, Ш20, Ш25, Ш28 та Ш32.

Пілони, несучі стіни сходових клітин і ліфтових шахт влаштовані монолітні залізобетонні товщиною 200 мм, 250 мм та 300 мм. Бетон класу С25/30 (В30), робоча арматура Ш16, Ш20, Ш25 та Ш28 А500С.

Зовнішні стіни влаштовані з великоформатного каменю товщиною 250 мм, зовні утеплені мінераловатними плитами товщиною 150 мм.

Плита перекриття над цоколем влаштована з монолітного залізобетону товщиною 200 мм. Бетон класу С25/30 (В30), робоча арматура Ш14 та Ш16 А500С. Крок робочої арматури становить 200x200 мм.

Плита перекриття з 1-го поверху влаштована монолітна залізобетонна товщиною 200 мм. Бетон класу С25/30 (В30), робоча арматура Ш12 А500С. Крок робочої арматури становить 200x200 мм.

Сходові марші і проміжні площадки влаштовані монолітні залізобетонні.

Покрівля запроектована плоскою, частково експлуатованою. Водовідведення – організоване, внутрішнє через водоприймальні воронки.

Обстеження аварійної будівлі можуть передбачати: попередній огляд, візуальне обстеження, детальне, інструментальне обстеження та за необхідності спеціальне обстеження для вирішення поставлених задач або уточнення необхідної інформації.

Результати детального візуального обстеження технічного стану будівельних конструкцій будівлі які потрапили під ракетний удар, а саме з цокольного до шостого поверху приведені в таблиці 1, а фотофіксація основних дефектів, пошкоджень та руйнувань наведені на рисунку 1.

Інструментальні випробування проводилися неруйнівними методами контролю (ультразвуковий метод) відповідно до:

– ДСТУ Б В.2.7-226:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності» [6];

– ДСТУ Б В.2.7-224:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності» [7].

– ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) «Конструкції будинків і споруд. Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури» [8].

Встановлена фактична міцність бетону залізобетонних конструкцій будівлі:

- для пілонів міцність складає 35,77 МПа. Клас бетону при коефіцієнті варіації 13,5% дорівнює С20/25 (В25);

- для плит перекриття міцність складає 29,81 МПа. Клас бетону при коефіцієнті варіації 13,5% дорівнює С16/20 (В20).

Кількість та фактичний діаметр арматурних стержнів:

- для залізобетонних монолітних плит перекриття між першим та цокольним поверхами фактичний діаметр арматурних стержнів дорівнює Ш14 та 16 захисний шар дорівнює 13...31 мм, для плит між першим та шостим поверхами фактичний діаметр арматурних стержнів дорівнює Ш12, захисний шар становить 11...68 мм;

- для окремих залізобетонних пілонів фактичний діаметр арматурних стержнів дорівнює Ш28, захисний шар становить 18...46 мм, для інших фактичний діаметр арматурних стержнів дорівнює Ш25, захисний шар становить 10...68 мм, для решти, фактичний діаметр арматурних стержнів дорівнює Ш20, захисний шар дорівнює 20...59 мм.

Розрахункова модель просторової схеми конструкцій каркасу житлового будинку з врахуванням пошкоджень виконана в підсистемі (ПС) «КОМПОНОВКА» програмного комплексу (ПК) «МОНОМАХ САПР» (рисунок 2-3).

Розстановку паль в фундаментному ростверку, колон, пілонів, діафрагм виконано згідно з планами поверхів.

Розрахункові навантаження на елементи конструкцій задані у відповідності із завданням на розрахунок.

Була розроблена розрахункова схема МСЕ, також були враховані результати розрахунку каркасу на постійні, довготривалі, короткочасні, вітрові навантаження в ПК «МОНОМАХ-САПР-2013» при коефіцієнті надійності по відповідальності - «1,0», з врахуванням реальної несучої спроможності пального поля. Проаналізувавши отримані данні було зроблено висновок, що несучої здатності пілонів цокольного та 1-го поверху достатньо для прийнят-

Таблиця 1

Результати детального візуального обстеження технічного стану будівельних конструкцій будівлі

№	Найменування конструкції	Тип та характеристика дефекту та пошкодження
1	2	3
1	Пілони	Зовсім або майже повне руйнування конструкцій пілона, сажа та кіптява, відколювання бетону в окремих частинах пілона, вертикальні, горизонтальні та косі тріщини
2	Залізобетонні стіни, діафрагми	Вертикальні, горизонтальні та косі тріщини, руйнування захисного шару бетону, сколи, сажа та кіптява
3	Залізобетонне перекриття	Повне або часткове руйнування плити, тріщини різного характеру, наявні прогини, сажа та кіптява
4	Залізобетонний марш	Відсутність захисного шару бетону, корозія арматури та каверни
5	Перегородки	Руйнування перегородки через прогин плити та нерозподілу навантажень, тріщини, уламкові ушкодження та ін.
6	Вентиляційні канали	Повне або часткове руйнування конструкцій, тріщини різного характеру, сажа та кіптява
7	Вікна, Двері	Повне руйнування або розбите скління віконних блоків. Перекіс рам та стулок віконних (дверних) блоків. Уламкове ушкодження елементів віконних (дверних) блоків. Уламкове ушкодження відливів. Відсутність відливів.
8	Фасад, зовнішні стіни	Уламкове ушкодження облицювання. Уламкове ушкодження утеплювача. Точкове пошкодження утеплювача. Сліди горіння утеплювача. Сажа та кіптява.

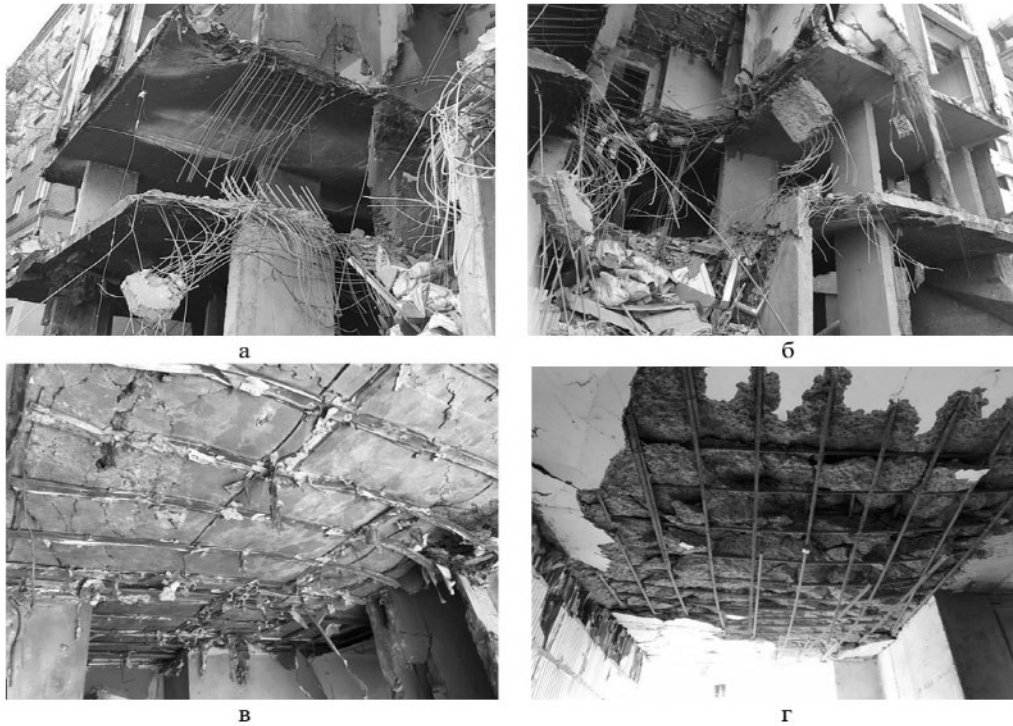


Рисунок 1. Руйнування несучих конструкцій житлового будинку внаслідок ракетного удару: а, б - повне руйнування пілонів, та частини перекриття будинку; в, г – вигин та прогин плити перекриття внаслідок ударної хвилі

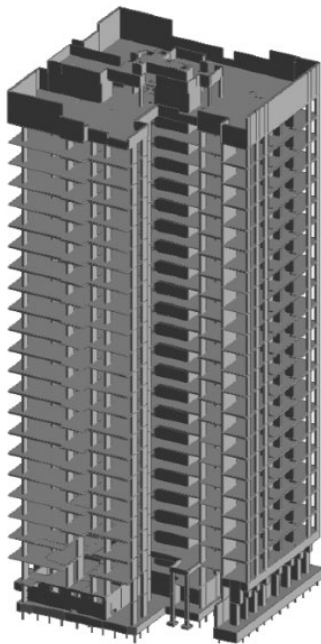


Рисунок 2. 3D модель об'єкту дослідження в ПК «МОНОМАХ-САПР»

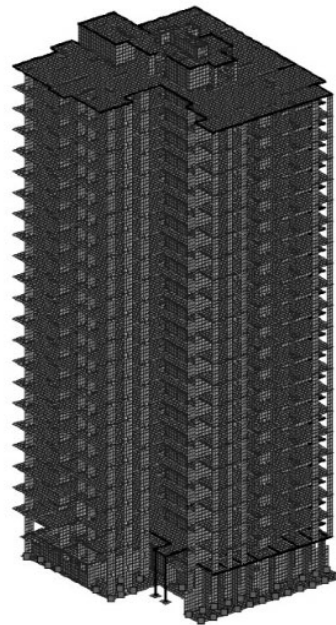


Рисунок 3. Розрахункова схема МСЕ будівлі в ПК «МОНОМАХ-САПР»

тя перерозподілені навантаження внаслідок пошкоджень конструкцій каркасу.

Однак виконаний перевірений розрахунок виконувався на фактичні навантаження і не враховує необхідні для подальшої нормальної експлуатації нормативні коефіцієнти та сейсмічні навантаження і тому може вплинути на подальший життєвий цикл об'єкту.

Висновки та рекомендації

Враховуючи характер пошкоджень внаслідок ракетного удару, виводки та рекомендації також відрізняються.

1. Опираючись на відмічені дефекти та пошкодження, загальний стан конструкцій будівлі можна класифікувати відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [1] як аварійний (4 категорія).

2. Основні рекомендації щодо проведення аварійно-відновлювальних робіт:

- Варіант А. Відновлення планово-висотного положення будинку, проектних відміток вертикальних та горизонтальних конструкцій та розвантаження перевантажених конструкцій виконати за допомогою автоматичного гідравлічного комплексу (що складається із спеціальних вантажних домкратів,

насосної станції, блоку точного управління для синхронної роботи всієї системи та програмного забезпечення) з подальшим відновленням всіх зруйнованих та пошкоджених конструкцій будівлі.

- Варіант Б. Влаштування тимчасового посилення аварійних конструкцій за допомогою металевієї просторової рами, без відновлення планово-висотного положення будинку з подальшим відновленням та підсиленням всіх зруйнованих, пошкоджених та перевантажених конструкцій будівлі.

3. Після проведення робіт по відновленню та

ремонту зазначених конструкцій експлуатацію можна буде відновити.

Враховуючи, що пошкодження та дефекти будівельних конструкцій, які виникають внаслідок ракетних ударів, мають свої особливості та потребують певних підходів при виконанні технічного обстеження, то в подальшій роботі слід провести детальний аналіз аспектів та методів технічного обстеження, методик оцінки стану об'єкту обстеження, в тому числі, пошкоджених внаслідок збройної агресії російської федерації.

Література

1. ДБН-Н Б В.1.2-18:2016 *Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.*
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-210:2016 *Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються.*
3. ДБН В.1.2-14:2018 *Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.*
4. *Методика обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів. Затверджено наказом Міністерства розвитку громад та територій України № 65 від 28.04.2022 року.*
5. ДСТУ 8855:2019 *Визначення класу наслідків (відповідальності).*
6. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 *Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності.*
7. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 *«Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності.*
8. ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) *Конструкції будинків і споруд. Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури*
9. Савйовський В. В., Молодід О.С., *Дослідження особливостей підсилення залізобетонних балкових конструкцій зовнішнім, Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - 2017. - № 4. - С. 29-36. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2017_4_5.*
10. І.Г.Іваник, С.І.Віхоть, Р.С.Пожар, Я.І.Іваник, Ю.Ю.Вибранець;. *Основи реконструкції будівель і споруд: навч. посіб., за ред. І.Г.Іваника – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 276 с*
11. Гавриляк А.І. *Основи технічної експлуатації будівель та інженерних систем: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного Університету «Львівська політехніка», 2009. – 292 с.*
12. Григоровський П.Є., Черв'якова Ю.М., Басанський В.О., Крошка Ю.В., Мурашова О.В., Чуканова Н.П. *Інформаційне моделювання організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань при створенні та утриманні будівельних об'єктів. Будівельне виробництво : наук.-техн. зб. Київ: Вид-во «Ліра-К». 2019. № 67. С. 7–16.*
13. В.М. Михайленко, І.В. Русан, П.Є. Григоровський, О.О. Терент'єв, А.Т. Свідерський, Є.В. Горбатюк. *Моделі і методи інформаційної системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва [Текст] : підручник – К.: ЦП «Компринт». – 2018. – 325 с*

References

1. DBN-N B V.1.2-18:2016 *Nastanova shodo obstezhennya budivel i sporud dlya viznachennya ta ocinki yih tehnicnogo stanu.*
2. DSTU-N B V.2.6-210:2016 *Ocinka tehnicnogo stanu stalevih budivelnih konstrukcij, sho ekspluatuyutsya.*
3. DBN V.1.2-14:2018 *Sistema zabezpechennya nadijnosti ta bezpeki budivelnih ob'yektiv. Zagalni principi zabezpechennya na dijnosti ta konstruktivnoyi bezpeki budivel i sporud.*
4. *Metodika obstezhennya budivel ta sporud, poshkodzenih vnaslidok nadzvichajnih situacij, bojovih dij ta teroristichnih aktiv. Zatverdzheno nakazom Ministerstva rozvitu gromad ta teritorij Ukraini № 65 vid 28.04.2022 roku.*
5. DSTU 8855:2019 *Viznachennya klasu naslidkiv (vidpovidalnosti).*
6. DSTU B V.2.7-226:2009 *Budivelni materialy. Betoni. Ultrazvukovij metod viznachennya micnosti.*
7. DSTU B V.2.7-224:2009 *«Budivelni materialy. Betoni. Pravila kontrolyu micnosti.*
8. DSTU B V.2.6-4-95 (GOST 22904-93) *Konstrukciyi budinkiv i sporud. Konstrukciyi zalizobetonni. Magnitnij metod viznachennya tovshini zahisnogo sharu betonu i roztashuvannya armaturi*
9. Savjovskij V. V., Molodid O.S., *Doslidzhennya osoblivostej pidsilennya zalizobetonnih balkovih konstrukcij zovnishnim, Visnik Pridniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnictva ta arhitekturi. - 2017. - № 4. - S. 29-36. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vpabia_2017_4_5.*
10. I.G.Ivanik, S.I.Vihot, R.S.Pozhar, Ya.I.Ivanik, Yu.Yu.Vibranez;. *Osnovi rekonstrukciyi budivel i sporud: navch. posib., za red. I.G.Ivanika – Lviv: Vidavnictvo Lvivskoyi politehniki, 2010. – 276 s*
11. Gavrilyak A.I. *Osnovi tehnicnoyi ekspluatatsiyi budivel ta inzhenernih sistem: Navch. posibnik. – Lviv: Vidavnictvo Nacionalnogo Universitetu «Lvivska politehnika», 2009. – 292 s.*
12. Grigorovskij P.Ye., Cherv'yakova Yu.M., Basanskij V.O., Kroshka Yu.V., Murasova O.V., Chukanova N.P. *Informacijne modelyuvannya organizacijno-tehnologichnih rishen instrumentalnih vimiryuvan pri stvorenni ta utrimanni budivelnih ob'yektiv. Budivelne virobnictvo : nauk.-tehn. zb. Kiyiv: Vid-vo «Lira-K». 2019. № 67. S. 7–16.*
13. V.M. Mihajlenko, I.V. Rusan, P.Ye. Grigorovskij, O.O. Terentyev, A.T. Sviderskij, Ye.V. Gorbatyuk. *Modeli i metodi informacijnoyi sistemi diagnostiki tehnicnogo stanu ob'yektiv budivnictva [Tekst] : pidruchnik – K.: CP «Komprint». – 2018. – 325 s*

¹ **O. Demianenko**, doctor of philosophy in economics, senior researcher of the special constructions sector.
ORCID ID: 0000-0002-7345-3559;

² **K. Militskyi**, graduate student of the department of construction organization and management.
ORCID 0009-0008-8170-1680.

¹ SE "Research Institute of Construction Production", Kyiv

² Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

RESULTS OF THE TECHNICAL INSPECTION OF A MULTI-STORY RESIDENTIAL BUILDING DAMAGED AS A RESULT OF A ROCKET IMPACT

Abstract. *The article presents the results of the examination of the technical condition of part of the construction structures of the building damaged as a result of a missile strike, the determination of the characteristics and classification of their defects and damage, the provision of conclusions and recommendations regarding the correction of the life cycle and further safe and reliable operation of the building. As part of the study, the object of the survey was a monolithic 22-story residential building with a basement (ATP) floor and a complex configuration in plan. The structural scheme of the complex is a monolithic reinforced concrete frame with stiffening cores. The stability and rigidity of the frame is ensured by diaphragms of stiffness in the form of reinforced concrete walls, elevator-stair nodes and rigid nodes connecting pylons and horizontal disks of monolithic reinforced concrete floor slabs. During the examination, visual and instrumental methods of research were performed. Before the field work, measures were taken to collect design and archival information about the research object. Instrumental studies to determine the actual concrete strength of reinforced concrete frame elements and to determine the diameter, protective layer and pitch of the working rods of the reinforcing frames of the load-bearing elements were carried out by non-destructive methods. The calculation model of the spatial scheme of the structure of the frame of the residential building, taking into account the damage, was made in the subsystem (PS) "COMPOSITION" of the software complex (PC) "MONOMAH CAD". The result of the survey is conclusions and recommendations, which indicate the specifics of damage and types of defects, destruction and debris in various structural elements that were discovered during the survey. The general technical condition of the residential building is classified as emergency. As for the recommendations, two options for carrying out repair and restoration works were provided. The first option is to restore the plan-elevation position of the building, the design marks of vertical and horizontal structures and the unloading of overloaded structures, to be performed with the help of an automatic hydraulic complex. The second option is the arrangement of temporary strengthening of emergency structures with the help of a metal space frame, without restoring the planned height position of the residential building.*

Keywords: *survey, categories of technical condition of structures and objects, emergency damage, emergency recovery works, life cycle.*

УДК 614.842

¹ **Ю.В.Цапко**, д.т.н, професор, ORCID 0000-0003-0625-0783;² **О.П. Бондаренко**, к.т.н., доцент, ORCID 0000-0002-8164-6473;³ **О.Ю.Цапко**, доктор філософії, доцент, ORCID 0000-0003-2298-068x;⁴ **К.О.Каверин**, к.т.н., доцент, ORCID 0000-0001-9086-5953;⁵ **Д.Ю.Семігран**, студент, ORCID 0009-0008-7740-7585.^{1,3} Український державний науково-дослідний інститут "Ресурс, Київ.^{2,3,4,5} Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

ОСОБЛИВОСТІ ВИМИВАННЯ ВОДОРОЗЧИННИХ ФОСФОРНО-АМОНІЙНИХ СОЛЕЙ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЕРЕВИНИ

Анотація. В статті проведено аналіз вогнезахисних матеріалів для дерев'яних будівельних конструкцій і встановлено необхідність розробки надійних методів дослідження процесу вимивання антипіренів з поверхні будівельної конструкції, необхідних для створення нових типів вогнезахисних матеріалів. Тому виникає необхідність визначення умов утворення бар'єру для вимивання і встановлення механізму гальмування передачі вологи до матеріалу. У зв'язку з цим розроблена математична модель вимивання антипіренів, при застосуванні полімерної оболонки з органічного матеріалу в якості покриття, що дозволяє оцінити ефективність полімерної оболонки за кількістю вимитого антипірену. За експериментальними даними та теоретичними залежностями розраховано динаміку виходу антипіренів з вогнезахисного шару покриття, що не перевищує 1,0 %, та відповідно забезпечує вогнезахист деревини. Результати визначення втрати маси зразка під час впливу води вказують на неоднозначний вплив природи захисту на вимивання. Зокрема, це передбачає наявність даних, достатніх для якісного проведення процесу гальмування дифузії вологи та виявлення на його основі моменту часу, з якого починається падіння ефективності покриття. Експериментальними дослідженнями підтверджено, що зразок вогнезахисної деревини після експозиції води протягом 30 діб витримав вплив теплового потоку. Зокрема втрата маси деревини після температурного впливу становила менше 6 %, а температура димових газів не перевищила 185 °С. Таким чином, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесів вогнезахисту деревини шляхом застосування полімерних покриттів, здатних утворювати на поверхні вогнезахисного матеріалу захисний шар, який гальмує швидкість вимивання антипіренів.

Ключові слова: захисні засоби, втрата маси, оброблення поверхні деревини, вимивання антипірену, полімерна оболонка.

Постановка проблеми

Деревина, як будівельний матеріал, широко застосовується в будівництві й архітектурі завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям, але у зв'язку з підвищеною горючістю є пожежонебезпечним матеріалом. З огляду на той факт, що саме цей матеріал чутливий до впливу високої температури, підвищити рівень пожежної безпеки об'єктів, де використовуються будівельні конструкції з деревини, можливо за допомогою їх вогнезахисного оброблення.

Експлуатаційна надійність і ефективність вогнезахисту деревини залежить від якості та реакційної здатності вогнезахисного засобу, а також від класу умов експлуатації об'єкта, де застосовуються ці матеріали. Інколи при експлуатації вогнезахисної деревини в умовах коливання температурно-вологісних полів у широких межах, водорозчинні композиції вимиваються, що приводить до займання горючих конструкцій при дії високотемпературного полум'я. Прикладом є пожежа, яка виникла у 2010 році у виробничій будові підприємства «ВЕРКОН», м. Київ (Україна) під час ремонту покрівлі та світлоаераційних ліхтарів, дерев'яні конструкції яких втратили вогнезахисну здатність і при використанні газових пальників загорілись.

Необхідність вогнезахисту необхідна і для об'єктів масового перебування людей, які виготовлені з

дерев'яних конструкцій і експлуатуються без опалення, періодично, оскільки вогнезахист вимивається з деревини, та осипається під дією гравітаційних сил. Прикладом є пожежа у дитячому таборі «Вікторія», м. Одеса (Україна).

Тому для гальмування процесу вимивання водорозчинних антипіренів з вогнезахисної деревини запропоновано покрити водостійким поліуретановим покриттям та встановити ефективність його застосування.

Аналіз останніх досліджень

В роботі [1] показано, що реактивні протипожежні покриття дуже ефективно підвищують вогнестійкість дерев'яних конструкцій. Однак покриття і випробування на вогнестійкість мають бути адаптовані і доопрацьовані для все більш складних застосувань, у тому числі і при зміні температури і вологості. Поточні дослідження зосереджені на розробці нових матеріалів (наприклад, геополімерів, керамічних покриттів, покриттів на основі силікону) для сценаріїв екстремального загоряння (екстремальні температури, тривалий час впливу) і реалізації складних функцій (складна геометрія, зміни умов експлуатації). Але не сказано, для яких класів експлуатації вони належать.

Значення впливу гігроскопічності до стійкості

вимивання впливає на показники вогнезахисних речовин [2]. Для підвищення вогнезахисту було додано золь нано-SiO₂ до різних азотно-фосфорно-борних антипіренів для отримання чотирьох нових сполук для просочення, названих: (1) дигідрофосфат амонію + тетрагідрат октаборат натрію (AD), (2) дигідрофосфат амонію + тетрагідрат октаборат натрію + золь нано-SiO₂ (ADS), (3) дигідрофосфат амонію фосфат + борна кислота (AB) та (4) дигідроген амонію фосфат + борна кислота + золь нано-SiO₂ (ABC). Після цього вивчили гігроскопічність, стійкість до вимивання та термостійкість за допомогою скануючої електронної мікроскопії (SEM), енергетично-дисперсійної рентгенівської спектроскопії (EDX), термогравіметричного (TG) та інфрачервоного спектрометра з перетворенням Фур'є (FTIR) та оптимального складного вогню ретардант ABC. Результати показують, що додавання золю нано-SiO₂ може не тільки ефективно знизити гігроскопічність вогнезахисних матеріалів понад 20 %, але й покращити його стійкість до вимивання. Але для підтвердження цього процесу не наведені відповідні фізико-хімічні дані, щодо вимивання в процесі експлуатації.

Опис поведінки деревини [3], що просочена гуанілсечовинним фосфатом, борною кислотою та меламінформальдегідною смолою, виявляла значно підвищену стійкість до вибуговування, зберігаючи при цьому чудову вогнестійкість, як перевірено методом граничного індексу кисню. Було виявлено, що фосфат гуанін сечовини добре затримується у структурі деревини, про що свідчить спектроскопія FTIR. Втрата вогнезахисної речовини на 7,4% була досягнута після надмірного вимивання обробленої деревини. Але, залишаються невирішеними питання, які пов'язані з механізмом утворення пінококсу. Причиною цього можуть бути тонкощі щодо утворення захисного шару, що відповідно робить такі дослідження складними.

У дослідженні [4] було спрямовано на обговорення методу оцінки показників реакції вогню деревини, обробленої антипіреном на основі фосфороганічних речовин, яка використовувалася в якості фасадів будівель з урахуванням погіршення старіння. Були досліджені характеристики вогнестійкості деревини та встановлено, що початкові показники погіршилися під час випробування на реакцію на вогонь понад 12 %.

Ефективність застосування компонентів покриття показана в роботі [5], що стосується ефектів комбінованої обробки деревини азотно-фосфорною вогнезахисною та термообробкою, яка піддавалась гігроскопічності, вимиванню, термостійкості, дослідженням інфрачервоними (FTIR) спектрами перетворення Фур'є, та рентгенівськими дифракційними властивостями. Зразки деревини просочували 10 % - вим розчином антипірену і піддавали термічній дії при 140...160 °C протягом 30 хв. Термічно оброблена деревина зменшила поглинання вологи на 5 % та підвищив стійкість вимивання антипіренів до 10 % та покращила термічну стабільність понад 3 %. Встановлено, що термообробка розкладає антипірен, а кислотність цих продуктів розпаду має дегідратаційний ефект на полісахариди деревини, а кількість гідроксильних груп у деревині значно зменшилася.

Низькотемпературна термообробка посилила фіксацію антипірену та гідрофобність деревини, обробленої антипіреном. Проте виконання даних робіт потребує спеціального устаткування на стадії виготовлення матеріалів.

В роботі [6] за метою було дослідити вплив антипіренів на основі бору та навантаження волокна на механічні, пожежні та теплові показники просоченої деревини, наповненого поліетиленовими композитами високої щільності. Для цього деревину просочували розчином борної кислоти, бури та їх суміші та сушили перед виготовленням композитів. Також досліджували вплив вимивання на граничні рівні кисневого індексу (LOI) вогнезахисених зразків та встановлено, зразки з бурою забезпечували кращі механічні властивості порівняно із зразками з борною кислотою та демонстрували 19% поліпшення модуля розтягування при навантаженні волокна на 40% порівняно з контрольними зразками. Крім того, вогнезахисені зразки бурою збільшували рівень LOI та обвуглення, а також зменшували швидкість горіння на 50%. Наявність борної кислоти у композиції після вимивання дещо знизили ефективність захисту до 5%.

Проведені дослідження для вивчення функціональності деревини, обробленої антитардантами [7]. Силікат натрію проникав у деревину, наступні засоби, такі як борна кислота, борат амонію, фосфат діамонію, обробляли для фіксації антипірену. Як результати опір вимивання був покращений на 10%. Вогнезахисна комбінація, така як силікат натрію, борна кислота та фосфат діамонію, показала високі гігроскопічні властивості та корозійну ефективність до металів. Однак не сказано про вплив зміни середовища на покриття, його руйнування в часі.

У роботі [8] дослідженні гіпофосфіт алюмінію і ціанурат меламіну, що використовувалися в якості антипірену в композиті з поліпропілен і деревного борошна. Займистість композитів була перевірена за допомогою граничного кисневого індексу (LOI), випробування на вертикальне горіння і тесту кінцевого калориметр. Коли в композит було завантажено 20 % антипірену, LOI був збільшений до 29,5 %. Крім того, міцність на вигин збільшилася приблизно на 11,0 %. Результати випробування на калориметрі показали, що швидкість тепловиділення і пік швидкості тепловиділення композиту були значно знижені. Механізм термічної деструкції композитів був досліджений методами термогравіметричного аналізу, інфрачервоної спектрометрії з перетворенням Фур'є, та встановлено, що антипірени мають ефект уповільнення горіння в газовій фазі і конденсованої фазі під термічного руйнування композиту, однак не сказано про водостійкість даної композиції.

Вплив неорганічних наповнювачів на вогнезахисне покриття на водній основі проведено в роботі [9]. Результати показують, що комбінація покриття з наповнювачем CaCO₃ значно поліпшила протипожежні характеристики через утворений шар пінококсу і рівноважної температури, рівної 264 °C. Шар вугілля показав однорідну щільну структуру піни на мікрофотографії, і цей склад мав адгезійну міцність 2,13 МПа, що вказує на ефективність адгезії до підкладки. І навпаки, комбінація покриття з Al(OH)₃ показала найвищий кисневий індекс, рівний 35%, що

призвело до стійкості до займання. Однак, механізм спучення покриття при цьому не вказаний та не виявлені умови експлуатації покриття.

У роботі запропоновано математичну модель та методику чисельного дослідження кінетики стану тепло і вологості капілярно-пористого тіла, побудованого на одночасному рівнянні рішення теплопровідності та передачі вологи [10]. Однак дані дослідження притаманні для неорганічного матеріалу і віднести їх для деревини неможливо.

Таким чином, з літературних джерел встановлено, що вогнезахисні покриття здатні вимиватися з поверхні деревини при експлуатації та не визначені параметри, які забезпечують стійкість до втрати деревиною вогнезахисту, а також, що впливає на цей процес. Тому встановлення протидії вимивання антипіренів з вогнезахисної деревини і впливу компонентів на цей процес, і обумовило необхідність проведення досліджень у даному напрямку.

Мета досліджень

Виявити закономірності вимивання водорозчинних солей через поліуретанову оболонку з вогнезахисної деревини. Це дає можливість обґрунтувати застосування вогнезахисного покриття на об'єктах з підвищеною вологістю.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження протидії вимиванню захисного засобу з деревини, обробленою вогнезахисною композицією, проводили на зразках прямошарової деревини [11] розміром 150x60x30 мм (Рисунок 1).

Зразки обробляли покрівельним просочувальним розчином «Skela-i» (суміш карбаміду 28...30 % і фосфорних кислот 23...24 % та крохмалю 20 %) у кількості 270,2 г/м², при цьому товщина вогнезахисного покриття склала близько 100 мкм [12]. За для підвищення стійкості проти дії води зразки покривали полімерними сумішами на основі поліуретанових органічних покриттів виробництва України у кількості 100 г/м² [13]. Товщина відповідно склала близько 40 мкм.

Для одержання значень масопереносу антипірену з деревини розроблено і виготовлено спеціальне обладнання (Рисунок 2).

Зразки оброблені вогнезахисною композицією та нанесеним захисним шаром з обробленими парафіном торцями (товщиною 2 мм), поміщали й закріплювали в кюветі з дистильованою водою об'ємом

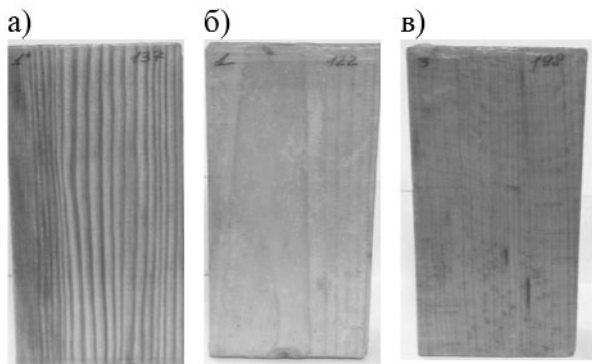


Рис. 1 Модельні зразки деревини для випробувань: сосна (а); смерека (б); бук (в)

100 см³ (рис. 2). Через певний проміжок часу, перемішавши розчин скляною паличкою, за допомогою піпетки відбирали 5 см³ води та визначали в ній концентрацію антипірену [14].

Дослідження з визначення горючості деревини після експозиції води проводили методом термічного впливу.

Суть методу випробувань експериментального визначення групи горючості вогнезахисної деревини полягає у впливі на зразок, що розташований в установці, полум'я пальника або радіаційної панелі з заданими параметрами.

Під час проведення експериментальних досліджень з визначення групи горючості фіксується максимальний приріст температури газоподібних продуктів горіння (Δt) та втрата маси зразка (Δm).

За результатами випробувань матеріали класифікуються як:

- важкогорючі $\Delta t < 60$ °C та $\Delta m < 60$ %;
- горючі $\Delta t \geq 60$ °C чи $\Delta m \geq 60$ %.

Виклад основного матеріалу

Вплив на гальмування процесу вимивання антипіренів з вогнезахисної деревини за наявності полімерної оболонки ґрунтувалось на проведенні дослідження (Рисунок 3).

Результати досліджень з визначення тривалості індукційного часу виходу антипірена з вогнезахисної деревини через шар полімерної оболонки наведено в Таблиці 1.

Як видно з Таблиці 1, при дії води на зразки деревини полімерна оболонка витримала вплив вологи, а незначну кількість вимитого антипірену зафіксували після 30 доби експозиції водою деревини, що не перевищує 3,0 %.

Таким чином, результати експериментального визначення кількості вимитих солей у воді (Таблиця 1) збігаються з результатами теоретичних досліджень

Таблиця 1

Результати досліджень з визначення кількості вимитого антипірену у воді

Час експозиції, дів	Кількість вимитого антипірену у воді, мг		
	Деревина		
	Сосна	Смерека	Бук
0,5	Нс виявлено	Нс виявлено	Нс виявлено
1	Нс виявлено	Нс виявлено	Нс виявлено
6	Нс виявлено	Нс виявлено	Нс виявлено
12	Нс виявлено	Нс виявлено	Нс виявлено
18	Сліди	Сліди	Сліди
24	0,01	0,03	0,02
30	0,18	0,16	0,15



Рис. 2. Пристрій для випробувань на вимивання вогнезахисних засобів



Рис. 3 Процес вимивання антипіренів водою із зразка деревини

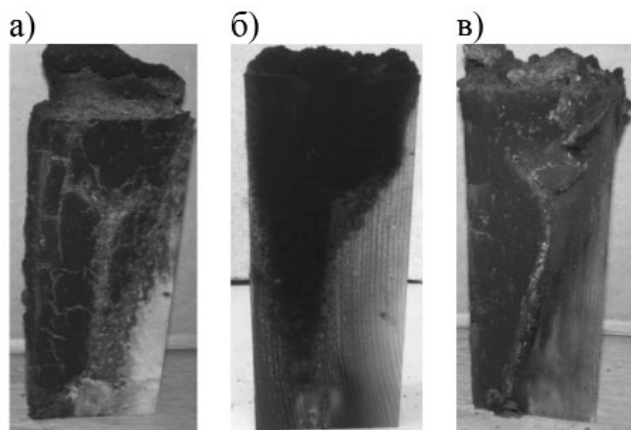


Рис. 4 Зразки після вогневих випробувань виготовлених з деревини: сосна (а); смерека (б); бук (в)

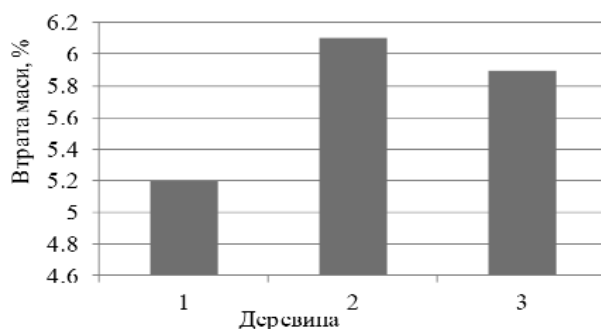


Рис. 5 Результати втрати маси зразків Δm , % вогнезахисної деревини: 1 – сосна; 2 – смерека; 3 – бук

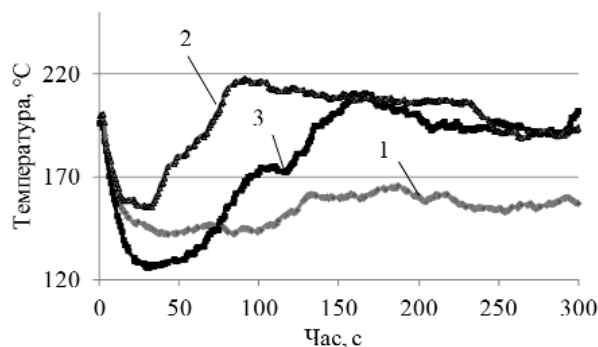


Рис. 6 Динаміка наростання температури димових газів при випробуваннях вогнезахисної деревини: 1 – сосна; 2 – смерека; 3 – бук

зміни концентрації антипірену та характеризуються зниженням до 3,0 %. Для більш повного підтвердження стійкості до вимивання водорозчинних солей даної композиції проведені дослідження по визначенню групи горючості вогнезахисної деревини після експозиції водою.

Після експозиції у воді зразки були висушені і піддані термічній дії на визначення групи горючості. На Рисунку 4 показано результати дії високотемпературного полум'я, на Рисунку 5 наведено втрату маси зразків після випробувань, а на Рисунку 6 – температура димових газів.

У результаті досліджень встановлено, що зразки, які пройшли експозицію води протягом 30 діб, після термічної дії втратили масу не більше 6,2 %, а температура димових газів при горінні склала не більше 220 °C. За цими результатами вогнезахиснені зразки відносяться до важкогорючих матеріалів.

Таким чином, отримані дослідження з визначення групи горючості вогнезахисної деревини відповідають властивостям утворення теплостійкого шару піно коксу під дією високотемпературного полум'я, а значить показують стійкість полімерної оболонки до вимивання водорозчинних антипіренів під впливом води, що підтверджують результати теоретичних досліджень.

Висновки

При дослідженні процесу вимивання водороз-

чинних фосфорно-амонійних солей вогнезахисного покриття деревини через поліуретанову оболонку встановлено, що закономірним є продовження часу руйнування полімерної оболонки і виходу антипіренів. Це обумовлено стійкістю поліуретанового покриття та утворення заслону на поверхні вогнезахисної деревини, які уповільнюють процеси дифузії водорозчинних антипіренів.

Слід зазначити, що присутність поліуретанової оболонки призводить до закупорки поверхні деревини від проникнення вологи. Вочевидь такий механізм впливу поліуретанової оболонки є тим фактором регулювання процесу, завдяки якому вогнестійкість деревини зберігається. В цьому сенсі має інтерпретація результатів визначення важкогорючості деревини після експозиції води, а саме втрати маси зразків при термічному впливі та температури димових газів при горінні. Оскільки втрата маси не перевищила 6,2 %, а температура склала не більше 220 °C, це свідчить про утворення заслону для виходу антипіренів, який можливо ідентифікувати за методом термічного впливу на дослідженні зразки. Зразок вогнезахисної деревини після експозиції води протягом 30 діб витримав температурний вплив дії теплового потоку.

Це означає, що врахування даного факту відкриває можливість для ефективного регулювання властивостями вогнезахисної деревини безпосередньо в умовах серійного промислового виробництва.

Література

1. Krøger S., Gregor J., Gluth G., Watolla M.-B., Morys M., Højler D., Schartel B. *Neue Wege: Reaktive Brandschutzbeschichtungen für Extrembedingungen*. Berlin, Bautechnik, Vol. 93/8, (2016), P. 531-542.
2. Zhou Z., Du C., Yu H., Yao X., Huang Q. Promotion effect of nano-SiO₂ on hygroscopicity, leaching resistance and thermal stability of bamboo strips treated by nitrogen-phosphorus-boron fire retardants. *Wood Research*, Vol. 65 (5), (2020), P. 693-704. doi: 10.37763/wr.1336-4561/65.5.693704.
3. Lin C.-F., Karlsson O., Mantanis G.I., Sandberg D. Fire performance and leach resistance of pine wood impregnated with guanil-urea phosphate/boric acid and a melamine-formaldehyde resin. *European Journal of Wood and Wood Products*, Vol. 78 (1), (2020), P. 107-111. doi: 10.1007/s00107-019-01483-y.
4. Nakamura M., Nishio Y., Hagihara S., Sugita T., Noguchi T. Evaluation of durability of reaction-to-fire performance of fire-retardant treated wooden facades by accelerated weathering test. *AIJ Journal of Technology and Design*, Vol. 25(60), (2019), P. 709-714. <https://doi.org/10.3130/aijt.25.709>.
5. Chu D., Mu J., Zhang L., Li Y. Promotion effect of NP fire retardant pre-treatment on heat-treated poplar wood. Part 2: Hygroscopicity, leaching resistance, and thermal stability. *Holzforschung*, Vol. 71 (3), (2017), P. 217-223. <https://doi.org/10.1021/acsschemeng.7b03518>.
6. Donmez Cavdar A., Mengelo lu F., Karakus K. Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties of wood flour filled high density polyethylene composites. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, Vol. 60, (2015), P. 6-12. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.09.078>.
7. Son D.W., Kang M.R., Hwang W.J., Lee H.M., Park S.B. Hygroscopic property, leaching resistance and metal corrosive efficacy of wood treated with fire retardants. *Journal of the Korean. Wood Science and Technology*, Vol. 42 (2), (2014), P. 157-162. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2014.42.2.157>
8. Zhao P, Guo C., Li L. Flame retardancy and thermal degradation properties of polypropylene/wood flour composite modified with aluminum hypophosphite/melamine cyanurate. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2018), P. 1-9. doi: 10.1007/s10973-018-7544-9.
9. Nasir K., Ramli Sulong N.H. Johan M.R., Afifi A.M. An investigation into waterborne intumescent coating with different fillers for steel application. *Pigment & Resin Technology*, Vol. 47, 2, (2018), P. 142-153. doi: 10.1108/PRT-09-2016-0089.
10. Kovalnogov, V.N., Karpukhina, T.V., Korotkov, E.A. Mathematic modeling of the kinetics of heat-and-humidity state of capillary-porous bodies under convection drying. *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1738, 480005, (2016).
11. Tsapko, Yu., Tsapko A. Establishment of the mechanism and fireproof efficiency of wood treated with an impregnating solution and coatings. *East European Journal Enterprise Technologies*, Vol. 3, 10/87, (2017), P. 50-55.
12. Tsapko Yu., Tsapko A., Bondarenko O. Research of conditions of removal of fire protection from building construction. *Key Engineering Materials*, Vol. 864, (2020), P. 141-148. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.864.141.
13. Tsapko Yu., Lomaha V., Bondarenko O., Sukhanevych M. Research of Mechanism of Fire Protection with Wood Lacquer. *Materials Science Forum*, Vol. 1006, (2020), P. 32-40. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.32.
14. Pradyot, Patnaik. *Dean's Analytical Chemistry Handbook*. McGraw-Hill Professional, Vol. 1280, (2004).

References

1. Krøger S., Gregor J., Gluth G., Watolla M.-B., Morys M., Højler D., Schartel B. *Neue Wege: Reaktive Brandschutzbeschichtungen für Extrembedingungen*. Berlin, Bautechnik, Vol. 93/8, (2016), P. 531-542.
2. Zhou Z., Du C., Yu H., Yao X., Huang Q. Promotion effect of nano-SiO₂ on hygroscopicity, leaching resistance and thermal stability of bamboo strips treated by nitrogen-phosphorus-boron fire retardants. *Wood Research*, Vol. 65 (5), (2020), P. 693-704. doi: 10.37763/wr.1336-4561/65.5.693704.
3. Lin C.-F., Karlsson O., Mantanis G.I., Sandberg D. Fire performance and leach resistance of pine wood impregnated with guanil-urea phosphate/boric acid and a melamine-formaldehyde resin. *European Journal of Wood and Wood Products*, Vol. 78 (1), (2020), P. 107-111. doi: 10.1007/s00107-019-01483-y.
4. Nakamura M., Nishio Y., Hagihara S., Sugita T., Noguchi T. Evaluation of durability of reaction-to-fire performance of fire-retardant treated wooden facades by accelerated weathering test. *AIJ Journal of Technology and Design*, Vol. 25(60), (2019), P. 709-714. <https://doi.org/10.3130/aijt.25.709>.
5. Chu D., Mu J., Zhang L., Li Y. Promotion effect of NP fire retardant pre-treatment on heat-treated poplar wood. Part 2: Hygroscopicity, leaching resistance, and thermal stability. *Holzforschung*, Vol. 71 (3), (2017), P. 217-223. <https://doi.org/10.1021/acsschemeng.7b03518>.
6. Donmez Cavdar A., Mengelo lu F., Karakus K. Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties of wood flour filled high density polyethylene composites. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, Vol. 60, (2015), P. 6-12. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.09.078>.
7. Son D.W., Kang M.R., Hwang W.J., Lee H.M., Park S.B. Hygroscopic property, leaching resistance and metal corrosive efficacy of wood treated with fire retardants. *Journal of the Korean. Wood Science and Technology*, Vol. 42 (2), (2014), P. 157-162. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2014.42.2.157>
8. Zhao P, Guo C., Li L. Flame retardancy and thermal degradation properties of polypropylene/wood flour composite modified with aluminum hypophosphite/melamine cyanurate. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, (2018), P. 1-9. doi: 10.1007/s10973-018-7544-9.
9. Nasir K., Ramli Sulong N.H. Johan M.R., Afifi A.M. An investigation into waterborne intumescent coating with different fillers for steel application. *Pigment & Resin Technology*, Vol. 47, 2, (2018), P. 142-153. doi: 10.1108/PRT-09-2016-0089.
10. Kovalnogov, V.N., Karpukhina, T.V., Korotkov, E.A. Mathematic modeling of the kinetics of heat-and-humidity state of capillary-porous bodies under convection drying. *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1738, 480005, (2016).
11. Tsapko, Yu., Tsapko A. Establishment of the mechanism and fireproof efficiency of wood treated with an impregnating solu-

tion and coatings. *East European Journal Enterprise Technologies*, Vol. 3, 10/87, (2017), P. 50-55.

12. Tsapko Yu., Tsapko A., Bondarenko O. Research of conditions of removal of fire protection from building construction. *Key Engineering Materials*, Vol. 864, (2020), P. 141-148. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.864.141.

13. Tsapko Yu., Lomaha V., Bondarenko O., Sukhanevych M. Research of Mechanism of Fire Protection with Wood Lacquer. *Materials Science Forum*, Vol. 1006, (2020), P. 32-40. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.32.

14. Pradyot, Patnaik. *Dean's Analytical Chemistry Handbook*. McGraw-Hill Professional, Vol. 1280, (2004).

¹ **Yu. Tsapko**, doctor of technical sciences, professor, ORCID 0000-0003-0625-0783;

² **O. Bondarenko**, PhD, associate professor, ORCID 0000-0002-8164-6473;

³ **O. Tsapko**, doctor of philosophy, associate professor, ORCID 0000-0003-2298-068x;

⁴ **K. Kaverin**, PhD, associate professor, ORCID 0000-0001-9086-5953;

⁵ **D. Semigran**, student, ORCID 0009-0008-7740-7585.

^{1,3} Ukrainian State Research Institute "Resurs", Kyiv.

^{2,3,4,5} Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

FEATURES OF WASHING WATER-SOLUBLE PHOSPHORUS-AMMONIUM SALTS OF FIREPROOF WOOD COATING

Abstract. *The article analyzes fire-resistant materials for wooden building structures and establishes the need to develop reliable methods of researching the process of washing out flame retardants from the surface of the building structure, which are necessary for the creation of new types of fire-resistant materials. Therefore, there is a need to determine the conditions for the formation of a barrier for leaching and to establish a mechanism for inhibiting the transfer of moisture to the material. In this regard, a mathematical model of flame retardant leaching has been developed, when a polymer shell made of organic material is used as a coating, which allows evaluating the effectiveness of the polymer shell based on the amount of flame retardant washed out. According to experimental data and theoretical dependences, the dynamics of release of flame retardants from the fire-resistant layer of the coating, which does not exceed 1.0%, is calculated, and accordingly provides fire protection of wood. The results of determining the loss of mass of the sample during exposure to water indicate an ambiguous effect of the nature of the protection on leaching. In particular, this assumes the availability of data sufficient for qualitatively carrying out the process of inhibiting moisture diffusion and identifying, on its basis, the moment in time when the decline in coating efficiency begins. Experimental studies have confirmed that a sample of fire-resistant wood after exposure to water for 30 days withstood the influence of heat flow. In particular, the loss of wood mass after temperature exposure was less than 6%, and the temperature of flue gases did not exceed 185 °C. Thus, there are reasons to assert the possibility of targeted regulation of wood fire protection processes through the use of polymer coatings capable of forming a protective layer on the surface of the fire retardant material, which inhibits the rate of flame retardant leaching.*

Keywords: *protective means, mass loss, wood surface treatment, flame retardant leaching, polymer shell.*

УДК 624.131.2;69:001.89

¹ **П.Є. Григоровський**, д.т.н., с.н.с., перший заступник директора ДП «НДІБВ» <https://orcid.org/000-0003-0527-5890>;

² **Ю.В. Крошка**, к.т.н., зав. відділом ДП «НДІБВ» <https://orcid.org/0000-0001-6110-8443>;

³ **О.В. Бень** в.о. сектору ДП «НДІБВ» <https://orcid.org/0000-0002-5062-081X>;

⁴ **С.Г. Сухойван**, інженер, <https://orcid.org/0009-0001-9388-1139>.

1,2,3,4 ДП "Науково-дослідний інститут будівельного виробництва ім. В.С.Балицького", м. Київ

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ

Анотація. Проблема інженерно-геодезичного моніторингу пошкоджених будівель внаслідок російської агресії є надзвичайно актуальною в сучасних умовах. Важливість цього питання для будівельної галузі зараз особливо значима. Правильний підхід до інженерно-геодезичного моніторингу пошкоджених будівель і споруд дозволить вчасно виявити розвиток деформацій і розробити програму стабілізації, що допоможе запобігти майбутнім руйнуванням.

Для ефективного моніторингу деформацій існує багато різних методів, кожен з яких має свої унікальні характеристики. Серед них виділяються стандартні методи, такі як геометричне нівелювання та лінійно-кутові виміри. Геометричне нівелювання передбачає вимір висотних різниць між різними точками на об'єкті, що дозволяє точно визначити зміну положення конструктивних елементів. Лінійно-кутові виміри включають вимір довжин і кутів між точками, що допомагає виявити будь-які зміни в геометрії будівлі.

Крім стандартних методів, активно застосовуються і автоматизовані методи спостереження. Ці методи включають використання сучасних приладів і технологій, які дозволяють здійснювати безперервний моніторинг деформацій в режимі реального часу. Наприклад, автоматизовані станції тотальної зйомки, GPS-системи, лазерні сканери та інші високоточні прилади дають змогу збирати дані з високою точністю та швидкістю.

Автоматизований моніторинг значно підвищує ефективність і точність спостережень за деформаціями будівель. Використання таких систем дозволяє отримувати дані в режимі реального часу, що є надзвичайно важливим для своєчасного реагування на будь-які зміни стану об'єктів. Це особливо актуально в умовах післявоєнного відновлення, коли швидкість і точність виконання робіт є критичними для забезпечення безпеки та стабільності будівель.

У цій статті представлено результати інженерно-геодезичного моніторингу житлового комплексу в м. Києві. На цьому об'єкті виконувалися геодезичні роботи з вимірювання осідань та горизонтальних зміщень двох секцій.

Ключові слова: інженерно-геодезичний моніторинг, деформації, пошкодження, геодезія, спостереження, датчики нахилу, осідання, горизонтальні зміщення.

Постановка проблеми

Досвід виконання моніторингу за пошкодженими будівлями показує, що використання окремо різних методів інженерно-геодезичного моніторингу не дає повної картини розвитку деформацій. Оскільки використання одного методу інженерно-геодезичного моніторингу є неефективним для вимірювання різних параметрів деформацій пошкодженої будівлі. Одним із розв'язання даної проблеми є комбінація різних методів, на основі яких формується загальна картина розвитку деформацій. Однією з таких комбінацій є використання автоматизованого методу у зв'язці зі стандартними методами геодезичного моніторингу для виміру деформацій та зміщень. Дана комбінація може забезпечити фахівців повними даними про горизонтальні та вертикальні переміщення, як всього комплексу в цілому, так і окремих його елементів конструкції.

Аналіз останніх досліджень

Моніторинг деформацій будівель і споруд інженерно-геодезичними методами та іншими інструмен-

тальними технологіями регламентовано чинними нормативними документами [1 - 6].

Застосування інженерно-геодезичних методів моніторингу є визначення зміни геометричних параметрів конструкцій під час обстеження технічного стану будівель та споруд, що постраждали від воєнної агресії, представлено у статті [7].

Інженерно-геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану під час відновлення будівлі/споруди, що постраждала від бойових дій внаслідок воєнної агресії рф, розглянуто в статті [8].

Удосконалення та комбінування геодезичних методів моніторингу розглядалося у публікаціях [9, 10].

Темі обстеження та підходам до відновлення будівель та споруд присвячено публікації [7-11, 12], що зосереджені на висвітленні загальнодержавних проблем, з якими стикаються науковці в процесі відновлення, та шляхах їх вирішення.

Темі інженерно-геодезичного моніторингу деформацій будівель і споруд на сьогодні приділили значну увагу вітчизняні вчені геодезисти та геотехніки: Баран П.І., Войтенко С.П., Шульц Р.В.,

Староверов В.С, Боровий В.О., Бурачек В.Г., Малік Т.М., Андрущенко М.Ю., Третяк К.Р. та інші.

Мета роботи

Метою статті є привернення уваги до використання комбінованих методів інженерно-геодезичного моніторингу за деформаціями будівель, пошкоджених внаслідок влучання уламків боєприпасу на прикладі житлового комплексу в м. Києві.

Результати досліджень

Житловий комплекс розташований у м. Київ на правому березі. Даний житловий комплекс представлений у вигляді двох блоків, які з'єднані переходом на 1 поверсі.

Під час повітряної тривоги 02 січня 2024 року до Блоку 2 житлового комплексу потрапив уламок боєприпасу, що спричинив пошкодження будівельних конструкцій та викликав пожежу на 22 поверсі. Через 2 дні було знято показники з датчиків нахилу, виконано геометричне нівелювання коротким променем за програмою II класу точності для визначення осідань будівель та геодезичні виміри електронним тахеометром для визначення горизонтальних зміщень. Моніторинг виконаний за допомогою оптичного нівеліра N1007, електронного тахеометра Sokkia Mi102 та датчиками нахилу ВКВ-2.

Інженерно-геодезичний моніторинг за пошкодженим комплексом виконується кількома методами, що в сумі дають повну інформацію про деформацію



Рис. 1 Місце влучання



Рис. 2 Місце влучання всередині Блоку 2 на 22 поверсі



Рис. 3 Зовнішній вигляд датчика на пілоні

Таблиця 1

Технічні характеристики датчика нахилу ВКВ-2

Діапазон виміру кутів у двох гранях, хв	±30
Поріг чутливості, с, не більше	3
Допустиме середнє квадратичне відхилення вимірювання кута, с не більше :	
- в діапазоні кутів +/- (0-10) хв.	±5
- в діапазоні кутів +/- (10-30) хв.	±10
Максимальний час вимірів, які можуть запам'ятовуватися під час автономної роботи (при моніторингу)	16000
Інтервали часу між двома сусідніми вимірами при моніторингу:	5 с, 10 с, 30 с, 1хв, 5хв, 10хв, 30хв; 1 година, 6 годин, 12 годин, 24 години;
Внутрішні джерела живлення:	
- датчика ВКВ-2: - елементи живлення типу D-1,5В	2 шт;
- пульта ПДС-01: - елементи живлення типу «Крона» 9В	1 шт.
Тривалість роботи датчика від вмонтованого джерела живлення без його заміни, часів, не менше:	
- при моніторингу з інтервалом 5 с	600
- при моніторингу з інтервалом 30 с	3600
- при моніторингу з інтервалом 1 хв	7200
- при моніторингу з інтервалом більше ніж 1 хв	14400
Розміри, мм, не більше:	
- платформа з датчиком ВКВ-2	230*180*130
- пристрій управління ПДС-01	45*80*38
Маса, кг, не більше	
- платформа з датчиком ВКВ-2	5
- пристрій керування ПДС-01	0,5

та зміщення комплексу, як в цілому, так і локально по окремих елементах.

Спостереження за горизонтальними зміщеннями пошкодженої будівлі за допомогою автоматизованого методу (датчиків нахилу).

Спостереження за горизонтальними зміщеннями пошкодженого комплексу виконано автоматизо-

ваним методом за допомогою датчиків нахилу ВКВ-2.

В основі роботи датчика лежить явище впливу гравітаційного поля на чутливий елемент. При знаходженні контрольованого об'єкта поза статичним станом датчик вимірює результат по взаємному впливу не тільки вектору земної гравітації, але і всіх векторів прискорення і вібрації, що впливають на об'єкт,

що вимірює. За конструкцією всі застосовувані інклінометри умовно поділяються на три основні групи: одновісні інклінометри (що працює в одній осі X), двовісні інклінометри (що працюють у двох осях X та Y), тривісні (що працюють у трьох осях X, Y та Z).

Датчик ВКВ-2 є двовісний, технічні характеристики наведені в таблиці 1.

Вимірювання горизонтальних зміщень проводилось системою моніторингу, яка складається з шести приладів ВКВ-2, закріплених на трьох пілонах Блоку 1 та трьох пілонах Блоку 2 на рівнях в умовній системі висот -21,800 м., +32,700 м., +62,500 м., період моніторингу складав одну годину. Результати вимірювань накопичувались у блоці пам'яті кожного приладу. Оператор, проводив зчитування інформації з кожного приладу. Далі інформація оброблялась на комп'ютері, на якому встановлене спеціальне програмне забезпечення.

Програма обробки дає інформацію про величини нахилу пілона в точках, де встановлені вимірювальні прилади. На рисунку 4 наведені позначення вимірювальних параметрів: осі кутів відхилення X, Y, результуючий кут нахилу Σ , азимутний напрям нахилу α у системі координат приладу.

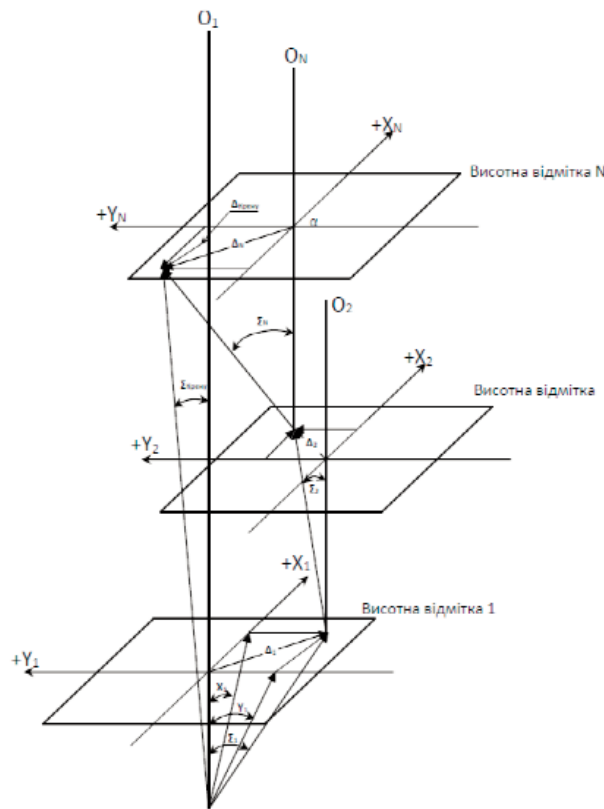


Рис. 4 Позначення вимірюваних параметрів

У момент встановлення датчиків системи моніторингу на пілонах будинків вони встановлені у вертикальне положення, так званий нульовий стан. Пілон при цьому вважається абсолютно рівним і вертикально зорієнтованим в просторі, відповідно вертикалі O1, O2, ON збігаються. Відомо, що пілони не мають властивостей абсолютно жорсткого тіла і поводяться як динамічні системи (азимутний напрям нахилу, кут нахилу на кожній висотній відмітці

різний і змінюються в часі). Тому для визначення лінійного відхилення кожної висотної відмітки (горизонтальна площина на рівні якої встановлюються вимірювальні прилади системи моніторингу) від вертикалі будинку O1, необхідно приводити показання вимірювальних приладів до системи координат, найнижчої висотної відмітки, а пілон між висотними відмітками вважати жорстким.

Додатні значення кутів нахилу всіх датчиків системи по осях X та Y зорієнтовані в одному напрямку. Вісь X збігається з літерними назвами осей, вісь Y збігається з цифровими назвами осей об'єкта будівництва.

Значення лінійного відхилення в системі координат датчика розраховується по формулі:

$$\Delta_N = L_N \times \operatorname{tg} \Sigma_N,$$

де Δ_N - зміщення в мм, L_N - відстань між висотними рівнями (для найнижчого рівня це відстань від поверхні землі) в мм, Σ_N - результуючий кут, град.

Значення лінійного відхилення висотної відмітки від вертикалі O1 розраховується по формулі:

$$\Delta_{N_{\text{крен}}} = H_N \times \operatorname{tg} \Sigma_{N_{\text{крен}}},$$

де $\Delta_{N_{\text{крен}}}$ - зміщення в мм, H_N - висота від землі до висотної відмітки в мм, $\Sigma_{N_{\text{крен}}}$ - результуючий кут, град.

$$\Sigma_{N_{\text{крен}}} = \sqrt{(X_{N_{\text{крен}}}^2 + Y_{N_{\text{крен}}}^2)}$$

$$X_{N_{\text{крен}}} = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N$$

$$Y_{N_{\text{крен}}} = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_N$$

де $X_{N_{\text{крен}}}$ та $Y_{N_{\text{крен}}}$ кутові відхилення в системі координат датчика найнижчого рівня, $X_{1,2,\dots,N}$ та $Y_{1,2,\dots,N}$ кутові відхилення кожного датчика.

Аналіз результатів спостережень в момент пошкодження житлового комплексу показав, що змін показів датчиків нахилу Блоку 1 на позначках -21,800 м, + 32,700 та +62,500 м не зафіксовано тому результати в статті не розглядаються та не наводяться.

Змін показів датчика нахилу Блоку 2, я конструкції якого потрапив уламок боеприпасу, на позначці -21,800 м не зафіксовано – рисунок 5. По датчику на позначці + 32,700 м. о 8 ранку 02.01.2024 зафіксовано разову зміну нахилу величиною 0,1 ‰ (приблизно 2 мм) по осі Y – рисунок 6. Надалі покази датчика повернулися до початкового положення. По датчику на позначці + 62,500 м. о 8 ранку 02.01.2024 зафіксовано зміна нахилу величиною 0,1 ‰ (приблизно 2 мм) по осях X та Y – рисунок 7. Надалі покази датчиків не змінилися.

Виконавши аналіз оброблених даних з датчиків нахилу ми можемо зробити висновок, що в Блоці 1 комплексу не зафіксовано горизонтальних та вертикальних зміщень пілонів, а в Блоці 2 на + 32,700 м та +62,500 м зафіксовані горизонтальні та вертикальні зміщення елементів конструкції Блоку 2. Для визначення типу деформацій, локальні чи загальні, необхідно виконати додатково вимірювання крену будівлі.

Спостереження за горизонтальними зміщеннями Блоку 2 житлового комплексу за допомогою електронного тахеометра

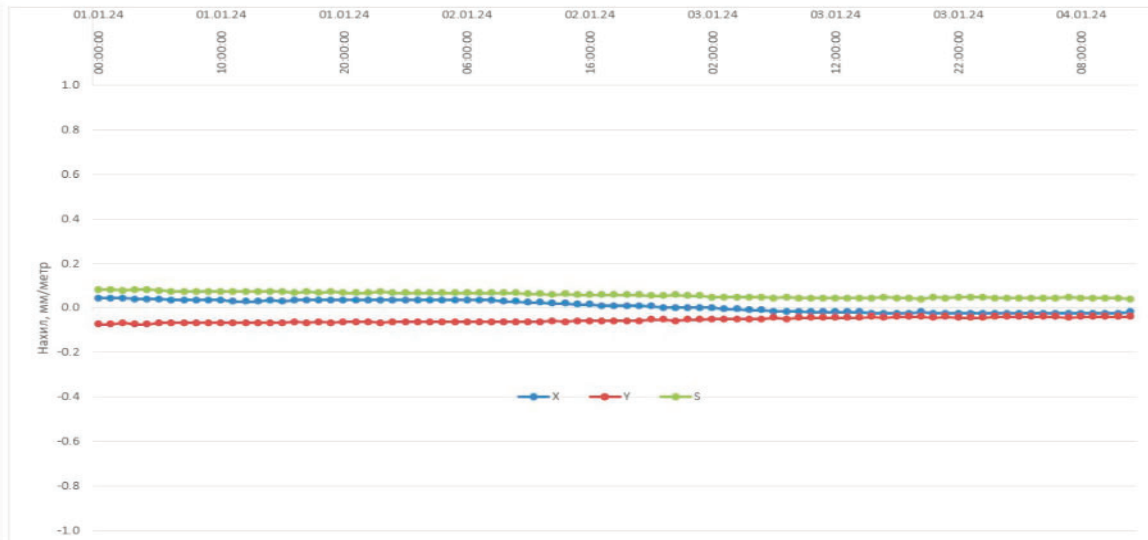


Рис. 5 Дані з датчика, встановленого на позначці -21,800 м. (блок №2) за період з 01.01.2024 по 04.01.2024

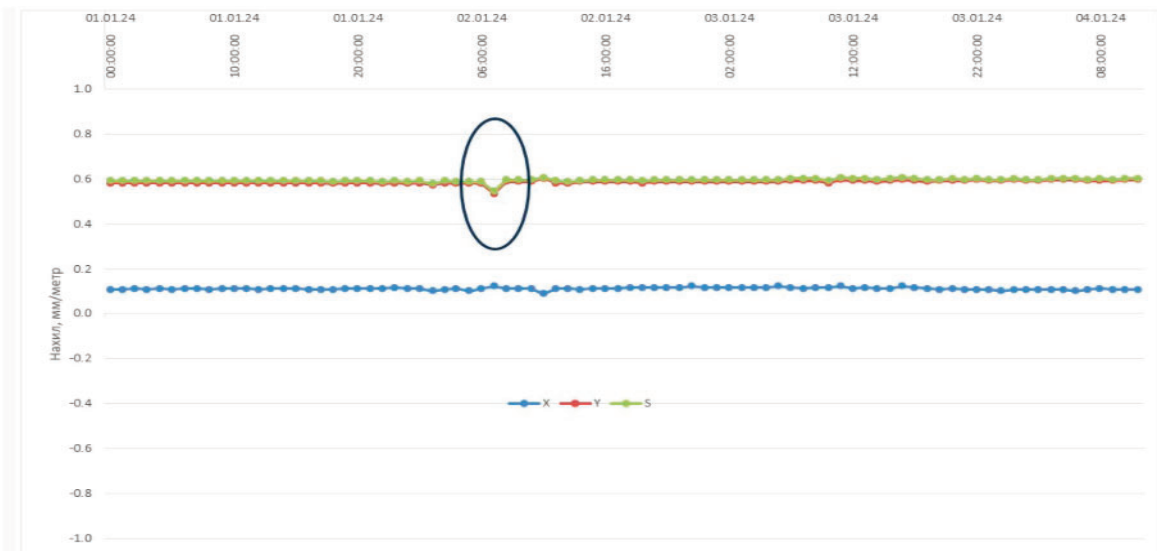


Рис. 6 Дані з датчика, встановленого на позначці +32,700 м. (блок №2) за період з 01.01.2024 по 04.01.2024



Рис. 7 Дані з датчика, встановленого на позначці +62,500 м. (блок №2) за період з 01.01.2024 по 04.01.2024



Рис. 8 Марка спостереження у вигляді світловідбивальні плівки

Додатково було виконано визначення горизонтальних зміщень пошкодженого Блоку 2 житлового комплексу, спостереження виконано за допомогою електронного тахеометра побудовою лінійно-кутової мережі.

Для інженерно-геодезичного моніторингу горизонтальних зміщень

Блоку 2 використовувалися марки спостереження – світловідбивальні плівки – рисунок 8.

Марки спостереження закріплені на фасаді Блоку 2 житлового комплексу – рисунок 9.

Вимірювання горизонтальних переміщень виконано методом прямої багаторазової засічки за допомогою електронного тахеометра. Цей метод забезпечує отримання величин горизонтальних переміщень з похибкою, що не перевищує ± 2 мм. Для виконання цих робіт використовується електронний тахеометр з кутовою точністю $2''$. При середній квадратичній похибці виміру кутових напрямків, рівних $m\alpha = \pm 2''$, і відстані до контрольних марок $\approx 100 \div 150$ м очікувана середня квадратична похибка поперечного лінійного переміщення буде дорівнювати:

$$m\Delta = m\alpha \cdot L/\rho'' = \pm 2 \cdot 100000/206265 = \pm 1,0 \text{ мм.}$$

Похибка вимірювання похилої відстані електронним тахеометром становить ± 2 мм. Тож за умови рівного впливу, середньоквадратична похибка визначення координат марки спостереження складатиме $\sqrt{1,0+2} \approx \pm 1,7$ мм. Також вираховуються похибки центрування приладу, наведення на мішень відбивача та вплив довкілля. Таким чином, величина похибки визначення координат контрольних марок не перевищувала $\approx \pm 2$ мм.[8] Вимірювання виконуються за схемою наведеною на рисунку 10.

Після пошкодження Блоку 2 житлового комплексу виконано 2 цикли спостереження, отримані значення порівняно зі значеннями минулих циклів та приведено у таблиці 2.

Проаналізувавши отримані дані можемо зробити висновок, що марки спостереження майже не змінили своє планове положення, окрім марки спостереження № 4 котра була біля місця влучання. Порівнюючи дані горизонтальних зміщень отриманих з датчиків нахилу та електронним тахеометром можна сказати, що датчики нахилу зафіксували локальні горизонтальні зміщення опорних елементів Блоку 2, що в свою чергу не несуть ніякої небезпеки стійкості будівлі.

Спостереження за осіданнями пошкодженої будівлі методом геометричного нівелювання.

Спостереження за осіданнями пошкодженого комплексу виконується в такій послідовності:

- встановлення деформаційних марок на вертикальних елементах пошкодженого комплексу;
- інструментальні виміри величини вертикальних переміщень;
- обробка та аналіз результатів спостережень;
- подання висновків та рекомендацій у вигляді звіту.

Геодезичні спостереження за осіданням пошкодженого комплексу ведуться по закріплених точках – деформаційних марках.

Застосована конструкція деформаційної марки – з кулеподібною голівкою – рисунок 11.

Деформаційні марки закладаються в місцях найбільш ефективного прояву очікуваних осідань будівель.

Для виміру осідання застосовувався метод геометричного нівелювання короткими променями за програмою II класу. Цей метод дозволяє при незначних швидкостях осідання за короткий проміжок часу визначити величину і швидкість вертикальних переміщень осадкових марок. Осідання будівлі вимірюються нівелюванням по способу сполучення (або з використанням цифрових нівелірів з кодовими рейками).

Визначення осідання методом короткого променя виконувався з дотриманням наступних умов:

- висотна опорна мережа складається з 3 нерухомих знаків;
- застосовувався нівелір високої точності з плос-



Рис. 9 Схема закріплення марок спостереження на фасаді пошкодженого Блоку 2 житлового комплексу

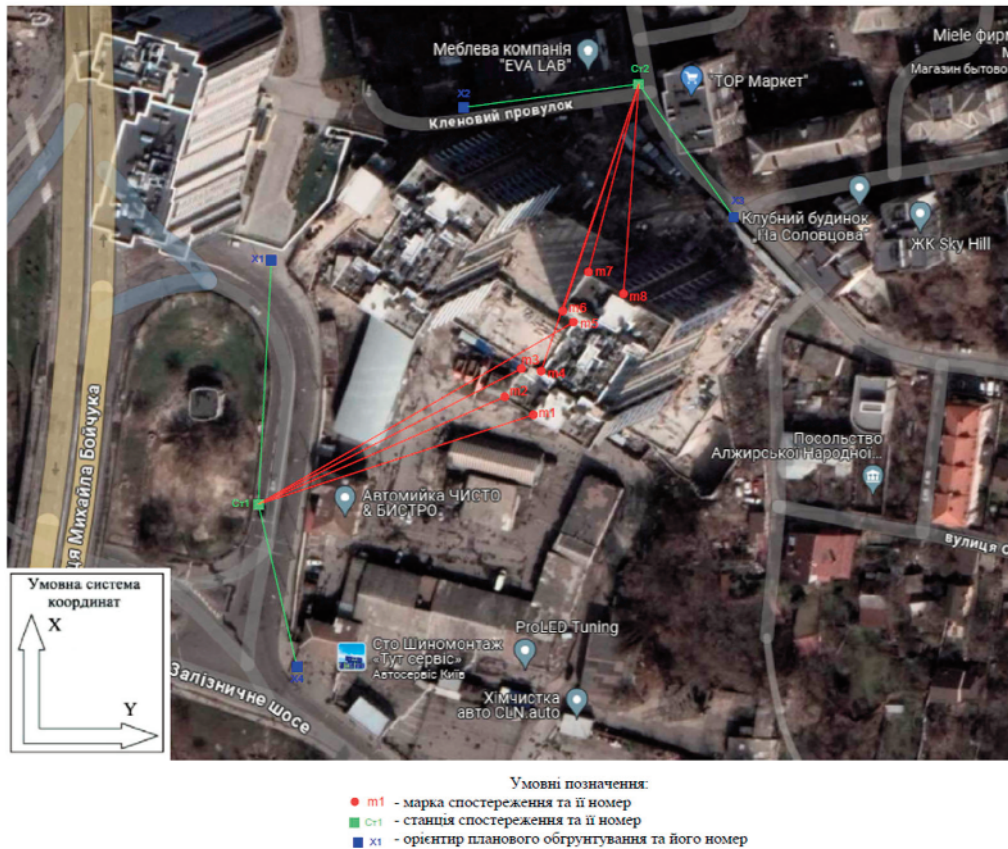


Рис. 10 Схема вимірювання марок спостереження

Таблиця 2

Результат спостереження за горизонтальними зміщеннями

№ точки	26.12.2023		04.01.2024		10.01.2024	
	ΔX , мм	ΔY , мм	ΔX , мм	ΔY , мм	ΔX , мм	ΔY , мм
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	-1	1	0
3	0	0	0	-1	1	1
4	0	0	6	-8	1	2
5	0	0	2	3	2	1
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	1	0	1
8	0	0	1	1	1	0

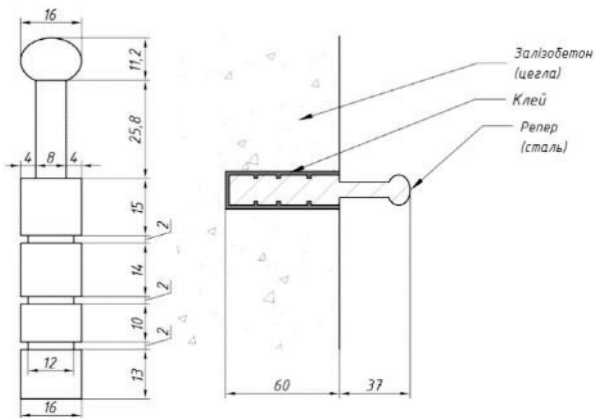


Рис. 11 Конструктив та спосіб закріплення деформаційної марки

копаралельною пластинкою, ретельно вивіреної, прокомпарованих штрихових рейок з інварною смугою;
 – нівелювання марок виконувалось по наміченим ходам, по одній і тій же схемі, при двох горизонтах інструмента.

Для виміру осідання житлового комплексу застосовувався прецизійний нівелір Ні 007.

На кожній станції здійснювався польовий контроль спостережень: підраховувалася різниця основної та додаткової шкали рейки (не більше 3 поділок барабана – 0,15 мм.) та різниця в подвійних перевищеннях по основній та додатковій шкалах не перевищує 6 поділок барабана (0,3 мм.).

Обробка результатів спостережень містить в собі перевірку польових журналів та оцінку точності проведених польових робіт.

Після виконання зрівнювальних обчислень та отримання висотних позначок марок обчислюють такі величини:

Значення осідань по деформаційним маркам

№ Деформаційної марки	04.12.2024	04.01.2024		11.01.2024	
	Δh, мм	Δh, мм	ΔH, мм	Δh, мм	ΔH, мм
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Середнє осідання			0,0		0,0

величину осідання деформаційної марки ΔH між двома останніми циклами - поточним і попереднім:

$$\Delta h = H_j - H_{j-1};$$

сумарне осідання деформаційної марки з початку спостережень

$$\Sigma \Delta H = H_j - H_0;$$

середнє осідання будівлі в цілому з початку спостережень

$$\Sigma \Delta H_{\text{сер}} = \Sigma \Delta H / n ;$$

де H_j - позначка деформаційної марки у поточному циклі спостережень, H_{j-1} - позначка деформаційної марки у попередньому, H₀ - позначка деформаційної марки у початковому циклі спостережень, n - кількість марок на будівлі.

Порівнявши отримані дані трьох циклів вимірювань можна зробити висновки, що осідань фундаментів Блоку 1 та Блоку 2 житлового комплексу в результаті пошкодження не зафіксовано.

Висновки

В даній статті висвітлена інформативність та актуальність виконання інженерно-геодезичного моніторингу пошкоджених житлових комплексів уламками боеприпасу. Інженерно-геодезичний моніторинг відіграє значну роль в спостереженні за пошкодженими будівлями. Використання одночасно

різних методів дає повну картину розвитку деформацій, тим самим сприяє розробці програми стабілізації деформацій для запобігання майбутніх руйнувань. Спостереженню підлягають щонайменше два параметри, які залежать від конструктивної схеми будівлі. Для найкращого результату кожен параметр потрібно спостерігати відповідним методом інженерно-геодезичного моніторингу, який зможе забезпечити найкращу достовірність результатів.

Враховуючи результати інженерно-геодезичного моніторингу осідань та автоматизованого моніторингу горизонтальних зміщень житлового комплексу, можна зробити висновки, що влучання уламка боеприпасу, що відбулося 02 січня 2024 року, значною мірою не вплинуло на деформований стан споруди.

В перспективі даного методу є виконання інженерно-геодезичного моніторингу на інших типах будівель або споруд для отримання відповідних даних, на основі яких буде можливо зробити висновок доцільності використання комбінованого моніторингу.

Інженерно-геодезичний моніторинг дозволяє вчасно виявляти критичні зміни в конструкціях будівель та вживати відповідних заходів для запобігання подальшим руйнуванням та забезпечення безпеки при відновлюванні конструкцій.

Література

1. ДБН В.1.3-2-2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 55 с.
2. Наказ від 06.08.2022 № 144 «Про затвердження Методики проведення обстеження та оформлення його результатів» / Міністерство розвитку громад та територій України. Київ: 2022. URL: <https://www.minregion.gov.ua/base-law/reg-politics/plan-diyalnosti-minregionu-z-pidgotovki-proektiv-regulyatornih-aktiv/nakaz-vid-06-08-2022-%E2%84%96-144-pro-zatverdzhennya-metodyky-provedennya-obstehennya-ta-oformlennya-jogo-rezultativ/>
3. ДБН В.2.1-5-2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.
4. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.
5. ДБН А.2.1-1-2008. Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Інженерні вишукування для будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 76 с.
6. ДБН А.3.1.-5-2016. Організація будівельного виробництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с.
7. Яковенко, М. Щодо питань геодезичного обстеження будівель, що постраждали внаслідок воєнної агресії російської федерації. Наука та будівництво. 2023. No 33(3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-4>
8. Яковенко, О., Бень, І., Зорін, Є. Геодезичний моніторинг часових змін деформованого стану під час відновлення будівлі/споруди, що постраждала від бойових дій внаслідок воєнної агресії рф. 2023. No 33(3-4). URL:

<https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-6>

9. Ishchenko, Y., Slyusarenko, Y., Melashenko, Y., Yakovenko, M., Ben I. Geotekhnichnyi monitoryng v umovakh uščyl'неної міської забудови. *Наука та будівництво*. 2020. No 25(3). С. 13-25. URL: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>

10. Яковенко М. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах / М. Яковенко, О. Нестеренко // *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2020. No 55. С. 341-350. URL: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.341-350>

11. Іюбченко, І., Фаренюк, Г., Рубан, Ю. Обстеження та аварійно-відновлювальні роботи на об'єктах, які зазнали пошкоджень внаслідок збройної агресії російської федерації. *Наука та будівництво*. 2023. No 33(3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-5>

12. Лісеній, О., Глуховський, В., Мар'єнков, М., Дубовик, С., Любченко, І., & Яковенко, М. Обстеження, оцінка технічного стану та умови відновлення житлового будинку на Проспекті В. Лобановського, 6-а в м. Києві, пошкодженого внаслідок воєнних дій. *Наука та будівництво*. 2023. No 33 (3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-6>

References

1. DBN V.1.3-2:2010. System for ensuring the accuracy of geometric parameters in construction. Geodetic works in construction. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. 55 с.

2. Order of 06.08.2022 No. 144 "On Approval of the Methodology for Conducting the Survey and Registration of its Results" / Ministry of Communities and Territories Development of Ukraine. Kyiv: 2022. URL: <https://www.minregion.gov.ua/base-law/reg-politics/plan-diyalnosti-minregionu-z-pidgotovki-proektiv-regulyatornih-aktiv/nakaz-vid-06-08-2022-%E2%84%96-144-pro-zatverdzhennya-metodyky-provedennya-obstezhennya-ta-oformlennya-jogo-rezultatuv/>

3. DBN V.2.1-5-2007. System of ensuring reliability and safety of construction objects. Scientific and technical support of construction objects. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2008.

4. DBN V.2.1-10-2018. Bases and foundations of structures. Basic provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2018. 36 с.

5. DBN A.2.1-1-2008. Surveys, design and territorial activities. Engineering surveys for construction. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2008. 76 с.

6. DBN A.3.1.-5:2016. Organisation of construction production. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2016. 46 с.

7. Yakovenko, M. On the issues of geodetic survey of buildings damaged due to military aggression of the Russian Federation. *Science and construction*. 2023. No 33(3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-4>

8. Yakovenko, O., Ben, I., Zorin, E. Geodetic monitoring of temporal changes of the deformed state during building/structure restoration of wars military aggression of the Russian Federation. 2023. No 33(3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-6>

9. Ishchenko, Y., Slyusarenko, Y., Melashenko, Y., Yakovenko, M., Ben I. Geotechnical monitoring in the conditions of restrained urban development. *Science and Construction*. 2020. No. 25(3). С. 13-25. URL: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v25i3.2>

10. Yakovenko M. (2020). Overview of types of geodetic monitoring of buildings and structures in complex engineering and geological conditions. *Modern problems of architecture and urban planning*, 55, 341-350. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2019.55.341-350>

11. Liubchenko, I., Farenjuk, G., Ruban, Y. Survey, emergency response and restoration operation of engineering structures damaged as a result of the Russian Federation armed aggression. *Science and Construction*. 2023. No 33(3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-5>

12. Lisenyi, O., Hlukhovskiy, V., Maryenkov, M., Dubovyk, S., Lyubchenko, I., & Yakovenko, M. Survey, assessment of technical condition and suitability for further operation of the residential building at V. Lobanovsky avenue, 6-a, Kyiv, which was damaged due to military activities. *Science and construction*. 2023. No. 33 (3-4). URL: <https://doi.org/10.33644/10.33644/2313-6679-34-2022-6>

¹ **P.E. Hryhorovskiy**, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, First Deputy Director of State Enterprise "NDIBV" <https://orcid.org/000-0003-0527-5890>;

² **Y.V. Kroshka**, Ph.D, Head of the Department of State Enterprise "NDIBV" <https://orcid.org/0000-0001-6110-8443>;

³ **O.V. Ben**, <https://orcid.org/0000-0002-5062-081X>;

⁴ **S.G. Sukhoivan** <https://orcid.org/0009-0001-9388-1139>.

1, 2, 3, 4 State Enterprise «Research Institute of Construction Production V.S. Balitskiy»

ENGINEERING AND GEODESIC MONITORING OF DEFORMATIONS OF BUILDING STRUCTURES DAMAGED AS A RESULT OF MILITARY AGGRESSION

Abstract. *The problem of engineering and geodetic monitoring of damaged buildings as a result of Russian aggression is extremely relevant in today's environment. The importance of this issue for the construction industry is particularly high. The right approach to the engineering and geodetic monitoring of damaged buildings and structures will allow timely detection of deformation development and development of a stabilisation programme to help prevent future damage.*

There are many different methods for effective deformation monitoring, each with its own unique characteristics. Among them are standard methods such as geometric levelling and linear-angle measurements. Geometric levelling involves measuring the height differences between different points on an object, which allows you to accurately determine the change in the position of structural elements. Linear-angle measurements include measuring the lengths and angles between points, which helps to identify any changes in the geometry of the building.

In addition to standard methods, automated observation methods are also actively used. These methods include the use of modern instruments and technologies that allow for continuous monitoring of deformations in real time. For example, automated total station surveys, GPS systems, laser scanners and other high-precision instruments allow data to be collected with high accuracy and speed.

Automated monitoring significantly improves the efficiency and accuracy of observations of building deformations. The use of such systems allows for real-time data to be obtained, which is extremely important for timely response to any changes in the condition of facilities. This is particularly relevant in the context of post-war reconstruction, when the speed and accuracy of work are critical to ensuring the safety and stability of buildings.

This article presents the results of engineering and geodetic monitoring of a residential complex on Zvirynetska Street. At this facility, geodetic works were carried out to measure the settlements and horizontal displacements of two sections.

Keywords: *engineering and geodetic monitoring, deformation, damage, geodesy, observation, tilt sensors, subsidence, horizontal displacements.*

УДК 69:001.89;69.059

¹ **І.В. Шумаков**, д.т.н., професор, завідувач кафедри технології та організації будівельного виробництва ННІБЦІ, <https://orcid.org/0000-0002-1502-051X>;

² **О.В. Горда**, к.т.н., доцент кафедри інформаційних технологій, <https://orcid.org/0000-0001-7380-0533>;

³ **А.П. Григоровський**, здобувач, <https://orcid.org/0000-0003-0009-2358>.

¹ Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Харків.

² Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

³ ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького», Київ

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНИХ, ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТРИВАЛІСТЬ ПРОЦЕСУ ЛІКВІДАЦІЇ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ РУЙНУВАНЬ

Анотація. Аналіз впливу технічних, організаційних та технологічних факторів на тривалість процесу ліквідації та локалізації розвитку руйнувань є важливим етапом дослідження цього процесу. Для порівняння варіантів систем ліквідації та локалізації розвитку руйнувань аварійної будівлі проаналізовано три варіанти систем підкріплення для: металеві типової, дерев'яної індивідуальної та комбінованої систем. В роботі використано метод аналізу ієрархій – математичний інструмент системного підходу до складних проблем прийняття рішень. Метод не нав'язує «правильного» варіанту, а дозволяє в інтерактивному режимі знайти альтернативу (раціональний варіант підкріплення), що найкращим чином узгоджується з вимогами до вирішення оптимізаційних завдань. Для зменшення суб'єктивності прийняття обґрунтованого оптимізаційного рішення в умовах складних багатокритеріальних оптимізаційних задач запропоновано рішення локальної задачі пошуку оптимальної за критерієм тривалості альтернативи, або групи альтернатив з урахуванням відношення переваг на основі векторного критерію. Для наведення впливу переваг у кількісному виразі використано шкалу парних порівнянь, яка полягає у якісній і кількісній оцінці відносної переваги: однакові за значущістю – 1; слабка перевага – 2; середній ступінь переваги – 3; перевага вище середнього ступеню – 4; помірно сильніша перевага – 5; сильна перевага – 6; значно сильніша перевага – 7; найбільш значима перевага – 8; абсолютна перевага – 9. Отримано вихідні дані для вибору варіанту тимчасового підкріплення шляхом порівняння розрахункової тривалості виконання демонтажних і відновлювальних робіт та оптимізовано послідовність їх виконання для трьох варіантів з використанням дерев'яних індивідуальних, металевих типових та комбінованих систем тимчасового підкріплення. Встановлено, що неможливо забезпечити повну уніфікацію елементів підкріплення з використанням тільки типових елементів, тому ефективним є використання комбінованих систем підкріплення з використанням типових металевих та індивідуальних дерев'яних елементів.

Ключові слова: технологія, техногенні впливи, руйнування, будівлі, інформаційне моделювання, відновлення, аналіз ієрархій, фактори впливу

Постановка проблеми

В роботі використано метод аналізу ієрархій – математичний інструмент системного підходу до складних проблем прийняття рішень [7]. Метод не нав'язує «правильного» варіанту, а дозволяє в інтерактивному режимі знайти альтернативу (раціональний варіант підкріплення), що найкращим чином узгоджується з вимогами до вирішення оптимізаційних завдань [1].

У відповідності до задачі вибору для порівняння призначено три варіанти систем підкріплення: металева типова (В3), дерев'яна індивідуальна (В2) та комбінована (В1). Необхідно оцінити їх ефективність за критерієм тривалості робіт. Очікуємо, що за критерієм тривалості В2 триваліший за В1, а В1 триваліший за В3. Аналогічно можна порівняти відносну важливість будь-яких кількісно невизначених факторів. Обробка результатів практичного використання варіантів показує, що не існує можливості виконати підкріплення із використанням тільки одного із наведених варіантів [1]. Наприклад, металеві типові елементи підкріплення завдяки їх уніфі-

кації дозволяють швидко виконати їх встановлення, але багатоваріантність пошкоджень не дозволяє врахувати всі можливості їх застосування, тобто передбачити уніфікацію елементів для нетипових випадків підкріплення. В той же час дерев'яні індивідуальні елементи підкріплення дозволяють пристосувати ці елементи до нетипових випадків підкріплення шляхом виготовлення «по місцю».

Мета статті полягає в формуванні системи факторів впливу технічних, організаційних та технологічних факторів на тривалість процесу ліквідації та локалізації розвитку руйнувань та прогнозування оптимальної альтернативи системи підкріплення з їх взаємозв'язками, що є важливим етапом дослідження процесу ліквідації наслідків аварійних руйнувань, а також порівняння варіантів ліквідації та локалізації розвитку руйнувань аварійної будівлі.

Результати досліджень

Для порівняння варіантів ліквідації та локалізації розвитку руйнувань аварійної будівлі проаналізовано три варіанти систем підкріплення для: металева

типова, дерев'яна індивідуальна та комбінована. Найбільш ефективним пропонується комбінований варіант з використанням типових елементів для типових випадків та індивідуальних для нетипових випадків підкріплення. Тому для зменшення суб'єктивності прийняття обґрунтованого оптимізаційного рішення в умовах складних багатокритеріальних оптимізаційних задач запропоновано рішення локальної задачі пошуку оптимальної за критерієм тривалості альтернативи, або групи альтернатив з урахуванням відношення переваг на основі векторного критерію.

Для наведення впливу у кількісному виразі Т. Саати [1, 2, 3] вводить шкалу парних порівнянь, яка полягає у якісній і кількісній оцінці відносної переваги: однакові за значущістю – 1; слабка перевага – 2; середній ступінь переваги – 3; перевага вище середнього ступеню – 4; помірно сильніша перевага – 5; сильна перевага – 6; значно сильніша перевага – 7; найбільш значима перевага – 8; абсолютна перевага – 9. Перевагою означеного підходу є можливість безрозмірної оцінки технічних, організаційних та технологічних факторів та можливість їх порівняння за бальною шкалою.

За допомогою принципу декомпозиції визначаємо найбільш важливі елементи прогнозування оптимальної альтернативи системи підкріплення з їх взаємозв'язками. Графічне відображення виконано у вигляді повної ієрархії або мережі (рис. 1), де наведені результати ранжирування факторів впливу на тривалість робіт з ліквідації та локалізації розвитку руйнувань, що отримані методом експертних оцінок [4]. На рис. 2 згруповані оціночні критерії для технічних (К 1.1 К 1.3), організаційних (К 2.1 К 2.3) та технологічних (К 3.1 К 3.3) факторів: К 1.1 – «Конструктивні особливості елементи системи підкріплення (елементи підкріплення: телескопічні, гідравлічні, пневматичні, механізовані, автоматизовані; тип стикування елементів підкріплення між собою; тип стикування елементів підкріплення з конструк-

цією, яка підкріплюється)»; К 1.2 – «Матеріал системи підкріплення (дерево, метал, тощо)»; К 1.3 – «Допоміжна оснастка (несучі тяги та канати, вантажозахоплювальні засоби)»; К 2.1 – «Застосування типових або індивідуальних систем підкріплення (типові металеві елементи, індивідуальні дерев'яні елементи, комбіновані металево-дерев'яні елементи)»; К 2.2 – «Характеристики ділянок будівлі, що підлягають підкріпленню (розмір ділянок, що складаються з декількох конструкцій, що підлягають спільному підкріпленню; склад конструктивних елементів в межах ділянки, що підлягають підкріпленню)»; К 2.3 – «Особливості конфігурації конструктивних елементів системи підкріплення (точкові елементи, точкові кутові елементи, лінійні елементи, лінійні кутові елементи, просторові елементи, просторові кутові елементи)»; К 3.1 – «Застосування типових або індивідуальних систем підкріплення для заданого об'єкту з урахуванням можливостей підрядної організації (типові металеві елементи, індивідуальні дерев'яні елементи, комбіновані металево-дерев'яні елементи)»; К 3.2 – «Характеристики ділянок заданої будівлі, що підлягають підкріпленню (розмір ділянок, що складаються з декількох конструкцій, що підлягають спільному підкріпленню, склад конструктивних елементів в межах ділянки, яка підлягає підкріпленню)»; К 3.3 – «Особливості конфігурації конструктивних елементів системи підкріплення для заданої будівлі з урахуванням можливостей підрядної організації (точкові елементи, точкові кутові елементи, лінійні елементи, лінійні кутові елементи, просторові елементи, просторові кутові елементи)».

Згідно з наведеними в табл. 2 даними за узгодженою думкою експертів основними факторами впливу на тривалість робіт з відновлення будівель, пошкоджених внаслідок позапроектних впливів, є: 1.1 – «Конструктивні особливості елементів системи підкріплення»; 1.2 – «Матеріал системи підкріплення»; 1.3 – «Допоміжна оснастка (для групи технічних

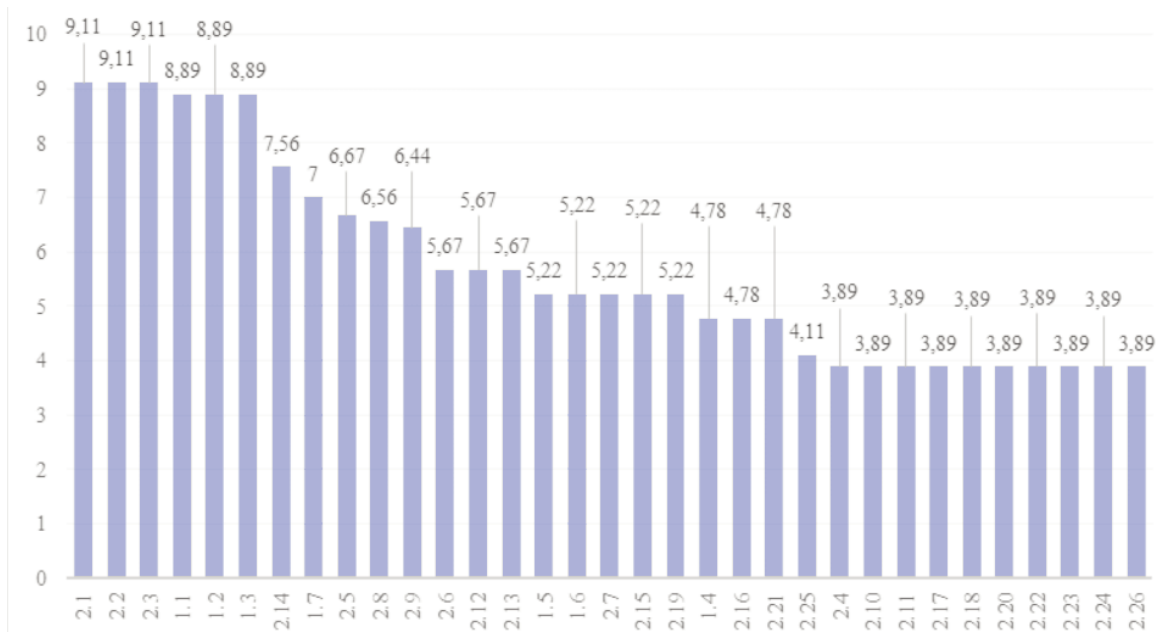


Рис. 1 Гістограма ранжирування технічних, організаційних та технологічних факторів впливу на тривалість робіт з ліквідації та локалізації розвитку руйнувань



Рис. 2 Дерево ієрархії для вибору оптимальної альтернативи системи підкріплення за критерієм тривалості

факторів); 2.1, 3.1 – «Застосування типових або індивідуальних систем підкріплення»; 2.2, 3.2 – «Характеристики ділянок будівлі, що підлягають підкріпленню»; 2.3, 3.3 – «Особливості конфігурації конструктивних елементів системи підкріплення (для груп організаційних та технологічних факторів)». Результати ранжування технологічних факторів є тотожним до ранжування організаційних факторів. Таким чином у подальших дослідженнях саме ці фактори, як найважливіші, доцільно брати до урахування для прогнозування тривалості робіт з ліквідації та локалізації розвитку руйнувань будівель [5, 6].

Етапи вибору оптимальної альтернативи системи підкріплення запропоновано сформулювати наступним чином:

Етап 1. Побудова ієрархічної структури передбачає наявність оціночних критеріїв у вигляді технічних, організаційних та технологічних факторів процесів та вибору факторів максимального впливу на тривалість.

Етап 2. Для порівняльних суджень виявляємо пріоритети елементів завдання, що полягають у ступені впливу факторів на критерій тривалості:

на основі шкали порівнянь Сааті будуються оціночні матриці для порівняння критеріїв та альтернатив за кожним критерієм матриці що задовольняють умові оберненої симетричності і мають розмірність $n \times n$;

для кожної матриці обчислюються значення власного вектору:

$$v_i = \frac{as_i}{S},$$

де

$$as_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n w_{ij}}$$

– середнє геометричне значення для кожного рядка матриці,

$$S = \sum_{i=1}^n a_i$$

n – розмірність матриці;

– обчислюємо значення максимального власного числа:

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n a_{i,j} \cdot v_i \right);$$

$$IY = \frac{\lambda_{max}}{n-1}$$
 – індекс узгодженості;

$$BY = \frac{IY}{M(IY)}$$
 – відношення узгодженості.

Значення $M(IY)$ визначається з таблиці за розмірністю матриці.

Якщо $BY < 0,1$ підтверджується узгодженість оцінки відношення узгодженості, і отримані на її підставі оцінки є достовірними.

Етап 3 – Синтез. Отриману інформацію використовуємо для розробки рішень щодо вибору ефективного варіанту підкріплення та оцінки його якості. Складаємо матрицю з власних векторів оціночних матриць альтернатив за кожним критерієм K і перемножуємо її на власний вектор V оціночної матриці порівняння альтернатив: $K \times V$. В результаті отримуємо вектор оцінок для кожної альтернативи за сукупністю критеріїв. Максимальне значення вектора відповідає кращій альтернативі.

Застосуємо описану процедуру до нашої задачі. Дерево ієрархій наведено на рис. 2.

При спільному використанні критеріїв для вибору альтернатив на рис. 3 наведено дерево ієрархій без урахування поділу на параметри.

Далі, виконаємо операції, які передбачені на другому кроці.

Використовуючи шкалу Сааті, побудуємо матрицю оцінок, що відповідають технічним (К 1.1 К 1.3), організаційним (К 2.1 К 2.3) та технологічним факторам (К 3.1 К 3.3). Оцінюючи значимість цих факторів, отримуємо матрицю оцінок.

Визначимо IO та VO для нашої матриці. Матриця має розмірність 9×9 ($n=9$). Для цього необхідно знайти власні числа.

На підставі значень власного вектору, найбільш важливим є критерій К 3.1 – «Застосування типових або індивідуальних систем підкріплення для заданого об'єкту з урахуванням можливостей підрядної організації» (табл. 1).

Таблиця 1 Оцінка пріоритетів та узгодженості оціночної матриці



Рис. 3 Дерево ієрархій для вибору оптимальної альтернативи системи без урахування їх поділу на групи факторів

Матриця власних векторів альтернатив

Таблиця 2

	Матриця									Середнє геометричне рядка	Власний вектор
	К 1.1	К 1.2	К 1.3	К 2.1	К 2.2	К 2.3	К 3.1	К 3.2	К 3.3		
К 1.1	1	6	5	1/8	1/8	1/6	1/8	1/8	1/6	0.48776	0.03878
К 1.2	1/6	1	1/5	1/9	1/7	1/5	1/9	1/7	1/8	0.2846	0.02263
К 1.3	1/5	5	1	1/7	1/6	1/6	1/7	1/7	1/7	0.42609	0.03388
К 2.1	8	9	7	1	1/7	1/6	1/8	1/6	1/6	0.96551	0.07677
К 2.2	8	7	6	7	1	1/5	1/6	1/9	1/7	1.12983	0.08983
К 2.3	6	5	6	6	5	1	1/9	1/7	1/9	1.27652	0.1015
К 3.1	8	9	7	8	6	9	1	1/8	1/8	4.6938	0.3732
К 3.2	8	7	7	6	9	7	8	1	1/7	1.25992	0.10018
К 3.3	6	8	7	6	7	9	8	7	1	2.05304	0.16324
$\lambda_{max} = 10.07206$											
Індекс узгодженості, ІУ = 0.13401											
Відношення узгодженості, ВУ = 0.09242											

Результати перевірки узгодженості локальних пріоритетів шляхом розрахунку трьох характеристик наведено в табл. 1, де видно, що отримане значення отже матриця є добре узгодженою.

Для попарного порівняння альтернатив за кожним критерієм складено оціночні матриці з використанням шкали Сааті. Обчислюємо компоненти власних векторів та перевіряємо узгодженість кожної матриці. Оскільки вони узгоджені, складаємо і обчислюємо матрицю з власних векторів для альтернатив за кожним критерієм.

Для отримання оптимальної альтернативи матрицю множать на нормований власний вектор матриці попарних оцінок критеріїв (табл. 1). Результати розрахунків наведено в табл. 2.

Графічне подання переваги варіантів наведено на рис. 4. Серед отриманих значень обираємо максимальне значення вагових коефіцієнтів. Наведене значення відповідає кращій альтернативі. За результатами порівняння вагових коефіцієнтів для задачі вибору системи підкріплення в якості «оптимальної» обрано першу альтернативу В1 – «Комбінована система підкріплення», використання якої максимально зменшить тривалість процесу ліквідації та локалізації розвитку руйнувань.

Висновки

Встановлено, що аналіз впливу технічних, організаційних та технологічних факторів на тривалість процесу ліквідації та локалізації розвитку руйнувань є важливим етапом дослідження процесу ліквідації наслідків аварійних руйнувань.

Для порівняння варіантів ліквідації та локалізації розвитку руйнувань аварійної будівлі, з використанням методу аналізу ієрархій -, математичного інструменту системного підходу до складних проблем прийняття рішень, проаналізовано три варіанти систем підкріплення аварійних конструкцій для варіантів: металева типова, дерев'яна індивідуальна та комбінована система.

Для зменшення суб'єктивності прийняття обґрунтованого оптимізаційного рішення в умовах складних багатокритеріальних оптимізаційних задач запропоновано рішення локальної задачі пошуку оптимальної за критерієм тривалості альтернативи, або групи альтернатив з урахуванням відношення переваг на основі векторного критерію. Для наведення впливу переваг у кількісному виразі використано шкалу парних порівнянь, яка полягає у якісній і кількісній оцінці відносної переваги: однакові за значущістю

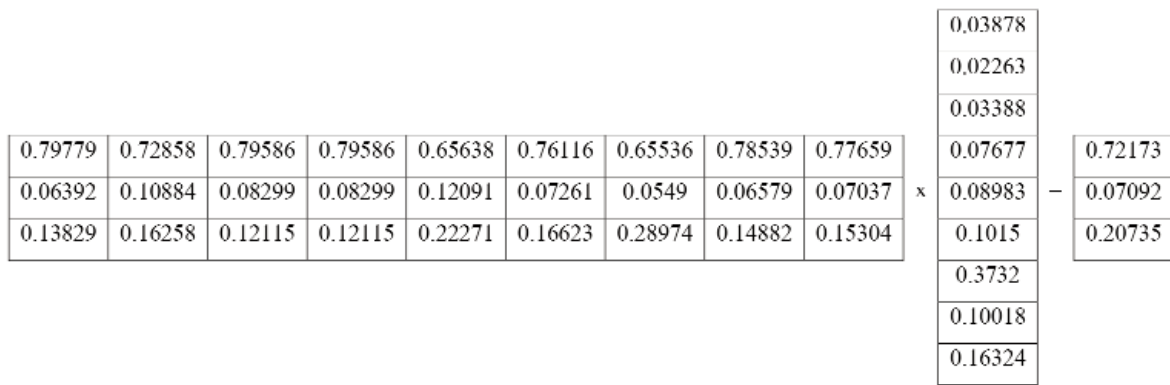


Рис. 4 Графічне подання переваг варіантів В1 – «Комбінована система підкріплення», В2 – «Індивідуальна дерев'яна», та В3 – «Типова металева система підкріплення»

Отримано вихідні дані для вибору варіанту тимчасового підкріплення шляхом порівняння розрахункової тривалості виконання демонтажних і відновлювальних робіт та оптимізовано послідовність їх виконання для трьох варіантів з використанням дерев'яних індивідуальних, металевих типових та комбінованих систем тимчасового підкріплення.

Встановлено, що неможливо забезпечити повну уніфікацію елементів підкріплення з використанням тільки типових елементів, тому ефективним є використання комбінованих систем підкріплення з використанням типових металевих та індивідуальних дерев'яних елементів.

Література

1. Saaty T.L. *Multicriteria Decision Making. The Analytic Hierarchy Process : Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* University of Pittsburgh, 1990.
2. Васецька, Т. М. *Моделювання модифікованого методу аналізу ієрархій засобами конструктивно-продукційних структур.* Наука та прогрес транспорту. 2016. №4 (64), С. 81–95.
3. M. Thewes, Markus, S. Kamarianakis. *Multi-criteria decision making of construction methods using the analytical hierarchy process based on fuzzy scales.* 2013. *Proceedings of the 13th World Conferenece of ACUUS: Advances in Underground Space Development, ACUUS 2012.* 1058-1072.
4. Самохвалов Ю.Я., Науменко Є.М. *Експертне оцінювання. Методичний аспект.* Київ : Видавництво ДУІКТ. 2007. 263 с.
5. Григоровський А.П. *Порівняльний аналіз та вибір варіанту організаційно-технологічних рішень процесу ліквідації наслідків аварійних руйнувань.* Будівельне виробництво : наук.-техн. зб. 2022. №74. С. 17-24.
6. Григоровський П.Є., Максименко В.П., Басанський В.О., Григоровський А.П. *Вдосконалення технології демонтажу аварійних великопанельних будівель за результатами оцінки їх стійкості до обвалення.* Будівельне виробництво: наук.-техн. зб. Київ. №72. 2021. С. 3-11.
7. Beraldi, P., Boccia, M. & Sterle, C. *Special issue on: Optimization methods for decision making: advances and applications.* *Soft Comput* 23, 2849–2852 (2019).

Reference

1. Saaty T.L. *Multicriteria Decision Making. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* University of Pittsburgh, 1990.
2. Vasetska, T. M. *Modeling of the modified method of analysis of hierarchies by means of constructive and production structures. Science and progress of transport.* 2016. No. 4 (64), pp. 81–95.
3. M. Thewes, Markus, S. Kamarianakis. *Multi-criteria decision making of construction methods using the analytical hierarchy process based on fuzzy scales.* 2013. *Proceedings of the 13th World Conference of ACUUS: Advances in Underground Space Development, ACUUS 2012.* 1058-1072.
4. Yu.Ya. Samokhvalov, E.M. Naumenko. *Expert assessment. Methodical aspect.* Kyiv: DUIKT Publishing House. 2007. 263 p.
5. Hryhorovskiy A.P. *Comparative analysis and selection of organizational and technological solutions for the process of elimination of the consequences of emergency destruction.* *Construction production: science and technology. coll.* 2022. No. 74. P. 17-24.
6. Hryhorovskiy P.E., Maksimenko V.P., Basanskyi V.O., Hryhorovskiy A.P. *Improvement of the dismantling technology of emergency large-panel buildings based on the results of assessing their resistance to collapse.* *Construction production: science and technology. coll. Kyiv.* No. 72. 2021. P. 3-11.
7. Beraldi, P., Boccia, M. & Sterle, C. *Special issue on: Optimization methods for decision making: advances and applications.* *Soft Comput* 23, 2849–2852 (2019).

¹ **I. V. Shumakov**, doctor of technical sciences, professor, head of the Department of Technology and Organization of Construction Production of the National Institute of Construction, <https://orcid.org/0000-0002-1502-051X>;

² **O. V. Gorda**, candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Information Technologies, <https://orcid.org/0000-0001-7380-0533>;

³ **A. P. Hryhorovskiy**, acquirer, <https://orcid.org/0000-0003-0009-2358>.

¹ O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv.

² Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv.

³ SE "Research Institute of Construction Production named after V.S. Balytskyi", Kyiv.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY AND STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNICAL, ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE DURATION OF THE PROCESS OF LIQUIDATION AND LOCALIZATION OF THE DEVELOPMENT OF DESTRUCTIONS

Abstract. *Analysis of the influence of technical, organizational and technological factors on the duration of the process of liquidation and localization of the development of destruction is an important stage of research into the process of liquidation of the consequences of accidental destruction. In order to compare options for liquidation and localization of the development of destruction of an emergency building, three options for reinforcement systems were analyzed: metal typical, wooden individual and combined. The work uses the method of analysis of hierarchies - a mathematical tool of a systematic approach to complex decision-making problems. The method does not impose the "correct" option, but allows you to interactively find an alternative (rational reinforcement option) that best matches the requirements for solving optimization tasks. To reduce the subjectivity of making a justified optimization decision in the conditions of complex multi-criteria optimization problems, a solution to the local problem of finding the optimal alternative according to the duration criterion, or a group of alternatives, taking into account the ratio of advantages based on the vector criterion, is proposed. To indicate the influence of advantages in quantitative expression, a pairwise comparison scale was used, which consists in a qualitative and quantitative assessment of relative advantage: equal in importance - 1; weak advantage - 2; average degree of preference 3; preference above the average degree 4; moderately stronger advantage 5; strong advantage 6; much stronger advantage 7; the most significant advantage is 8; absolute advantage 9. Initial data for choosing a temporary reinforcement option were obtained by comparing the estimated duration of dismantling and restoration works and optimizing the sequence of their execution for three options using wooden individual, metal typical and combined temporary reinforcement systems. It was established that it is impossible to ensure complete unification of reinforcement elements using only typical elements, therefore it is effective to use combined reinforcement systems using typical metal and individual wooden elements.*

Key words: *technology, technogenic influences, destruction, buildings, information modeling, restoration, analysis of hierarchies, influencing factors*

УДК 658:330

С.В. Зайчук, викладач кафедри менеджменту в будівництві, <https://orcid.org/0000-0003-0919-4190>
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ВИЗНАЧАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ МЕТОДОЛОГІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ФОРМУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО ПОРТФЕЛЯ ПІДПРИЄМСТВА В ОНОВЛЕНОМУ ФОРМАТІ СУЧАСНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ

Анотація. Стаття присвячена аналізу економіко-операційних імперативів формування господарського портфеля підприємства-девелопера в будівельній галузі. Успішна стратегія управління господарським портфелем вимагає інтеграції фінансових, організаційних та технологічних аспектів для забезпечення стійкості та конкурентоспроможності бізнесу. У сучасних умовах девелопмент нерухомості є одним із ключових факторів, що визначає динаміку розвитку підприємства, оскільки включає комплексний підхід до управління активами, від планування і фінансування до будівництва та експлуатації об'єктів. Здійснено аналіз теоретико-методологічних засад генезису девелопменту на сучасному етапі розвитку будівельного ринку.

Методологічна платформа формування господарського портфеля має базуватися на принципах раціонального управління ресурсами, аналізу ризиків і технологічної оптимізації. Зміни в девелоперській діяльності передбачають активне використання цифрових інструментів і комплексного підходу до управління житловими, комерційними та індустріальними об'єктами, що дозволяє максимізувати прибутковість та мінімізувати ризики.

У статті розглянуто основні етапи формування портфеля, такі як стратегічне планування, вибір об'єктів для інвестицій та їх інтеграція в загальну структуру діяльності підприємства, здійснено економіко-математичну формалізацію. Для успішного функціонування підприємства-девелопера важливо забезпечити злагоджену роботу на всіх етапах проекту — від планування і фінансування до будівництва і введення об'єктів в експлуатацію. Особливу увагу приділено методам економіко-математичного моделювання (ЕММ) та кількісному аналізу ризиків, які стали основою для розробки новітніх стратегій управління активами. У дослідженні проаналізовано 35 різноманітних методик. Кожна з методик пропонує унікальні інструменти для ефективного управління девелоперськими проектами, які дозволяють прогнозувати фінансові потоки, визначати оптимальні стратегії інвестування та будувати найкращі плани розвитку портфеля об'єктів нерухомості. Також розглянуто специфічні методи, що використовуються для оцінки житлових, комерційних та індустріальних об'єктів нерухомості, враховуючи їхні різні рівні ризикованості та доходності.

Значущим є те, що оновлена методологічна платформа підходить для адаптації до новітніх технологій та цифрових інструментів. Це, зокрема, впровадження системи управління проектами, застосування технологій штучного інтелекту для аналізу великих масивів даних та використання аналітичних інструментів для прогнозування ринкових трендів. Такий підхід дозволяє оптимізувати управління активами в умовах мінливої ринкової кон'юнктури. Аналіз основних компонентів платформи формування господарського портфеля також показав, що важливими факторами успішної реалізації девелоперських проектів є швидкість реакції на ринкові зміни, гнучкість управлінських рішень та здатність мінімізувати ризики на всіх етапах проекту.

Ключові слова: господарський портфель, девелопер, будівництво, операційний менеджмент, управління ризиками, стратегічне планування, інвестиції, оптимізація ресурсів.

Постановка проблеми

Девелопмент як економічного явища є складним процесом створення, управління та реалізації нерухомості, що охоплює повний цикл проектування, будівництва, маркетингу та продажу чи здачі в оренду об'єктів нерухомості. У сучасних умовах будівельний девелопмент відіграє важливу роль у розвитку міської інфраструктури, забезпеченні житловими та комерційними об'єктами, а також у формуванні інвестиційного середовища.

Основою для розуміння девелопменту є економічна теорія капіталу та підприємницької діяльності, яка розглядає девелопера як суб'єкта ринкових відносин, що забезпечує управління та ефективне використання ресурсів для створення нової нерухомості. Існує кілька ключових теоретичних підходів до аналізу розвитку девелоперських процесів:

Інституціональний підхід розглядає девелопмент як частину інституційних ринкових змін, що під впливом державних регуляторних механізмів і соціально-економічних трансформацій змінюється у відповідь на зовнішні виклики. Девелоперська діяльність розвивається в межах правового поля, яке регламентує забудову, землеустрій і екологічні норми.

Економічний підхід: основою цього підходу є аналіз економічної ефективності проектів, що включає оцінку ризиків, інвестиційної привабливості, управління ресурсами і максимізацію доходів. Девелоперські проекти розглядаються як засіб створення доданої вартості через оптимізацію виробничих і фінансових процесів.

Соціологічний підхід акцентує увагу на соціальних наслідках девелоперської діяльності, таких як розвиток міст, зміна демографічного складу населен-

ня, вплив на міську інфраструктуру і екологію. Девелопмент розглядається як процес, що формує середовище для життєдіяльності населення і створює умови для соціальної інтеграції та стабільності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Праці, що розглядають різноманітні підходи до розвитку девелоперської діяльності, пропонують комплексний аналіз взаємодії різних акторів у процесі розвитку нерухомості та будівництва. Так, P. Nealey (1992), досліджує комунікативний підхід до планування міських територій, який базується на ідеї, що розвиток має бути результатом обговорення та взаємодії між різними зацікавленими сторонами, включаючи девелоперів [1]. Автор стверджує, що міське планування і розвиток є не лише технічним процесом, а й соціальним, де комунікація відіграє ключову роль у формуванні рішень щодо забудови міських територій. Автор досліджує різні моделі економічного підходу до девелопменту, акцентуючи увагу на економічних стимулах і ризиках, з якими стикаються девелопери на різних етапах проектів

У статті M. Ball (1998) розглядається вплив інституцій на ринок нерухомості Великобританії [2]. Автор досліджує, як нормативні та правові механізми впливають на розвиток девелоперської діяльності, підкреслюючи, що формування девелоперських проектів залежить від законодавчої бази, доступності фінансових ресурсів та наявних регуляторних вимог. Ball також аналізує взаємозв'язок між державними політиками і економічними факторами, що формують умови для розвитку девелопменту.

S. Guy і J. Henneberry (2002) у своїх працях [3; 4] досліджують інституційний контекст розвитку девелоперських проектів. Вони аналізують взаємодію девелоперів із державними органами, банками, інвесторами та іншими ключовими гравцями ринку. Книга пропонує поглиблений аналіз того, як різні інституції впливають на процес розвитку нерухомості, підкреслюючи значення співпраці між приватним сектором і державними структурами у формуванні успішних девелоперських проектів.

Загалом, ці праці демонструють значну роль інституційних факторів у розвитку девелопменту, що включає нормативні, соціальні та економічні аспекти, які визначають динаміку ринку нерухомості та будівництва.

Adams, D., & Tiesdell, S. (2013) у книзі [5] аналізують економічну раціональність у прийнятті рішень під час планування й реалізації девелоперських проектів, а також обговорюється вплив економічних умов на міський розвиток.

Результата досліджень Geltner, D., Miller, N. G., Clayton, J., & Eichholtz, P. (2014) є класичним підручником [6], який охоплює економічні аспекти інвестицій у нерухомість, зокрема методи оцінки девелоперських проектів, ризики та вигоди інвестицій у будівельні проекти.

Попри наявність численних досліджень формування господарського девелопера [7-29], все ще залишаються невирішеними такі ключові проблеми як: забезпечення стійкості в умовах економічної нестабільності, ефективне управління ризиками, інтеграція цифрових технологій у всі етапи девелоперських проектів, а також оптимізація фінансових і організа-

ційних ресурсів для максимізації прибутковості.

Мета статті полягає в дослідженні ключових елементів методологічного підходу до формування господарського портфеля підприємства в умовах сучасного девелопменту, з акцентом на інтеграцію методологічних рішень і управлінських практик для підвищення ефективності бізнесу.

Виклад основного матеріалу

На сучасному етапі розвитку будівельного ринку, девелопмент зазнав суттєвих змін під впливом глобалізації, цифрової трансформації та соціально-економічних трансформацій. Основні тренди, що впливають на генезис девелопменту, включають:

- Цифровізація: Впровадження цифрових технологій, таких як BIM (Building Information Modeling), автоматизація управлінських процесів, онлайн-продажі та маркетинг, впливають на ефективність девелоперських проектів і спрощують процес планування та контролю.

- Екологізація: Підвищена увага до екологічних стандартів та енергоефективності проектів є ключовим фактором сучасного девелопменту. Використання екологічних матеріалів і технологій стало невід'ємною частиною будівельних проектів.

- Публічно-приватне партнерство: Девелоперські проекти все частіше реалізуються у співпраці між державними органами і приватними компаніями, що дозволяє зменшити ризики і підвищити ефективність.

Економіко-математична формалізація процесу формування портфеля девелопера передбачає використання математичних моделей для оптимізації вибору об'єктів для інвестицій та їх інтеграції в загальну структуру діяльності підприємства. Формалізацію можна подати у кілька основних етапів:

1. Аналіз інвестиційних можливостей:

Для кожного об'єкта девелопменту визначається можливий дохід (D) та ризик (R), пов'язаний із інвестиціями.

Модель оцінки можна представити як функцію корисності, що залежить від доходу та ризику:

$$U = f(D, R),$$

де U – рівень корисності інвестиції.

2. Оцінка вартості об'єкта (V):

- Вартість кожного об'єкта девелопменту оцінюється на основі поточних витрат і прогнозованих грошових потоків (NPV – чиста приведена вартість):

$$V_t = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C$$

де CF_t – грошовий потік у період t, r – ставка дисконту, C – початкові витрати на проект, T – термін проекту.

3. Формування інвестиційного портфеля:

- Мета девелопера – максимізувати прибутковість портфеля за прийняттого рівня ризику. Модель оптимізації можна представити як задачу максимізації:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n x_i D_i - \lambda \sum_{i=1}^n x_i R_i$$

де x_i – частка інвестицій у кожен об'єкт, D_i –

очікуваний дохід, R_i – ризик, α – коефіцієнт ризику.

4. Інтеграція об'єктів у загальну структуру діяльності:

- Інтеграція об'єктів у структуру підприємства включає вибір оптимальної стратегії управління ресурсами та будівництвом. Для цього можна застосувати методи лінійного програмування:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n c_i y_i, \text{ де } c_i$$

де c_i – витрати на управління об'єктом, v_i – змінна, що вказує, чи буде проект реалізовано.

5. Оцінка ефективності портфеля:

- Ефективність портфеля вимірюється через коефіцієнт ризику та доходності портфеля:

$\text{Sharpe Ratio} = (R_p - r_f) / \sigma_p$, де R_p – середня доходність портфеля, r_f – безризикова ставка, σ_p – стандартне відхилення портфеля.

Ця математична модель дозволяє девелоперу оптимізувати вибір об'єктів для інвестування та інтегрувати їх у структуру діяльності для досягнення максимальної ефективності.

У процесі реалізації девелоперських проектів надзвичайно важливим є вибір ефективних методик для їх оцінки. Враховуючи різноманітність факторів, що впливають на успіх проекту, необхідною застосувати комплексний підхід до аналізу. Це включає як фінансові аспекти, такі як чиста приведена вартість (NPV) або внутрішня норма прибутковості (IRR), так і оцінку ризиків, ресурсів, строків окупності та ринкових умов. Використання сучасних методів дозволяє девелоперам більш точно прогнозувати результати проектів, мінімізувати ризики та оптимізувати використання ресурсів.

Зважаючи на це, розробка чіткого інструментарію для оцінки девелоперських проектів стає обов'язковою передумовою їхнього успішного впровадження. У таблиці 1 наведено ключові методики оцінки проектів, що широко застосовуються у практиці девелопменту. Вони дозволяють не лише об'єктивно оцінити доцільність інвестицій, а й забезпечити управління проектами на кожному етапі їхньої реалізації.

Таблиця 1

Ключові методики оцінки проектів як визначальні компоненти методологічної платформи формування господарського портфеля підприємства-девелопера [11-29]

№	Назва методу	Опис методу, частота використання, переваги та недоліки методу
1	Чиста приведена вартість (NPV, Net Present Value)	Опис: Оцінка грошових потоків з урахуванням часу. Частота: Висока (90%). Переваги: Враховує час і ризики. Недоліки: Не враховує невизначеності.
2	Внутрішня норма прибутковості (IRR, Internal Rate of Return)	Опис: Розрахунок дисконту, при якому NPV = 0. Частота: Висока (85%). Переваги: Показує дохідність проекту. Недоліки: Складний для проектів з довгими термінами.
3	Термін окупності (Payback Period)	Опис: Час для повернення інвестицій. Частота: Середня (75%). Переваги: Простий для розрахунку. Недоліки: Не враховує ринкові умови.
4	Індекс прибутковості (PI, Profitability Index)	Опис: Відношення грошових потоків до інвестицій. Частота: Висока (80%). Переваги: Легко застосовувати. Недоліки: Не враховує ризики.
5	Оцінка на основі залишкової вартості (Residual Value Method)	Опис: Оцінка вартості активів після реалізації проекту. Частота: Середня (60%). Переваги: Оцінює залишкову вартість. Недоліки: Не враховує ризики.
6	Дисконтовані грошові потоки (DCF, Discounted Cash Flow)	Опис: Аналіз дисконтованих грошових потоків. Частота: Висока (90%). Переваги: Охоплює всі фінансові аспекти. Недоліки: Вимагає точних даних.
7	Метод порівняльної вартості (Comparative Method)	Опис: Порівняння з аналогічними об'єктами на ринку. Частота: Середня (70%). Переваги: Доступний метод оцінки ринку. Недоліки: Може бути суб'єктивним.
8	Метод витрат (Cost Method)	Опис: Аналіз витрат на проект. Частота: Середня (65%). Переваги: Враховує всі витрати. Недоліки: Не враховує ринкові зміни.
9	Метод сценарного аналізу (Scenario Analysis)	Опис: Аналіз різних сценаріїв реалізації. Частота: Середня (65%). Переваги: Моделює різні варіанти. Недоліки: Залежить від точності сценаріїв.
10	Метод аналізу чутливості (Sensitivity Analysis)	Опис: Аналіз впливу змін параметрів на проект. Частота: Середня (65%). Переваги: Дозволяє оцінити ризики. Недоліки: Може бути спрощеним.

11	Метод вартості заміщення (Replacement Cost Method)	Опис: Вартість заміщення аналогічним об'єктом. Частота: Низька (50%). Переваги: Простий у використанні. Недоліки: Не враховує всі ризики.
12	Метод капіталізації доходів (Income Capitalization Method)	Опис: Оцінка на основі доходів від проекту. Частота: Висока (85%). Переваги: Оцінює дохідність. Недоліки: Не враховує витрати.
13	SWOT-аналіз (SWOT Analysis)	Опис: Аналіз сильних і слабких сторін. Частота: Середня (60%). Переваги: Добре для аналізу стратегій. Недоліки: Може бути суб'єктивним.
14	Метод оцінки реальних опціонів (Real Options Valuation)	Опис: Оцінка гнучкості рішень проекту. Частота: Низька (40%). Переваги: Гнучкий підхід до управління. Недоліки: Складний для розрахунку.
15	Метод повного економічного ефекту (Total Economic Impact Method)	Опис: Загальний економічний вплив проекту. Частота: Низька (35%). Переваги: Оцінює загальний ефект. Недоліки: Не враховує ринкові ризики.
16	Метод визначення ризиків (Risk Assessment Method)	Опис: Оцінка та управління ризиками. Частота: Середня (60%). Переваги: Допомогає оцінити ризики. Недоліки: Залежить від правильності оцінки ризиків.
17	Метод оцінки проекту на основі бенчмаркінгу (Benchmarking Method)	Опис: Порівняння з успішними проектами. Частота: Середня (55%). Переваги: Допомогає порівняти з іншими проектами. Недоліки: Залежить від наявності аналогічних проектів.
18	Метод аналізу вигід і витрат (Cost-Benefit Analysis, CBA)	Опис: Порівняння витрат і вигід. Частота: Середня (60%). Переваги: Оцінює фінансову вигоду. Недоліки: Не враховує інші фактори.
19	Метод аналізу мультиплікаторів (Multiplier Effect Analysis)	Опис: Визначення впливу на інші галузі. Частота: Низька (40%). Переваги: Показує ефект на економіку. Недоліки: Важко врахувати всі мультиплікатори.
20	Грошові потоки з поправкою на ризик (Risk-Adjusted Discounted Cash Flow)	Опис: DCF з поправкою на ризик. Частота: Середня (60%). Переваги: Враховує ризики. Недоліки: Складний у реалізації.
21	Метод еластичності (Elasticity Method)	Опис: Оцінка впливу зміни економічних умов. Частота: Низька (35%). Переваги: Аналізує вплив економічних змін. Недоліки: Складність оцінки еластичності.
22	Управління проектними портфелями (Project Portfolio Management)	Опис: Оцінка та управління кількома проектами. Частота: Низька (40%). Переваги: Допомогає керувати портфелем. Недоліки: Вимагає великої кількості даних.
23	Метод оцінки ризиків за допомогою Монте-Карло (Monte Carlo Simulation)	Опис: Моделювання можливих результатів. Частота: Низька (30%). Переваги: Оцінює можливі ризики. Недоліки: Висока складність моделювання.
24	Метод оцінки вартості землі (Land Value Method)	Опис: Оцінка вартості землі. Частота: Висока (90%). Переваги: Оцінює вартість землі. Недоліки: Залежить від ринкової кон'юнктури.
25	Метод аналізу потоків доходів (Cash Flow Analysis)	Опис: Оцінка грошових потоків. Частота: Середня (65%). Переваги: Враховує грошові потоки. Недоліки: Не враховує зовнішні фактори.
26	Фінансовий аналіз за коефіцієнтами (Financial Ratio Analysis)	Опис: Аналіз фінансових коефіцієнтів. Частота: Середня (70%). Переваги: Допомогає оцінити фінансовий стан. Недоліки: Не враховує ризики.

27	Оцінка життєвого циклу проекту (Life Cycle Cost Analysis)	Опис: Оцінка витрат на всіх етапах проекту. Частота: Низька (45%). Переваги: Оцінює витрати за весь період. Недоліки: Не враховує зовнішні фактори.
28	Метод економічної доданої вартості (Economic Value Added, EVA)	Опис: Оцінка економічної доданої вартості. Частота: Середня (60%). Переваги: Оцінює економічну додану вартість. Недоліки: Залежить від точності даних.
29	Аналіз конкурентоспроможності проекту (Competitive Analysis)	Опис: Оцінка конкурентних переваг. Частота: Низька (40%). Переваги: Показує конкурентоспроможність. Недоліки: Складно оцінити всі аспекти.
30	Оптимізація портфеля проектів (Portfolio Optimization Method)	Опис: Оптимізація портфеля проектів. Частота: Низька (35%). Переваги: Оптимізує кілька проектів. Недоліки: Вимагає великих ресурсів.
31	Оцінка інфраструктурної підтримки (Infrastructure Support Method)	Опис: Оцінка інфраструктурної підтримки проекту. Частота: Середня (55%). Переваги: Оцінює інфраструктурні потреби. Недоліки: Суб'єктивність оцінки.
32	Комплексний аналіз якості (Total Quality Management, TQM)	Опис: Оцінка якості управління проектом. Частота: Середня (60%). Переваги: Оцінює загальну якість проекту. Недоліки: Не враховує всі ризики.
33	Аналіз витрат і часу (Time and Cost Analysis)	Опис: Оцінка витрат і часу проекту. Частота: Низька (40%). Переваги: Враховує відхилення у витратах та часі. Недоліки: Вимагає великої кількості даних.
34	Ресурсно-вартісне моделювання (Resource Cost Modeling)	Опис: Оцінка потреб у ресурсах. Частота: Низька (35%). Переваги: Допомогає оцінити потреби у ресурсах. Недоліки: Складно оцінити.
35	Оцінка соціальних ефектів (Social Impact Assessment)	Опис: Оцінка соціальних наслідків проекту. Частота: Низька (30%). Переваги: Оцінює соціальні ефекти проекту. Недоліки: Залежить від суб'єктивних оцінок.

Джерело: складено автором

Формування господарського портфеля для девелоперських компаній є ключовим елементом у досягненні їх довгострокової конкурентоспроможності та фінансової стійкості. Сучасний ринок нерухомості постійно змінюється під впливом макроекономічних факторів, технологічного прогресу та зростаючих вимог до екологічної стійкості. У таких умовах девелоперські компанії повинні адаптуватися до нових викликів, впроваджуючи ефективні стратегії управління своїм господарським портфелем.

Однією з ключових перспектив розвитку є використання цифрових технологій для оцінки інвестиційних ризиків і управління проектами. Це включає застосування аналітичних інструментів для моніторингу ринкових умов та оптимізації ресурсів. Іншою важливою тенденцією є зміщення фокусу на проекти зі стійким екологічним впливом, що дозволяє компаніям не лише відповідати регуляторним вимогам, але й залучати інвесторів, які орієнтуються на принципи сталого розвитку.

Адаптивність девелоперських компаній до нових умов ринку також залежить від їх здатності диверсифікувати свій портфель, включаючи різні типи нерухомості – житлову, комерційну та індустріальну. Це забезпечує стабільність компаній під час ринкових коливань і дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з економічною нестабільністю.

Висновки

Генезис девелопменту на сучасному етапі розвитку будівельного ринку базується на поєднанні економічних, соціальних та інституційних факторів. Сучасний девелопмент адаптується до нових викликів ринку, таких як цифровізація та екологізація, водночас зберігаючи свою основну мету – створення високоякісних об'єктів нерухомості, які відповідають потребам суспільства та економіки

Для вивчення розвитку девелопменту застосовуються різноманітні методологічні інструменти. Економіко-математичне моделювання використовується для прогнозування прибутковості проектів, оцінки ситуації на ринку нерухомості та аналізу економічної ефективності девелоперських ініціатив. SWOT-аналіз допомагає виявити сильні і слабкі сторони проектів, а також оцінити зовнішні можливості та загрози, які можуть вплинути на їх реалізацію. Сценарний аналіз дозволяє моделювати потенційні варіанти розвитку проектів за умов ринкової невизначеності та зовнішніх факторів, таких як економічні кризи чи зміни в законодавстві.

Перспективи подальших досліджень у сфері визначення компонентів методологічної платформи формування господарського портфеля підприємства в контексті сучасного девелопменту зосереджуються

на поглибленому аналізі інтеграції новітніх технологій та підходів до управління активами. Одним із ключових напрямів є дослідження впливу цифрових інструментів, таких як аналітика великих даних і штучний інтелект, на оптимізацію процесів оцінки ризиків, підвищення ефективності управління ресурсами та прогнозування рентабельності проектів. Крім того, актуальним є вивчення можливостей адаптації девелоперських компаній до швидких змін ринкових умов через більш гнучкі стратегії управління портфелем.

Інший важливий напрямок досліджень стосується інтеграції стійкого розвитку в методологію формування портфеля, що дозволить не тільки відповідати сучасним екологічним вимогам, але й сприяти залученню інвесторів, орієнтованих на принципи ESG (екологічні, соціальні та управлінські критерії). Подальші дослідження також повинні зосередитися на розробці інструментів для більш ефективного управління ризиками, які пов'язані з політичними та економічними змінами на глобальному ринку, та їх впливом на девелоперські проекти.

Література

1. Healey, P. (1992) "Planning Through Debate: The Communicative Turn in Planning Theory. *Town Planning Review*, 63(2), 143-162.
2. Ball, M. (1998) "Institutions in British Property Research: A Review. *Urban Studies*, 35(9), 1501-1517.
3. Guy, S., & Henneberry, J. (2000) "Understanding Urban Development Processes: Integrating the Economic and the Social in Property Research. *Urban Studies*, 37(13), 2399-2416.
4. Guy, S., & Henneberry, J. (2002). *Development and Developers: Perspectives on Property*. Oxford: Wiley-Blackwell. 320 p.
5. Adams, D., & Tiesdell, S. (2013). "Shaping Places: Urban Planning, Design, and Development". London: Routledge. 344 p.
6. Geltner, D., Miller, N. G., Clayton, J., & Eichholtz, P. (2014). *Commercial Real Estate Analysis and Investments*. OnCourse Learning. 864 p.
7. Healey, P. (1991). "Models of the Development Process: A Review." *Journal of Property Research*, 8(3), 219-238.
8. Рижаківа Г.М. Економіко-управлінські предиктори стратегічного девелопменту в умовах динамічного середовища впровадження проектів будівництва. *Управління розвитком складних систем*. – 2019. – № 39. – С. 154 – 163; [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11340710](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340710).
9. Хоменко О. М., Петренко Г. С., 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*. Київ, 2022. № 52. С. 113 – 125, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.113-125)
10. Аксельрод Р. Б. Економіко-управлінські предиктори трансформації операційних систем будівельного девелопменту в умовах цифровізації економіки. *Формування ринкових відносин в Україні*. - 2021. - № 12. - С. 113-121
11. Stetsenko, S.P., Tytok, V.V., Emelianova, O.M., Bieliienkova, O.Yu & Tsyfra, T.Yu. The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*, 2021. 1, 21-31.
12. Sorokina L.V., Goyko O.F. Study of threats to investment security of construction enterprises. *Construction production*. 2016. No. 61/2. - P. 10 - 21. P.
13. Sorokina L., Goyko O., Stetsenko S., Izmailova K., *Econometric tools for managing the financial security of a construction enterprise*. Monograph. Kyiv. KNUBA. Kryvyi Rih. Publisher of FOP Chernyavskyi D.O. 2017. 404 p.
14. Reznik, N. *Systems Thinking to Investigate Archetype of Globalization*. Springer International Publishing https://doi.org/10.1007/978-3-031-08087-6_9 (2022).
15. Гойко А. Ф., Сорокіна Л. В. Дослідження ефективності інвестування житлового будівництва: регіональний аспект. *Будівельне виробництво*, 2014. № 57. С. 56-63.
16. Беленкова О. Ю., Гао Шаоцин Оцінка профілю девелоперської компанії (на прикладі реконструкції житлового фонду КНР). *Науковий вісник Буковинського державного фінансово-економічного університету*. Економічні науки., 2015. Вип. №1(28). С. 51-54.
17. Ryzhakova, Galyna, Kishchak, Nataliia, Khomenko, Oleksandr, Rotov, Oleksandr, Nikolaeva, Marina & Veremeeva, Tetyana. (2022). Modern vector of construction development renovation in the context of Integrated Project Delivery Stratagems. *Management of Development of Complex Systems*, 49, 113–123.
18. Belenкова, O. Yu. (2022). 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*, 81, 13–22.
19. Измайлова К.В., Пархоменко В.В. Імітаційне моделювання фінансових показників інвестиційної діяльності підприємства. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 1997. Вип.2. С.73 – 75.
20. Измайлова К. Обґрунтування економічних рішень щодо підвищення ефективності проектів на передінвестиційній стадії. *Економіка України*. 2016. № 10. С. 79-87.
21. Гойко А. Ф. *Методи оцінки ефективності інвестицій та пріоритетні напрямки їх реалізації*. К. : ВІРА-Р, 1999. 320 с.
22. Міхельс В. О., Шилюк П. С., Гойко А. Ф., Бондар В. П. *Економікоматематичні методи та моделі у будівництві*. Київ : Міленіум, 2006. 380 с.
23. Росинський А.В. Використання алгоритмів нечіткого логічного висновку в системі управління розвитком економічного потенціалу девелоперської компанії. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2022. № 50 (2). С. 180-202.
24. Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф. Аналіз методів оцінки ризиків інвестиційних проектів в аспекті відновлення національної економіки. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2023.

№ 51 (1). С. 52-73.

25. Сорокіна Л.В., Гойко А.Ф. Науково-методичні аспекти вибору ставки дисконтування при оцінці інвестиційних проектів. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2022. № 50 (2). С. 50-60.
26. Цифра Т.Ю. Практичний досвід реалізації міжнародних будівельних контрактів в Україні. Будівельне виробництво. 2017. 62/2. С.45-48
27. Гойко А.Ф., Сорокіна Л.В. Методологічні засади оцінювання інвестиційних проектів в умовах невизначеності. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2013, №30. С. 162-173.
28. Рижаківа Г.М., Приходько Д.О. Моделі цільового вибору репрезентативних індикаторів діяльності будівельних підприємств: етимологія та типологія систем діагностики. Управління розвитком складних систем. 2017. Вип. 32. С. 159 – 165.
29. Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Ruchynska, Yulia & Petrenko, Anna. (2019). Economic and managerial predictors of strategic development in a dynamic environment of construction projects implementation. *Management of Development of Complex Systems*, 39, 154–163;

References

1. Healey, P. (1992) "Planning Through Debate: The Communicative Turn in Planning Theory. *Town Planning Review*, 63(2), 143-162.
2. Ball, M. (1998) "Institutions in British Property Research: A Review. *Urban Studies*, 35(9), 1501-1517.
3. Guy, S., & Henneberry, J. (2000) "Understanding Urban Development Processes: Integrating the Economic and the Social in Property Research. *Urban Studies*, 37(13), 2399-2416.
4. Guy, S., & Henneberry, J. (2002). *Development and Developers: Perspectives on Property*. Oxford: Wiley-Blackwell. 320 p.
5. Adams, D., & Tiesdell, S. (2013). "Shaping Places: Urban Planning, Design, and Development". London: Routledge. 344 p.
6. Geltner, D., Miller, N. G., Clayton, J., & Eichholtz, P. (2014). *Commercial Real Estate Analysis and Investments*. OnCourse Learning. 864 p.
7. Healey, P. (1991). "Models of the Development Process: A Review." *Journal of Property Research*, 8(3), 219-238.
8. Ryzhakova, G. (2019). Economic and managerial predictors of strategic development in a dynamic environment of construction projects implementation. *Management of Development of Complex Systems*, 39, 154 – 163; [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11340710](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11340710).
9. Homenko, Oleksandr, Petrenko, Hanna, Chupryna, Yurii, Malykhina, Oksana, Petrukha, Nina & Kushnir, Olesii. (2022). 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*, 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)
10. Akselrod R. B. Economic and managerial predictors of transformation of operational systems of construction development in conditions of digitalization of the economy. Formation of market relations in Ukraine. - 2021. - No. 12. - P. 113-121
11. Stetsenko, S.P., Tytok, V.V., Emelianova, O.M., Bieliukova, O.Yu & Tsyfra, T.Yu. The interrelation of digital technologies and organizational and economic mechanisms in construction: adaptation to change management. *International Review*, 2021. 1, 21-31.
12. Sorokina L.V., Goyko O.F. Study of threats to investment security of construction enterprises. *Construction production*. 2016. No. 61/2. - P. 10 - 21. P.
13. Sorokina L., Goyko O., Stetsenko S., Izmailova K., Econometric tools for managing the financial security of a construction enterprise. Monograph. Kyiv. KNUBA. Kryvyi Rih. Publisher of FOP Chernyavskiy D.O. 2017. 404 p.
14. Reznik, N. Systems Thinking to Investigate Archetype of Globalization. Springer International Publishing https://doi.org/10.1007/978-3-031-08087-6_9 (2022).
15. Hoiko A. F., Sorokina L. V. Doslidzhennia efektyvnosti investuvannia zhytlovoho budivnytstva: rehionalnyi aspekt. *Budivnele vyrobnytstvo*, 2014. № 57. S. 56-63.
16. Bieliukova O. Yu., Hao Shaotsyn Otsinka profilu developerskoi kompanii (na prykladi rekonstruksii zhytlovoho fondu KNR). *Naukovyi visnyk Bukovynskoho derzhavnogo finansovo-ekonomichnoho universytetu. Ekonomichni nauky*, 2015. Vyp. №1(28). S. 51-54.
17. Ryzhakova, Galyna, Kishchak, Nataliia, Khomenko, Oleksandr, Rotov, Oleksandr, Nikolaeva, Marina & Veremeeva, Tetiana. (2022). Modern vector of construction development renovation in the context of Integrated Project Delivery Stratagems. *Management of Development of Complex Systems*, 49, 113–123.
18. Belenkova, O. Yu. (2022). 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*, 81, 13–22.
19. Izmailova K.V., Parkhomenko V.V. Imitatsiine modeliuвання finansovykh pokaznykiv investytsiinoi diialnosti pidpriemstva. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. 1997. Vyp.2. S.73 – 75.
20. Izmailova K. Obgruntuvannia ekonomichnykh rishen shchodo pidvyshchennia efektyvnosti proektiv na peredinvestytsiinii stadii. *Ekonomika Ukrainy*. 2016. № 10. S. 79-87.
21. Hoiko A. F. *Metody otsinky efektyvnosti investytsii ta priorytetni napriamky yikh realizatsii*. K. : VIRA-R, 1999. 320 s.
22. Mikhels V. O., Shyliuk P. S., Hoiko A. F., Bondar V. P. *Ekonomikomatematychni metody ta modeli u budivnytstvi*. Kyiv : Milenium, 2006. 380 s.
23. Rosynskiy A.V. Vykorystannia alhorytmiv nechitkoho lohichnoho vysnovku v systemi upravlinnia rozvytkom ekonomichnoho potentsialu developerskoi kompanii. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. 2022. № 50 (2). S. 180-202.

24. Sorokina L.V., Hoiko A.F. Analiz metodiv otsinky ryzykiv investytsiinykh proektiv v aspekti vidnovlennia natsionalnoi ekonomiky. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2023. № 51 (1). S. 52-73.
25. Sorokina L.V., Hoiko A.F. Naukovo-metodychni aspekty vyboru stavky dyskontuvannia pry otsintsi investytsiinykh proektiv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2022. № 50 (2). S. 50-60.
26. Tsyfra T.Iu. Praktychnyi dosvid realizatsii mizhnarodnykh budivelnnykh kontraktiv v Ukraini. Budivelne vyrobnytstvo. 2017. 62/2. S.45-48
27. Hoiko A.F., Sorokina L.V. Metodolohichni zasady otsiniuvannia investytsiinykh proektiv v umovakh nevyznachenosti. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. 2013, №30. S. 162-173.
28. Ryzhakova H.M., Prykhodko D.O. Modeli tsilovoho vyboru reprezentatyvnykh indyikatoriv diialnosti budivelnnykh pidpriemstv: etymolohiia ta typolohiia system diahnostryky. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. 2017. Vyp. 32. S. 159 – 165.
29. Ryzhakova, Galyna, Malykhina, Oksana, Ruchynska, Yulia & Petrenko, Anna. (2019). Economic and managerial predictors of strategic development in a dynamic environment of construction projects implementation. *Management of Development of Complex Systems*, 39, 154–163;.

S.V. Zaichuk, Senior lecturer of the department of construction management,
<https://orcid.org/0000-0003-0919-4190>
 Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

DEFINING COMPONENTS OF THE METHODOLOGICAL PLATFORM FOR FORMING A BUSINESS PORTFOLIO OF A COMPANY IN THE UPDATED FORMAT OF MODERN DEVELOPMENT

Abstract. *The article is devoted to the analysis of the economic and operational imperatives of forming a business portfolio for a development company in the construction sector. A successful business portfolio management strategy requires the integration of financial, organizational, and technological aspects to ensure the sustainability and competitiveness of the business. In modern conditions, real estate development is one of the key factors that determines the dynamics of enterprise development, as it includes a comprehensive approach to asset management, from planning and financing to the construction and operation of objects. The theoretical and methodological foundations of the genesis of development at the current stage of the construction market's evolution have been analyzed.*

The methodological platform for forming a business portfolio should be based on the principles of rational resource management, risk analysis, and technological optimization. Changes in development activities require the active use of digital tools and a comprehensive approach to managing residential, commercial, and industrial properties, which allows for the maximization of profitability and minimization of risks.

The article discusses the main stages of portfolio formation, such as strategic planning, selection of investment objects, and their integration into the overall structure of the enterprise. An economic and mathematical formalization of the process is also provided. For the successful operation of a development company, it is crucial to ensure coordinated work at all stages of the project – from planning and financing to construction and commissioning of the facilities.

Particular attention is paid to the methods of economic and mathematical modelling (EMM) and quantitative risk analysis, which have become the basis for the development of the latest asset management strategies. The study analyses 35 different techniques. Each methodology offers unique tools for the effective management of development projects that allow forecasting financial flows, determining optimal investment strategies, and building the best plans for the development of a real estate portfolio. The specific methods used to value residential, commercial and industrial real estate are also discussed, taking into account their different levels of risk and return.

It is important to note that the updated methodological platform is suitable for adaptation to the latest technologies and digital tools. This includes the introduction of a project management system, the use of artificial intelligence technologies to analyse large amounts of data, and the use of analytical tools to predict market trends. This approach helps to optimise asset management in a changing market environment. The analysis of the main components of the business portfolio formation platform also showed that important factors for the successful implementation of development projects are the speed of response to market changes, flexibility of management decisions, and the ability to minimise risks at all stages of the project.

Keywords: *business portfolio, developer, construction, operational management, risk management, strategic planning, investments, resource optimization.*

УДК 69.003: 001.895

О.Д. Галунка, аспірантка, <https://orcid.org/0000-0002-3437-2553>
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ: СЕКТОРАЛЬНИЙ ВИМІР

Анотація. Будівельна галузь є динамічним і складним сектором, який включає багато зацікавлених сторін, які працюють у тандемі для реалізації проектів, які мають важливе значення для зростання та розвитку суспільства. Інновації в технологіях, матеріалах, процесах і практиках управління все більше стають каталізаторами структурно-функціональних перетворень у взаємовідносинах між учасниками інвестиційно-будівельних проектів. Оскільки інновації служать поштовхом для структурних трансформацій, змінюючи традиційні ролі, покращуючи співпрацю та стимулюючи ефективність і сталість у будівельному секторі, то актуальним напрямком досліджень є виявлення теоретичних передумов та надання практичних рекомендацій учасникам будівництва для стимулювання інноваційної діяльності.

Виявлено, що теоретичною основою підходами для дослідження слугують роботи українських і зарубіжних учених, які розглядають інновації у межах концептуальних підходів, у яких інноваційна діяльність розглядається через систему координат «явище-якість», «процес-результат», «адаптація-ціль» або «система-синергія»

Запропоновано інноваційним розвитком підприємства вважати процес функціонування підприємства, який зорієнтований на використання і впровадження різних форм інновацій в операційній, фінансовій та інвестиційній діяльності підприємства задля підвищення прибутковості та конкурентоспроможності, а інноваційну діяльність учасників інвестиційно-будівельного проекту трактувати - як процес функціонування і розвитку підприємства, який орієнтований на використання і впровадження різних форм інновацій в операційній, фінансовій та інвестиційній діяльності, спрямований на нові якісні перетворення будівельної продукції, процесів і систем підприємства або впровадження нововведень у організаційно-технологічні процеси, технології, методи ведення робіт, просування на ринку, покращення взаємодії з іншими учасниками та стейкхолдерами будівництва в межах інвестиційно-будівельного проекту та цільовими показниками якого можуть бути як підвищення економічної ефективності окремих учасників проекту, так і якісні трансформації організаційно-технологічних взаємовідносин учасників проекту, що ведуть до поліпшення параметрів об'єктів будівництва або інвестиційного проекту. Запропоновано покроковий методичний підхід для девелоперських підприємств з метою сприяння інноваційній діяльності учасників інвестиційно-будівельних проектів.

Ключові слова: інновації, цифровізація, проектування, перепроєктування, реінженіринг, сталий розвиток, екологічність, соціальна відповідальність, підприємства, девелопери, проектувальники, підрядники, постачальники, стейкхолдери, процеси, продукція, маркетингова діяльність, організаційні структури, трансформації, нововведення, будівництво.

Постановка проблеми

Впровадження нових матеріалів, організаційних рішень та технологій у сферу будівництва дає можливість оновити та докорінно трансформувати її, а надалі й активізувати повоєнний розвиток, що, в свою чергу, сприятиме розвитку всіх сфер національної економіки та підвищенню ефективності функціонування економічної системи країни загалом. Майбутнє зростання обумовлено тим, що власне сфера будівництва вимагає значної кількості робочих місць і товарів та послуг інших сфер економіки, і коли починається підйом, то стимулює до розвитку як приватний сектор, так і пов'язані види економічної діяльності. Але при економічних кризах відбувається обернений процес – зменшення обсягів будівництва запускає стрімке падіння виробництва багатьох секторів економіки або навіть є передреєю глобальним економічним кризам.

На жаль, не дивлячись на значну кількість українських й зарубіжних інноваційних розробок, впровадження нових технологій, матеріалів, процесів у сфері будівництва дуже часто лише декларуються в стратегічних документах без конкретних пропозицій,

або залишаються на рівні експериментальних зразків й не доводяться до широкого впровадження.

Мета інноваційної діяльності полягає в тому, щоб створити будівлі та інфраструктуру, які відповідають поточним вимогам майбутніх власників й орендарів нерухомості і водночас передбачають майбутні потреби, а також оптимізувати бізнес-процеси, організаційні структури проекту або кожного окремого учасника будівництва. Тому важливим є узагальнення теоретичних підходів до визначення ефективності інноваційної діяльності, термінології й методології управління та оцінювання інноваційного розвитку підприємств та вивчення можливості їх застосування для учасників інвестиційно-будівельних проектів.

Аналіз публікацій засвідчує, що категорії «інновація», «інноваційно-інвестиційний розвиток» стали об'єктом дослідження зарубіжних науковців у 30-х рр. XX ст. і з того часу постійно знаходились у фокусі уваги провідних науковців світу.

До дослідників, які поклали початок дискусій щодо указаної тематики, розробивши основоположні праці, можна віднести Й. Шумпетера, який вперше

запропонував до широкого вжитку термін «інновація», розглядаючи саме інновації в якості рушія еволюційних та революційних змін економічних систем, які відбуваються циклічно і є стимулом, що призводить до розвитку. Більше того, він вважав, що інновації знаходяться в основі усіх явищ, труднощів і проблем економічного життя, стаючи джерелом нового якісного перетворення економічної системи [3].

Питання оцінювання інноваційної діяльності підприємств та формування інноваційного потенціалу суб'єктів господарювання розглядалися в роботах таких провідних вітчизняних та зарубіжних вчених, як: Беленкова О.Ю., Бубенко О. П., Дріль Н. В., Торкатюк В. І., Хорошко І. О., Железнякова І. Л., Чорноморденко Т. В., Кухтін К.В., Кузьмін О.Є., Князь С.В., Тувакова Н.В., Кузнецова А.Я., Кушнір О., Чаплінський В., Єрмак С. О., Фролова Л. В., Бугенко С. І., Залуцька Х. Я., Зельцер Р.Я., Дубінін Д.В., Новак Є.В., Колещук О.Я., Малюта Л.Я., Марчук Т.С., Рижаков Д., Рижакова Г.М., Стеценко С.П., Федоренко В.Г., Воронкова Т., Отенко І. П., Квашина Ю. А., Измайлова К.В., Гойко А.Ф., Сорокіна К.В., Цифра Т.Ю., Лисиця Н.В., Лич В.М., Чернявська Ю. Б., Зглат-Лозинська Л.О., Зінченко М.М., Прохорова В. В., Пушкар Т.А., Соболева Г.Г., Чорна М. В., Глухова С. В. і ряд інших дослідників [1-25].

Проте в їх працях не було повною мірою відображено питання впровадження розвитку інноваційної діяльності учасників інвестиційно-будівельних проєктів, які, виступаючи середовищем функціонування та розвитку усіх стейкхолдерів будівництва, одночасно стимулюють або дестимулюють впровадження інновацій, оскільки усі учасники будівництва на час участі у проєкті стають частиною єдиної організаційно-економічної системи і вимушені підпоряд-

ковуватись новим вимогам до розвитку.

Постановка завдання

Метою дослідження є проведення аналізу теоретичних підходів трактування сутності інноваційного розвитку підприємств та надання практичних рекомендацій для девелоперів щодо стимулювання і оцінювання інноваційності стейкхолдерів будівництва.

Виклад основного матеріалу дослідження

Огляд літературних джерел в області інноваційного розвитку підприємств або економічних систем дозволив виділити декілька концептуальних підходів до трактування концепту «інноваційний розвиток» у застосуванні до учасників будівництва, які є теоретичною основою для побудови системи інноваційного розвитку будівельних підприємств та інших стейкхолдерів інвестиційно-будівельного процесу. Один із розповсюджених підходів – трактування інноваційного розвитку як явища, що призводить до якісних перетворень суб'єктів господарювання (табл.1).

Таким чином інновації трактують як подію, що призводить до зміни економічної системи, її розвитку та набуття нових, вдосконалених якостей. Поряд із якісним підходом, досить розповсюдженою є точка зору, коли інноваційний розвиток розглядають як процес, що призводить до отримання нового результату або цільового показника (табл. 2).

У Законі України «Про інноваційну діяльність» та ряді праць, присвячених інноваційному розвитку підприємств, панує саме процесний підхід, коли інноваційний розвиток трактують як цілеспрямований рух, процес досягнення якогось результату або ефекту.

Якщо торкатись з самого поняття «розвиток»,

Таблиця 1

Теоретичні підходи та трактування сутності інноваційної діяльності учасників будівництва в системі координат «явище-якість»

Джерело	Визначення	Ключ
Закон України «Про інвестиційну діяльність» [1]	Випуск і розповсюдження принципово нових видів техніки і технологій; прогресивні міжгалузеві структурні зрушення; реалізація довгострокових науково-технічних програм з великими строками окупності витрат; фінансування фундаментальних досліджень для здійснення якісних змін стану продуктивних сил; розробка та впровадження нової, ресурсозберігаючої технології...	дифузія
Й. Шумпстер [3]	Новий продукт чи послуга, вироблена підприємством або з використанням методів чи засобів які є новими для нього та викликають технічні зміни.	імпульс
А. Радквич, І. Арутюнян, Д. Сайков [4, С.68]	Розробка і впровадження програмних модулів, які ... дають змогу на якісно новому, інформативно-вищому рівні, виконувати організаційно-технологічний супровід реалізації об'єктів підрядного підприємства протягом будівельного циклу.	впровадження
О. Чумак [5]	Діяльність, у результаті якої народжується щось нове (новація), що є характеризується унікальністю та оригінальністю і якого раніше не було в природі та суспільстві.	вдосконалення
О. Шпикуляк [6]	Вид діяльності, який на основі результатів наукових досліджень забезпечує створення принципово нової продукції, нової послуги, в результаті яких з'являється те, чого раніше не було	імпульс
Д. Приходько, О. Малихіна, Н. Валінкевич та ін. [7 С.120]	Здатність використовувати інтелектуальні ресурси і запроваджувати інноваційні рішення для задоволення людських потреб	конверсія

Розроблено авторкою

Таблиця 2

Теоретичні підходи та трактування сутності інноваційної діяльності учасників будівництва в системі координат «процес-результат».

Джерело	Визначення	Ключ
Закон України «Про інноваційну діяльність» [2]	Діяльність, що спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів і послуг.	імпульс
Керівництво Осло [8, с.55]	наукові, технологічні, організаційні, фінансові та комерційні дії, які дозволяють здійснювати інновації, ... також дослідження і розробки, не пов'язані безпосередньо з підготовкою будь-якої конкретної інновації	дії
О. Тарасова [9]	Комплекс практичних дій, спрямованих на використання науково-технічних результатів для отримати нові або вдосконалити існуючі продукти, технології, методи управління тощо.	вектор
П. Микитюк [10, С.202]	Сукупність взаємозв'язаних робіт (етапів) наукового, виробничого, експлуатаційного характеру, а також їх економічного, інформаційного, соціально-політичного і т. д. забезпечення, спрямованих на створення виробничих інновацій і їх практичну реалізацію.	алгоритм
М. Чорна, С. Глухова [11]	Діяльність зі створення, впровадження та комерціалізації наукових розробок, яка за умов принципової новизни результату та випередження конкурентів в часі забезпечує новатору надприбуток та надає монопольне положення.	впровадження
Зянько В. В., Єпіфанова І. Ю., Зянько В. В. [12, с. 56]	комплекс економічних, технічних, правових, соціальних заходів, пов'язаних із розробкою, впровадженням та використанням інновацій, який має на меті досягнення певного економічного та / або соціального ефектів	
13. Ватченко О. Б., Ватченко Б. С., Черевко О. Л. [13, с.52]	процес спрямованої закономірної зміни стану підприємства, що залежить від інноваційного потенціалу цього підприємства, джерелом якого є інновації	сволюція
С. Ілляшенко [14, с. 57],	процес створення, провадження та поширення інновації»	поширення

Розроблено авторкою

то економісти акцентують увагу на різних його характеристиках. Найчастіше науковцями відзначаються наявність змін різної економічної природи, просування від простішого до більш складного, перехід від одного стану до іншого, кількісне зростання

та якісне поліпшення. Й. Шумпетер розвитком вважав зміну траєкторії руху, зсування стану рівноваги, перехід економічної системи від заданого на певний момент часу центра рівноваги, здійснення нових комбінацій факторів виробництва, а носієм транс-

Таблиця 3

Теоретичні підходи та трактування сутності інноваційної діяльності учасників будівництва в системі координат «адаптація-ціль».

Джерело	Визначення	Ключ
Л. Згала-Лозинська, В. Лич [15]	Генерування знань, формування та розвитку інтелектуально-інноваційного капіталу, забезпечення виробництва та комерціалізації інноваційного продукту, оформлення прав інтелектуальної власності інновацій, що є об'єктивно необхідним механізмом адаптаційних змін...	адаптація
Д. Приходько, Р. Жалдак, О. Дикий, Н. Валінквич, [16, С.115]	Оновленої технології процесно-орієнтованого управління будівельними підприємствами як інноваційного уніфікатора, сформованого на основі визначення рівня їх управлінсько-технологічної зрілості, що дасть змогу забезпечити динамічний рівень розвитку в межах традиційних форматів економічних інтересів підприємств-стейкхолдерів будівництва	оновлення
О.Кушнір, В. Чаплінський [17]	Основні напрямки здійснення інноваційної діяльності будівельних підприємств визначаються цільовим спрямуванням інновацій, а саме: технологічний, економічний, соціальний та екологічний, цільовим спрямуванням яких є вирішення відповідних сучасних проблем, в першу чергу, за рахунок максимального задоволення потреб споживачів, у тому числі створення та реалізації інноваційної будівельної продукції соціальної спрямованості	мета

Розроблено авторкою

Теоретичні підходи та трактування сутності інноваційної діяльності учасників будівництва в системі координат «система-синергія»

Джерело	Визначення	Ключ
О. Христенько, М. Боев [18 С.]	Найважливіший елемент підвищення ефективності виробництва, зокрема забезпечення постійного оновлення і поліпшення технології будівельних, ремонтних і монтажних робіт, а також основна умова подолання кризових явищ і забезпечення зростання підприємства	складова
Т. Норкіна, З. Скарбун [19, С.57]	Вибудовування своєрідного управлінського бізнес-процесу, що дає цілий ряд ефектів: робота з процесу перетворюється на цілеспрямований рух, знижуються вимоги до кваліфікації персоналу, різко зростає продуктивність праці, знижується кількість помилок».	компонента
Н. Дріль, В. Горкатюк, І. Хорошко, І. Желсзнякова, та ін. [20, С.3]	Підсистема виробничої діяльності, а саме: «Будівництву приділяється значно менше уваги в плані моніторингу та стимулювання інноваційно-інвестиційної діяльності через бачення її підпорядкованої ролі як підсистеми інфраструктури основного виробництва».	підсистема
В. Федоренко, Н. Денисенко [21, с.17]	Системний вид діяльності, спрямований на реалізацію (створення, впровадження і поширення) інновацій. Зміни, що відбуваються в процесі реалізації інновації, комерціалізація результатів наукових досліджень, випуск на ринок нових конкурентоспроможних товарів і послуг	система
М. Русінко [22]	Процес послідовного руху підприємства до стійкого стану за рахунок формування і дії синергетичних ефектів від різних поєднань чинників виробництва, отриманих в ході інноваційних перетворень, синергетичний ефект від взаємодії чинників виробництва формує потенціал якісного інноваційного розвитку підприємства.	синергія

Розроблено авторкою

формаційних якісних змін економічних систем - підприємця [3].

Ряд вчених визначають розвиток як динамічний циклічний процес, що має спіралеподібну форму та може бути виявлений через кількісні та якісні зрушення у структурі системи при збереженні її цілісності, та має багато траєкторій руху та кінцевий результат, що має ймовірнісну природу і значний ступінь невизначеності та може бути оцінений за різними критеріями, інтегральними показниками або їх сукупністю [23, 24].

Отже, інноваційним розвитком підприємства варто вважати процес функціонування підприємства, який зорієнтований на використання і впровадження різних форм інновацій в операційній, фінансовій та інвестиційній діяльності підприємства задля підвищення прибутковості та конкурентоспроможності. Тоді інноваційну діяльність учасників інвестиційно-будівельного проекту можна трактувати як процес функціонування і розвитку підприємства, який зорієнтований на використання і впровадження різних форм інновацій в операційній, фінансовій та інвестиційній діяльності, спрямований на нові якісні перетворення будівельної продукції, процесів і систем підприємства або впровадження нововведень у організаційно-технологічні процеси, технології, методи ведення робіт, просування на ринку, покращення взаємодії з іншими учасниками та стейкхолдерами будівництва в межах інвестиційно-будівельного проекту та цільовими показниками якого можуть бути як підвищення економічної ефективності окремих учасників проекту, так і якісні трансформації організацій-

но-технологічних взаємовідносин учасників проекту, що ведуть до поліпшення параметрів об'єктів будівництва або інвестиційного проекту.

Наступним є адаптаційний підхід, коли інноваційну діяльність розглядають як засіб пристосування до змін навколишнього середовища, спосіб подолання кризових явищ або упередження їх (табл. 3).

Останнім часом в економічній науці з'явився новий підхід, коли інноваційна діяльність підприємств розглядається як частина загальної економічної системи та розвивається тільки у взаємозв'язку із іншими елементами економічної системи, у напрямку її розвитку та не може вступати у протиріччя із загальними трендами, при цьому інноваційна діяльність окремих елементів системи може мати синергетичний ефект (табл. 4).

Аналіз підходів до інноваційної діяльності підприємств дозволив виявити, що саме поняття «інновація» тісно пов'язане зі словом «розвиток», є імпульсом, поштовхом до розвитку, нових якісних змін і трансформацій.

Аналіз інноваційної діяльності учасників інвестиційно-будівельних проектів формується в результаті диференціації й синтезу ряду теоретичних розробок та наукових дисциплін, таких як: дифузія інновацій, теорія управління, інноваційний розвиток теорія систем, трансакційні витрати, інвестиційне проектування, статистика і ряду інших (рис. 2).

Аналіз літературних джерел дозволив стверджувати, що інновації в будівельному секторі можна розглядати через різні теоретичні концептуальні підходи, одним із яких є теорія поширення (дифузія) інновацій.



Рис. 2. Теоретико-концептуальні підходи до розвитку інноваційної діяльності підприємств- учасників інвестиційно-будівельних проектів (розроблено авторкою)

Після сформування у самостійний напрямок досліджень аналіз інноваційної діяльності учасників інвестиційно-будівельних проектів комплексно, системно використовує дані, а у низці випадків - способи і прийоми дослідження, властиві прогнозуванню, економічному та фінансовому аналізу, управлінню проектами й іншим безпосередньо пов'язаними з ними науковими дисциплінами стосовно інноваційної діяльності учасників будівництва.

Слід підкреслити особливий взаємозв'язок інноваційного аналізу і сучасної теорії економічних систем, оскільки інвестиційно-будівельний проект виступає як єдина система, спрямована на реалізацію будівельної продукції, а його учасники – тимчасово взаємопов'язаними елементами цієї системи, дії кожного із яких мають вплив на інноваційний розвиток усього проекту. При чому, система є динамічною – у кожен окремий період часу структура і склад учасників може змінюватись [25], що досить сильно ускладнює управління інноваційною діяльністю учасників будівництва.

Дифузія інновацій пояснює те, як, чому та з якою швидкістю нові ідеї та технології поширюються на ринку чи в суспільстві. У межах інвестиційно-будівельних проектів, де усі учасники будівництва взаємопов'язані графіками виконання робіт, організаційно-технологічними процесами та тимчасовими адміністративними структурами із управління проектами, дифузія інновацій має свої особливості, які підлягають детальному дослідженню. При цьому важливо виокремлювати зовнішні (в не залежності від дій і цілей виконавців проекту) та внутрішні впливи на інноваційну діяльність учасників будівництва.

У будівельному секторі теорія поширення інновацій підкреслює важливість дифузії нововведень, упровадження їх у масове будівництво, та використання принципів нових або вдосконалення існуючих складових будівництва, таких як бізнес-процеси, ланцюги постачання, цифрові рішення, організаційно-технологічні й технічні нововведення, впровадження нових будівельних матеріалів, будівельних технологій та інструментів управління проектами. Фактори, що впливають на розповсюдження, включають взаємозв'язки між учасниками будівництва, роль девелоперів та різних зацікавлених сторін, уявні переваги інновацій, вартість і складність впровадження.

Теорія систем забезпечує основу для розуміння взаємозв'язків і взаємозалежностей між різними компонентами будівельних проектів, оскільки розглядає процес будівництва як систему, що складається з багатьох елементів, включаючи людей, процеси, технології та архітектурно-проектні рішення та цифрове середовище. Аналізуючи ці взаємодії, теорія систем допомагає визначити можливості для інновацій, які можуть покращити загальну ефективність проекту та результати.

У сучасних інвестиційно-будівельних проектах, які вирізняються складністю, гоміодією організаційних структур та великою кількістю учасників, інновації часто передбачають об'єднання різних зацікавлених сторін, включаючи архітекторів, інженерів, підрядників, постачальників і інвесторів, для обміну знаннями, ідеями та ресурсами. Такий підхід може призвести до спільного створення інноваційних рішень, які вирішують складні будівельні завдання. Такі методи, як Integrated Project Delivery (IPD) та Building Information Modeling (BIM), сприяють спільним інноваціям, надаючи можливість обміну інформацією в реальному часі та спільного прийняття рішень.

Економіка транзакційних витрат зосереджується на витратах, пов'язаних з економічними операціями, такими як укладання контрактів, моніторинг і виконання угод. У контексті будівництва ця теорія підкреслює важливість зниження транзакційних витрат за допомогою інноваційних перетворень процесів документообігу, дозвільних відносин, договірних угод, моделей співпраці та механізмів обміну інформацією. Зменшення транзакційних витрат може призвести до більш ефективного та рентабельного виконання проекту.

Ряд українських і зарубіжних вчених розглядають розвиток креативного й дизайн-мислення як передумову створення інноваційної продукції та теоретичну основу для інноваційного розвитку підприємства [26].

Розробка методології стимулювання інноваційного розвитку між різними стейкхолдерами інвестиційно-будівельних проектів девелоперською компанією передбачає кілька стратегічних кроків, які дозволять спрямувати учасників орієнтованих на спільну мету інновацій, що веде до більш ефективних, стійких і конкурентоспроможних проектів:

Крок 1. Визначення зацікавлених сторін проекту та їхніх потреб. На цьому етапі потрібно сформулювати перелік усіх зацікавлених сторін, залучених до проекту, включаючи інвесторів, проектувальників (архітекторів, інженерів), підрядників, постачальників, регуляторні органи, покупців нерухомості, жителів навколишніх територій тощо. Потрібно визначити конкретні потреби, цілі та вимоги до проекту кожної зацікавленої сторони. Це допоможе не тільки адаптувати інноваційні стратегії розвитку проекту, але й приймати інші рішення щодо реалізації проекту, які відповідають вимогам стейкхолдерам, передбачити майбутні ризики та протидію.

Крок 2. Встановлення чітких вимірюваних цілей упровадження інноваційних рішень, які мають узгоджуватися із загальними цілями проекту та потребами зацікавлених сторін, визначити пріоритети для інновацій, ключові області, де інновації можуть мати найбільший вплив, наприклад ефективність дизайну, стійкість, зниження витрат або підвищення безпеки.

Крок 3. Створення організаційної структури для співпраці в рамках проекту, в якій мають бути передбачено спеціальну групу з інновацій, команду або робочу групу з представників кожної групи зацікавлених сторін. Ця команда керуватиме інноваційним розвитком та забезпечуватиме міжфункціональну співпрацю. Це дозволить сприяти відкритому спілкуванню. Також на цьому етапі потрібно обрати і впровадити інструменти та платформи, які забезпечують прозоре та ефективне спілкування між зацікавленими сторонами. Регулярні зустрічі, семінари та мозкові штурми можуть сприяти створенню середовища для співпраці.

Крок 4. Визначення бюджету інноваційного розвитку та інвестування у дослідження і розробки. На цьому етапі потрібно виділити ресурси для науково-дослідних робіт або переконатися, що для науково-дослідницької діяльності виділено достатні ресурси (час, бюджет і персонал). Також потрібно розробити стимули для заохочення зацікавлених сторін інвестувати в дослідження нових технологій і методів, налагодити партнерство з академічними установами, дослідницькими організаціями та постачальниками технологій, щоб використовувати їх досвід і ресурси.

Крок 5. Запровадження програм навчання та освіти, підвищення кваліфікації робочої сили. Потрібно забезпечити навчання новим методам виробництва або технологіям та запровадити освітні програми для підвищення кваліфікації робочої сили щодо нових технологій, методів будівництва та практики сталого розвитку. Заохочувати обмін знаннями між зацікавленими сторонами через семінари, вебінари та майстер-класи, висвітлення тематичних досліджень та передового досвіду успішних інноваційних проектів.

Крок 6. Упровадження пілотних та тестових інновацій. Реалізація невеликих пілотних проектів, щоб перевірити нові ідеї та технології дозволяє зацікавленим сторонам оцінити здійсненність і вплив інновацій перед повномасштабним впровадженням. На цьому етапі потрібно збирати відгуки від усіх зацікавлених сторін, залучених до пілотних проектів та використовувати їх для вдосконалення та покращення інноваційних рішень.

Крок 7. Моніторинг і оцінка інноваційного розвитку за системою показників. Вибір методів та

показників для оцінювання конкретних цілей інноваційного розвитку, визначення ключових показників ефективності (КПІ), щоб оцінити успіх інноваційних зусиль. Створення системи моніторингу регулярних перевірок для оцінювання прогресу щодо інноваційних цілей і КПІ.

Крок 8. Масштабування успішних інновацій, яке можна розпочинати після успішного тестування та перевірки, розширюючи її на весь проект або портфоліо проектів та здійснюючи постійне вдосконалення, регулярно переглядаючи та оновлюючи інноваційні стратегії та цілі.

Крок 9. Створення програм визнання й заохочення до інновацій, винагороди учасників проекту та усіх зацікавлених сторін, які роблять значний внесок в інноваційний розвиток, що може спонукати інших брати активну участь в інноваційному процесі.

Потрібно розробити чіткі критерії оцінювання та стимули, наприклад фінансову винагороду або можливість просування по службі для працівників, щоб заохотити зацікавлених сторін пропонувати та впроваджувати інноваційні ідеї.

Висновки

Теоретичні підходи до інновацій, такі як теорія поширення (дифузії) інновацій і моделі сприйняття технологій учасниками проекту (організаційного спротиву), надають будівельним підприємствам теоретичну основу для розвитку інноваційної складової проектів, надаючи методичну допомогу у прийнятті та інтеграції нових технологій, процесів, продуктів. Запровадження інновацій у процесах будівництва, матеріалах і управлінні проектами не тільки підвищує ефективність, але й сприяє конкурентоспроможності. Використання інформаційного моделювання будівель (BIM), робототехніки, дронів та запровадження практики сталого будівництва є теоретичною основою для формування стратегій, які сприяють інноваціям для підвищення виробничої, організаційно-технологічної, маркетингової або фінансово-економічної ефективності та покращення конкурентних позицій на ринку.

Концепція динамічних можливостей (адаптивності) наголошує на здатності організації адаптуватися, навчатися та впроваджувати інновації у відповідь на зміну ринкових умов. У будівельній індустрії та у будівельному виробництві, які характеризуються розвитком технологій і постійною зміною регуляторних впливів, динамічні адаптаційні можливості мають вирішальне значення. Будівельні підприємства, які використовують гнучкість, навчання та адаптивність, мають кращі можливості для коригування своїх стратегій та операцій, забезпечуючи довгострокову конкурентоспроможність.

Стимулювання інноваційного розвитку інвестиційно-будівельних проектів потребує структурованого підходу та співпраці. Дотримуючись цієї покрокової методики, девелопери можуть стимулювати зацікавлені сторони до інноваційного розвитку, а стейкхолдери, у свою чергу, можуть об'єднати свої зусилля для досягнення спільних інноваційних цілей, що призведе до більш ефективних, стійких і конкурентоспроможних проектів. Такий підхід не тільки підвищує ефективність окремих проектів, але й сприяє загальному зростанню та розвитку будівельної галузі.

Література

1. Закон України «Про інвестиційну діяльність» від 18.09.1991 р. № 1561-12 (з чинними змінами та доповненнями) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>
2. Закон України «Про інноваційну діяльність» від 04.07.2002 р. № 40-IV (з чинними змінами та доповненнями) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>
3. Schumpeter, Joseph A.; Opie, Redvers (1983) [1934]. *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. New Brunswick, New Jersey: Transaction Books. ISBN 978-0878556984.
4. Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Сайков Д. В. Оптимізація організаційних процесів будівельного виробництва як формотворча складова конкурентоспроможності підрядних підприємств. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, 2018. № 35. С. 64 – 73.
5. Чумак О.В. Соціально-філософський аналіз поняття «інновація» та «інноваційна діяльність». Режим доступу: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/VISnIK_36_14.pdf.
6. Шпикуляк О.Г., Мазур Г.Ф. Інноваційна діяльність у механізмі стимулювання агропромислового виробництва. Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). 2014. № 4. С. 73–77.
7. Приходько Д. О., Дикий О. В., Малихіна О. М., Валінкевич Н. В., Іщенко Т. М., Савчук Т. В. Економіко-інституціональні аспекти формування портфеля девелопера: зміна парадигми й інноваційні рішення управління. Управління розвитком складних систем, 2021. № 47. С. 119 – 129.
8. Керівництво Осло. Рекомендації щодо збору та аналізу даних щодо інновацій. 3-е вид., Спільна публікація ОЕСР та Євростату. ГУ "Центр досліджень та статистики науки", 2010. 107 с.
9. Тарасова О.В. Теоретико-методологічні основи інноваційної діяльності підприємств. Економіка харчової промисловості. 2012. № 1. С. 37–41.
10. Микитюк П. Аналіз інноваційної діяльності на підприємствах будівельної галузі. Економічний аналіз. 2011. Вип. 9. С. 202–205.
11. Чорна М. В., Глухова С. В. Оцінка ефективності інноваційної діяльності підприємств : монографія. Харків : ХДУХТ, 2012. 210 с.
12. Зянько В. В., Єпіфанова І. Ю., Зянько В. В. Інноваційна діяльність підприємств та її фінансове забезпечення в умовах трансформаційних змін економіки України : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2015. 168 с.
13. Ватченко О. Б., Ватченко Б. С., Черевко О. Л. Інноваційний розвиток підприємства : навч. посібник. Дніпро : Акцент ПП, 2017. 404 с..
14. Маркетинг. Менеджмент. Інновації : монографія / за ред. д. е. н., проф. С. М. Ілляшенка. Суми: Папірус, 2010. 621 с.
15. Згалат-Лозинська Л., Лич В. Актуальні проблеми стратегічного управлінського обліку витрат в системі інноваційного розвитку підприємств. Економіка та суспільство, 2022. (46). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-46-72>
16. Приходько Д. О., Жалдак Р. Ю., Дикий О. В., Валінкевич Н. В., Малихіна О. М., Іщенко Т. М. Процесно-структурні трансформації як пріоритетний вектор розвитку інноваційної платформи будівельного девелопмента. Управління розвитком складних систем, 2021. № 48. С. 114 – 124, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.114-124](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.114-124).
17. Кушнір О., Чаплінський В. Стан розвитку будівельної галузі Хмельницької області. Молодий вчений, 2019. 11 (75), 526–533.
18. Христенко О.В., Боев М.І. Управління впровадженням інноваційних технологій на будівельних підприємствах. Економіка і регіон : наук. вісн. Полт.НТУ ім. Юрія Кондратюка, 2017. Вип. 6 (67). С. 118 – 124.
19. Норкіна Т. П., Скарбун З. О. Удосконалення управління інноваційним розвитком підприємств будівельної галузі. Економіка будівництва і міського господарства. 2013. т. 9, № 1. С. 55 – 62. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebimg_2013_9_1_9
20. Дріль Н. В., Торкатюк В. І., Хорошко І. О., Железнякова І. Л. Железнякова, Чорноморденко Т. В., Кухтін К.В. Напрямки інноваційного процесу в будівництві України. Синергетичні аспекти формування економічних параметрів будівельних структур в умовах ринку, 2011. Режим доступу : <https://core.ac.uk/download/pdf/11335231.pdf>
21. Інноваційні процеси в змішаній економіці : монографія у 2-х т. / під ред. В. Г. Федоренка, Н. П. Денисенко. К. :Пік ДСЗУ, 2008. Т.1. 194 с.
22. Русіно М. І. Теоретико-методичні підходи до визначення потенціалу інноваційного розвитку будівельних підприємств. Економіка і організація управління. 2014. Вип. 3–4. С. 221–225.
23. Беленкова О.Ю. Система методів управління розвитком будівельного підприємства. Економіка та держава. 2007. № 9. С. 38–42.
24. Капліна А.С. Поняття «розвиток» у категоріальному апараті теорії розвитку. Економіка. Менеджмент. Підприємництво. 2012. № 24(II). С. 57–63.
25. Зельцер Р.Я., Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва. – 2018. 206 с.
26. Захарченко Н. В. Перспективи розвитку дизайн мислення в управлінні бізнесом та інноваціями. Академічний огляд: Економіка та підприємництво. 2022. 1(56). С. 53–63.

Referenses

1. Zakon Ukrainy «Pro investytsiynu diialnist» vid 18.09.1991 r. № 1561-12 (z chynnytu zminamy ta dopovnenniamy) [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://zakon.rada.gov.ua>
2. Zakon Ukrainy «Pro innovatsiynu diialnist» vid 04.07.2002 r. № 40-IV (z chynnytu zminamy ta dopovnenniamy) [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://zakon.rada.gov.ua>
3. Schumpeter, Joseph A.; Opie, Redvers (1983) [1934]. *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital,*

- credit, interest, and the business cycle. New Brunswick, New Jersey: Transaction Books. ISBN 978-0878556984.
4. Radkevych A. V., Arutunian I. A., Saikov D. V. *Optymizatsiia orhanizatsiinykh protsesiv budivelnogo vyrobnytstva yak formotvorcha skladova konkurentospromozhnosti pidriadnykh pidpriemstv. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 2018. № 35. S. 64 – 73.
 5. Chumak O.V. *Sotsialno-filosofskyi analiz poniattia «innovatsiia» ta «innovatsiina diialnist»*. Rezhym dostupu: http://www.zgia.zp.ua/gazeta/VISnIK_36_14.pdf.
 6. Shpykuliak O.H., Mazur H.F. *Innovatsiina diialnist u mekhanizmi stymuliuvannia ahropromysloвого vyrobnytstva. Zbirnyk naukovykh prats Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnogo universytetu (ekonomichni nauky)*. 2014. № 4. S. 73–77.
 7. Prykhodko D. O., Dykyi O. V., Malykhina O. M., Valinkevych N. V., Ishchenko T. M., Savchuk T. V. *Ekonomiko-instytutsionalni aspekty formuvannia portfelia developera: zmina paradyhmy y innovatsiini rishennia upravlinnia. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 2021. № 47. S. 119 – 129.
 8. *Kerivnytstvo Oslo. Rekomendatsii shchodo zboru ta analizu danykh shchodo innovatsii*. 3-e vyd., Spilna publikatsiia OESR ta Yevrostatu. HU "Tsentr doslidzhen ta statystyky nauky", 2010. 107 s.
 9. Tarasova O.V. *Teoretyko-metodolohichni osnovy innovatsiinoi diialnosti pidpriemstv. Ekonomika kharchovoi promyslovosti*. 2012. № 1. S. 37–41.
 10. Mykytiuk P. *Analiz innovatsiinoi diialnosti na pidpriemstvakh budivelni haluzi. Ekonomichni analiz*. 2011. Vyp. 9. S. 202–205.
 11. Chorna M. V., Hluchova S. V. *Otsinka efektyvnosti innovatsiinoi diialnosti pidpriemstv : monohrafiia*. Kharkiv : KhDUKhT, 2012. 210 s.
 12. Zianko V. V., Yepifanova I. Yu., Zianko V. V. *Innovatsiina diialnist pidpriemstv ta yii finansove zabezpechennia v umovakh transformatsiinykh zmin ekonomiky Ukrainy : monohrafiia*. Vinnytsia: VNTU, 2015. 168 s.
 13. Vatchenko O. B., Vatchenko B. S., Cherevko O. L. *Innovatsiinyi rozvytok pidpriemstva : navch. posibnyk*. Dnipro : Aktsent PP, 2017. 404 s..
 14. *Marketynh. Menedzhment. Innovatsii : monohrafiia / za red. d. e. n., prof. S. M. Illiashenka*. Sumy: Papirus, 2010. 621 s.
 15. Zghalat-Lozynska L., Lych V. *Aktualni problemy stratehichnogo upravlinskoho obliku vytrat v systemi innovatsiinoho rozvytku pidpriemstv. Ekonomika ta suspilstvo*, 2022. (46). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-46-72>
 16. Prykhodko D. O., Zhaldak R. Yu., Dykyi O. V., Valinkevych N. V., Malykhina O. M., Ishchenko T. M. *Protsešno-strukturni transformatsii yak priorytetnyi vektor rozvytku innovatsiinoi platformy budivelnogo developmenta. Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, 2021. № 48. S. 114 – 124, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.114-124](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.48.114-124).
 17. Kushmir O., Chaplinskyi V. *Stan rozvytku budivelni haluzi Khmelnytskoi oblasti. Molodyi vchenyi*, 2019. 11 (75), 526–533.
 18. Khrystenko O.V., Boiev M.I. *Upravlinnia vprovadzheniam innovatsiinykh tekhnolohii na budivelnnykh pidpriemstvakh. Ekonomika i rehion : nauk. visn. Polt.NTU im. Yurii Kondratiuka*, 2017. Vyp. 6 (67). S. 118 – 124.
 19. Norkina T. P., Skarbun Z. O. *Udoskonalennia upravlinnia innovatsiinykh rozvytkom pidpriemstv budivelni haluzi. Ekonomika budivnytstva i miskoho hospodarstva*. 2013. t. 9, № 1. S. 55 – 62. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebimg_2013_9_1_9
 20. Dril N. V., Torkatiuk V. I., Khoroshko I. O., Zhelezniakova I. L. Zhelezniakova, Chornomordenko T. V., Kukhtin K.V. *Napriamky innovatsiinoho protsesu v budivnytstvi Ukrainy. Synerhetychni aspekty formuvannia ekonomichnykh parametru budivelnnykh struktur v umovakh rynku*, 2011. Rezhym dostupu : <https://core.ac.uk/download/pdf/11335231.pdf>
 21. *Innovatsiini protsesy v zmishanii ekonomitsi : monohrafiia u 2-kh t. / pid red. V. H. Fedorenka, N. P. Denysenko*. K. :Pik DSZU, 2008. T.1. 194 s.
 22. Rusinko M. I. *Teoretyko-metodychni pidkhody do vyznachennia potentsialu innovatsiinoho rozvytku budivelnnykh pidpriemstv. Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia*. 2014. Vyp. 3–4. S. 221–225.
 23. Bieliukova O.Iu. *Systema metodiv upravlinnia rozvytkom budivelnogo pidpriemstva. Ekonomika ta derzhava*. 2007. № 9. S. 38–42.
 24. Kaplina A.S. *Poniattia «rozvytok» u katehorialnomu aparati teorii rozvytku. Ekonomika. Menedzhment. Pidpriemnytstvo*. 2012. № 24(II). S. 57–63.
 25. Zeltser R.Ia., *Innovatsiini modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnolohichnykh protsesiv budivelnogo vyrobnytstva*. 2018. 206 s.
 26. Zakharchenko N. V. *Perspektyvy rozvytku dizain myslennia v upravlinni biznesom ta innovatsiiamy. Akademichniy ohliad: Ekonomika ta pidpriemnytstvo*. 2022. 1(56). S. 53–63.

O.D. Halunka, Postgraduate student

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS OF THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITIES OF CONSTRUCTION ENTERPRISES: SECTORAL DIMENSION

Abstract. *The construction industry is a dynamic and complex sector that involves many stakeholders working in tandem to deliver projects that are essential to the growth and development of society. Innovations in technologies, materials, processes and management practices are increasingly becoming catalysts for structural and functional transformations in relationships between participants in invest-*

ment and construction projects. Since innovations serve as an impetus for structural transformations, changing traditional roles, improving cooperation and stimulating efficiency and sustainability in the construction sector, the actual direction of research is to identify theoretical prerequisites and provide practical recommendations to construction participants to stimulate innovative activities.

It was found that the theoretical basis of approaches for research are the works of Ukrainian and foreign scientists who consider innovations within the framework of conceptual approaches, in which innovative activity is considered through the system of coordinates "phenomenon-quality", "process-result", "adaptation-goal" or "system-synergy"

It is proposed to consider the innovative development of the enterprise as the process of the operation of the enterprise, which is oriented towards the use and implementation of various forms of innovation in the operational, financial and investment activities of the enterprise in order to increase profitability and competitiveness, and to interpret the innovative activity of the participants of the investment and construction project as a process of operation and development of the enterprise, which focused on the use and implementation of various forms of innovation in operational, financial and investment activities, aimed at new qualitative transformations of construction products, processes and systems of the enterprise or the introduction of innovations in organizational and technological processes, technologies, work methods, promotion on the market, improvement of interaction with by other construction participants and stakeholders within the investment construction project and the target indicators of which can be both an increase in the economic efficiency of individual project participants and qualitative transformations of the organizational and technological relationships of the project participants, leading to the improvement of the parameters of the construction objects or investment project.

A step-by-step methodical approach is proposed for development enterprises in order to promote innovative activities of participants in investment and construction projects.

Keywords: innovation, digitalization, design, redesign, reengineering, sustainable development, environmental friendliness, social responsibility, enterprises, developers, designers, contractors, suppliers, stakeholders, processes, products, marketing activity, organizational structures, transformations, innovation, construction.

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

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ПОДОЛАННЯ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ УЧАСНИКІВ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ МУЛЬТИПРОЕКТНОГО СЕРЕДОВИЩА

Анотація. У цій статті розглядається потенціал цифровізації як стратегічного рішення для подолання викликів і загроз, з якими стикаються учасники будівництва в мультипроектному середовищі.

Будівельна діяльність за своєю суттю є складною, часто характеризується одночасним управлінням декількома проектами, кожен зі своїми особливостями та проблемами. У мультипроектному середовищі такі учасники, як проєктувальники, девелопери та підрядники, стикаються зі значними перешкодами, включаючи конфлікти розподілу ресурсів, комунікаційні бар'єри, неефективність і підвищений ризик затримок і перевитрат. Поява цифрових технологій пропонує трансформаційний підхід до вирішення цих проблем, уможливаючи ефективніше управління та координацію між багатьма проєктами.

Основна мета цієї статті полягає в тому, щоб дослідити, як цифрові інструменти та технології можуть пом'якшити конкретні проблеми, що виникають у різних учасників під час будівництва кількох проєктів. Аналізуючи ключові проблемні моменти, такі як конфлікти планування, неправильне спілкування, складність керування даними та труднощі з керуванням ризиками, стаття висвітлює критичні сфери, де цифровізація може мати значний вплив.

Однією з найактуальніших проблем у багатопроєктному середовищі є ефективний розподіл і планування ресурсів. Традиційні підходи до управління часто не справляються з розкладами, що збігаються, і конкуруючими пріоритетами, що призводить до затримок і неефективності. Цифрові інструменти, такі як інформаційне моделювання будівель (BIM) та інформаційні системи управління проєктами (PMIS), пропонують інтегровані платформи, які сприяють безперервній координації та оновленням у реальному часі. Ці системи забезпечують централізовані сховища даних і складні алгоритми планування, які покращують процес прийняття рішень і зменшують вірогідність конфліктів.

Комунікаційні бар'єри становлять ще одну серйозну проблему в багатопроєктних середовищах, яка може призвести до непорозумінь, помилок і затримок, що негативно вплине на терміни та результати проєкту. Цифрові комунікаційні платформи, включаючи обмін миттєвими повідомленнями, відеоконференції та програмне забезпечення для спільної роботи, покращують спілкування в режимі реального часу та забезпечують узгодженість усіх зацікавлених сторін. Ці платформи забезпечують швидкий обмін важливою інформацією та сприяють створенню середовища для спільної роботи, яке є необхідним для одночасного керування кількома проєктами.

Забезпечення доступу всіх зацікавлених сторін до точної та актуальної інформації має вирішальне значення для ефективного прийняття рішень. Цифровізація вирішує цю проблему, надаючи розширені можливості керування даними та аналітики. Аналітика великих даних і штучний інтелект можуть аналізувати великі набори даних, щоб прогнозувати потенційні проблеми та оптимізувати розподіл ресурсів. Ці технології допомагають визначати тенденції, прогнозувати результати проєкту та сприяти прийняттю обґрунтованих рішень, що зрештою підвищує ефективність і результативність проєкту.

Управління ризиками є особливо складним у багатопроєктному середовищі через підвищену складність і взаємозалежність. Інструменти цифрового управління ризиками пропонують основу для виявлення, оцінки та пом'якшення ризиків у різних проєктах. Ці інструменти забезпечують аналіз сценаріїв, відстеження ризиків і автоматичні сповіщення, забезпечуючи проактивне управління ризиками та знижуючи ймовірність збою проєкту.

Ключові слова: будівництво, організація будівництва, стейкхолдери будівництва, мультипроектне середовище, учасники будівництва, цифрове середовище, BIM-моделі, цифровізація, організаційно-технологічні процеси будівництва.

Постановка проблеми

Дослідження мультипроектного середовища як основи для цифрової трансформації організаційних і технологічних процесів у будівництві має кілька стратегічних напрямків, серед яких виділяється необхідність подолання існуючих викликів і загроз для підрядних підприємств, девелоперських компаній та проєктних організацій. Існує значний транс-

формаційний потенціал і практичні наслідки інтеграції цифрових технологій в діяльність учасників будівництва, особливо якщо кожен із них здійснює одночасне управління або приймає участь у кількох будівельних проєктах.

Кількапроектне середовище потребує розширених можливостей координації та інтеграції, які значно покращуються цифровими технологіями.

Цифрові інструменти, такі як інформаційне моделювання будівель (BIM), програмне забезпечення для управління проектами та платформи для співпраці, сприяють безперервному спілкуванню та обміну даними між різними проектними командами та зацікавленими сторонами. Ця інтеграція зменшує фрагментацію проекту, зводить до мінімуму помилки та гарантує, що всі учасники узгоджені з цілями та графіком проекту.

Переваги цифровізації в будівельній галузі численні. Підвищення ефективності завдяки автоматизації та оптимізованим процесам зменшує ручні помилки та підвищує продуктивність. Розширена співпраця завдяки цифровим платформам забезпечує кращу координацію між зацікавленими сторонами проекту. Оптимізований розподіл ресурсів і зменшення затримок призводять до значної економії коштів. Моніторинг у реальному часі та безперервні оновлення допомагають підтримувати проекти в межах бюджету.

Однак перехід до цифровізації не позбавлений проблем. Початкові інвестиції в цифрові рішення можуть бути значними, і існує потреба в навчанні, щоб забезпечити ефективне використання цих інструментів. Крім того, підвищена залежність від цифрових систем вимагає надійних заходів кібербезпеки для захисту конфіденційних проектних даних.

Щоб успішно запровадити оцифрування в багатопроєктному середовищі, будівельні фірми повинні прийняти комплексні цифрові системи управління проектами, які об'єднують різні аспекти планування, виконання та моніторингу проекту. Інвестиції в навчальні програми для сприяння цифровій культурі та розробка надійної політики кібербезпеки є ключовими кроками в цій трансформації. Пілотні програми можуть допомогти перевірити ефективність цифрових інструментів перед повномасштабним впровадженням, дозволяючи вносити коригування та вдосконалення.

Цифровізація є перспективним рішенням для подолання викликів і загроз, з якими стикаються учасники будівництва, тому тема статті є актуальною та потребує подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Цифрову трансформацію процесів організації та управління будівництвом досліджували у своїх працях ряд вчених, серед яких можна виділити роботи Ю. Туровця [1], А. Кінебера, А. Оке, Й. Аліу, М. Намед, Е. Опуту [2], С. Стеценка, Н. Болілої, О. Демяненка [3, 4, 5], О. Тугая, П. Григоровського [6, 7], Р. Зельцера [8, 9], І. Кирилова [10], А. Гойка, Л. Сорокіної, Л. Шумак [11, 12, 25], О. Беленкової [13-15], Т. Цифри, Т. Гончаренко, Ю. Чуприни [16-17] Г. Рижакіної, Ю. Х. Чуприни [18-19], А. Островського, Н. Соколової [20], А. Касич, К. Соколовської [21], М. Климчук, В. Титок, О. Поляк [22], І. Поповиченко [23], І. Крисоватого [24].

Але оскільки існують свої особливості впровадження цифрових технологій в діяльність різних учасників будівництва, то є необхідність більш детального дослідження перешкод і механізмів впровадження цифрових технологій кожним із трох основних учасників, а саме підрядником, проектувальником і замовником (девелопером) на рівні організації та адміністрування будівельними проектами.

Метою статті є розробка теоретико-методичних і практичних рекомендацій щодо подолання викликів та загроз реалізації основної діяльності головних учасників будівництва, які можна усунути або зменшити шляхом цифровізації організаційно-технологічних та адміністративно-управлінських процесів будівництва.

Виклад основного матеріалу дослідження

Цифрова трансформація в умовах кількох проектів призводить до суттєвого підвищення ефективності та продуктивності. Автоматизовані робочі процеси, аналіз даних у реальному часі та прогнозне моделювання дозволяють будівельним підприємствам оптимізувати розподіл ресурсів, оптимізувати процеси та скоротити тривалість проекту. Можливість одночасного моніторингу кількох проектів і динамічного коригування стратегій покращує загальну ефективність проекту та забезпечує своєчасну реалізацію.

Впровадження цифрових технологій у мультипроектному середовищі підтримує процеси прийняття рішень на основі даних. Величезні обсяги даних, отриманих у ході різних проектів, можна проаналізувати, щоб отримати корисну інформацію, визначити тенденції та спрогнозувати потенційні проблеми. Цей підхід, орієнтований на дані, дозволяє керівникам проектів і зацікавленим сторонам приймати обґрунтовані рішення, зменшувати ризики та використовувати можливості, що в кінцевому підсумку призводить до більш успішних результатів проекту.

Кількапроектне середовище, оснащене цифровими інструментами, пропонує масштабованість і гнучкість, яких бракує традиційним методам. Цифрові платформи можуть легко враховувати різноманітні масштаби та складність різних проектів, дозволяючи будівельним підприємствам керувати великими портфелями з різноманітними вимогами. Ця адаптивність має вирішальне значення для реагування на мінливі вимоги ринку, потреби клієнтів і нормативні умови.

Цифрова трансформація сприяє розширенню співпраці та залученню зацікавлених сторін. Платформи для спільної роботи та інструменти цифрового спілкування забезпечують взаємодію в реальному часі між проектними командами, клієнтами та зовнішніми партнерами. Цей підвищений рівень залучення гарантує активну участь усіх сторін у життєвому циклі проекту, що призводить до кращого узгодження, більшої задоволеності та успішнішого виконання проекту.

Виклики, з якими стикаються проектувальники обумовлені особливостями проектною діяльності у будівництві і включають у себе необхідність розподілу обмежених ресурсів та управління ними, постійна координація та спілкування з замовниками, підрядними підприємствами, постачальниками матеріально-технічних ресурсів (рис.1).

Розподіл ресурсів і управління ними в межах декількох проектів стає актуальним, оскільки проектувальники часто виконують декілька проектів одночасно. Зосередження ресурсів на більш важливих проектах може створити напруження із реалізацією інших та призвести до неефективного управління.

Координація з іншими зацікавленими сторонами, ефективна комунікація та співпраця насамперед з девелоперами та підрядниками мають вирішальне

значення, але у разі низького рівня цифровізації однієї із сторін, часто викликають труднощі.

Необхідність підтримання якості та інновацій вимагає від проектного підприємства збалансувати креативність із практичними обмеженнями у програмному забезпеченні, навичках та іншому, зберігаючи при цьому високі стандарти якості в усіх проєктах.

Механізмами забезпечення цифрового розвитку для проектних підприємств є:

1. Впровадження програмного забезпечення для керування проєктуванням: використання таких інструментів, як AutoCAD, Revit і BIM, може оптимізувати процес проєктування і будівництва, забезпечуючи ефективне керування кількома проєктами. Ці інструменти полегшують кращу візуалізацію, координацію та документування, підвищуючи загальну продуктивність проектного підприємства як учасника будівельного процесу.

2. Удосконалення системи керування ресурсами, наприклад впровадження та активного використання програмного забезпечення для керування

ресурсами, такого як Project, Trello або Monday, допомагає відстежувати та ефективно розподіляти ресурси. Ці інструменти надають інформацію про доступність і використання ресурсів у реальному часі, забезпечуючи їх оптимальний розподіл.

3. Регулярні зустрічі усіх виконавців для координації і співпраці з іншими проєктувальниками, замовниками та підрядниками, що здійснюють реалізацію проєкту, сприяють кращій координації, мають бути зосереджені на узгодженні цілей проєкту, вирішенні питань проектного і організаційно-технологічного характеру та забезпеченні того, щоб усі зацікавлені сторони працювали в єдиному напрямку.

4. Інвестиції в безперервний професійний розвиток команд гарантують, що вони залишаються в курсі останніх тенденцій проєктування, будівництва, технологій, дизайну та іншого передового досвіду. Такий підхід не тільки покращує їхні навички, але й сприяє інноваціям та якості.

Виклики, з якими стикаються девелоперські компанії, обумовлені необхідністю розподілу фінан-




<i>Виклики</i>		<i>Механізми подолання</i>
<p>Проєктувальники необхідність розподілу обмежених ресурсів та управління ними, постійна координація та спілкування з замовниками, підрядними підприємствами, постачальниками матеріально-технічних ресурсів</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Впровадження програмного забезпечення для керування проєктуванням: використання таких інструментів, як AutoCAD, Revit і BIM. 2. Удосконалення системи керування ресурсами, наприклад впровадження та активного використання програмного забезпечення для керування ресурсами, такого як Project, Trello або Monday, допомагає відстежувати та ефективно розподіляти ресурси. 3. Регулярні зустрічі усіх виконавців для координації і співпраці з іншими проєктувальниками, замовниками та підрядниками, що здійснюють реалізацію проєкту, сприяють кращій координації, мають бути зосереджені на узгодженні цілей проєкту, вирішенні питань проектного і організаційно-технологічного характеру. 4. Інвестиції в безперервний професійний розвиток гарантують, що працівники залишаються в курсі останніх тенденцій проєктування, будівництва, технологій, дизайну та іншого передового досвіду. Такий підхід не тільки покращує їхні навички, але й сприяє інноваціям та якості.
<p>Девелопери Виклики, з якими стикаються девелоперські компанії, обумовлені необхідністю розподілу фінансово-грошових потоків між різними проєктами, які реалізуються, управління ризиками, термінами та якістю будівництва, а також просування проєктів на ринку.</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Застосування програмного забезпечення для керування проєктами (Primavera P6, Microsoft Project і Procore), дозволяють ефективно планувати, виконувати та контролювати численні проєкти, впровадження ПЗ для фінансового менеджменту (SAP, Oracle Financials), допомагає відстежувати витрати проєкту, керувати бюджетами та прогнозувати фінансові потреби. 2. Створення надійної структури управління ризиками передбачає виявлення потенційних ризиків, оцінку їх впливу та розробку стратегій пом'якшення. 3. Інтегрована реалізація проєкту заохочує співпрацю між усіма зацікавленими сторонами з самого початку проєкту і на протязі життєвого циклу об'єкту.
<p>Підрядники необхідність постійної координації ресурсів та дій інших виконавців будівельних робіт</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Програмне забезпечення для управління будівництвом: такі інструменти, як Procore, Buildertrend і PlanGrid, планування, розподіл ресурсів і відстеження прогресу. 2. Впровадження систем управління якістю (QMS), таких як ISO 9001, допомагає стандартизувати процеси та забезпечити постійну якість у всіх проєктах. 3. Використання мобільних технологій та пристроїв Інтернету речей дозволяє здійснювати моніторинг будівельних майданчиків у режимі реального часу, покращуючи зв'язок і збір даних.

Рис.1. Цифрові виклики і механізми їх подолання для головних учасників будівельного процесу

сово-грошових потоків між різними проектами, які реалізуються, управління ризиками, термінами та якістю будівництва, а також просування проектів на ринку.

Фінансування проектів та управління бюджетом у разі виконання кількох проектів може бути складним і пов'язане з ризиком перевитрати коштів і неправильного розподілу бюджету. Виявлення, оцінка та пом'якшення ризиків у багатопроектному середовищі є більш складним через взаємопов'язаний характер проектів.

Забезпечення своєчасного виконання проекту, узгодження графіків і забезпечення виконання всіх проектів за графіком вимагає ретельного планування та моніторингу.

Механізмами забезпечення цифрового розвитку для девелоперів є:

1. Застосування програмного забезпечення для керування проектами: такі інструменти, як Primavera P6, Microsoft Project і Procore, дозволяють розробникам ефективно планувати, виконувати та контролювати численні проекти. Ці інструменти пропонують комплексні функції для планування, бюджетування та управління ризиками, покращуючи загальний контроль над проектом, а також впровадження програмного забезпечення для фінансового менеджменту, такого як SAP або Oracle Financials, допомагає відстежувати витрати проекту, керувати бюджетами та прогнозувати фінансові потреби. Ці системи надають фінансові дані в реальному часі, допомагаючи краще приймати рішення та фінансовий контроль.

2. Створення надійної структури управління ризиками передбачає виявлення потенційних ризиків, оцінку їх впливу та розробку стратегій пом'якшення. Регулярні оцінки ризиків і сесії планування сценаріїв можуть допомогти передбачити ризики та завчасно усунути їх.

3. Інтегрована реалізація проекту заохочує співпрацю між усіма зацікавленими сторонами з самого початку проекту і на протязі життєвого циклу об'єкту. Цей метод узгоджує інтереси проектувальників, девелоперів і підрядників, сприяючи спільній відповідальності та зменшуючи конфлікти.

Виклики, з якими стикаються підрядники полягають у необхідності постійної координації ресурсів та дій інших виконавців будівельних робіт.

Необхідність координації ресурсів, управління робочою силою, матеріалами та обладнанням у кількох проектах може призвести до конфліктів і неефективності.

Контроль якості та відповідності вимогам, забезпечення відповідності всіх проектів стандартам якості та нормативним вимогам є серйозною проблемою.

Ефективна комунікація з проектними підприємствами та девелоперськими компаніями та ведення точної проектної документації є критичними для ефективного, вчасного зведення об'єктів в рамках

бюджету та вимог до якості, але часто проблематичними.

Механізмами забезпечення цифрового розвитку для підрядників є:

4. Програмне забезпечення для управління будівництвом: такі інструменти, як Procore, Buildertrend і PlanGrid, сприяють ефективному управлінню будівельними діями, включаючи планування, розподіл ресурсів і відстеження прогресу. Ці платформи покращують видимість і координацію між кількома проектами.

5. Впровадження систем управління якістю (QMS), таких як ISO 9001, допомагає стандартизувати процеси та забезпечити постійну якість у всіх проектах. Необхідно проводити регулярні аудити та інспекції для підтримки високих стандартів якості та відповідності відповідності нормативним актам.

6. Використання мобільних технологій та пристроїв Інтернету речей дозволяє здійснювати моніторинг будівельних майданчиків у режимі реального часу, покращуючи зв'язок і збір даних. Наприклад, датчики IoT можуть відстежувати використання обладнання та умови навколишнього середовища, надаючи цінну інформацію для прийняття рішень.

Безперервні програми навчання для будівельників щодо новітніх будівельних технологій, протоколів безпеки та стандартів якості, так само як і для проектних підприємств є важливими. Ці програми не тільки підвищують кваліфікацію працівників, але й забезпечують дотримання вимог безпеки та якості. Висновки та перспективи подальших досліджень. Подолання викликів і загроз у багатопроектному середовищі в будівництві вимагає спільного та комплексного підходу між проектувальниками, розробниками та підрядниками. Застосовуючи цифрові інструменти та технології, запроваджуючи надійні системи управління та сприяючи безперервному спілкуванню та навчанню, ці зацікавлені сторони можуть підвищити ефективність, якість і виконання проектів. Механізми, які обговорюються в цьому есе, забезпечують комплексну основу для вирішення конкретних проблем, з якими стикається кожен учасник, що зрештою призводить до більш успішного та гармонійного багатопроектного середовища.

Незважаючи на значні переваги, перехід до цифрового багатопроектного середовища не без труднощів. Необхідно вирішити такі питання, як стійкість до змін, сумісність цифрових інструментів і необхідність постійного навчання та розвитку. Дослідження підкреслює важливість стратегічного планування, відданості керівництва та поетапного підходу до впровадження цифрових технологій. Запроваджуючи комплексні навчальні програми, розвиваючи культуру інновацій та забезпечуючи сумісність цифрових систем, проектні, будівельні та девелоперські підприємства можуть подолати ці бар'єри та досягти успішної цифрової трансформації.

Література

1. Туровець Ю. Цифровізація надання адміністративних послуг у сфері будівництва *University Scientific Notes*. 2021. №. 1 (79). С. 91-99.
2. Kineber, A.F.; Oke, A.; Aliu, J.; Hamed, M.M.; Oputu, E. Exploring the Adoption of Cyber (Digital) Technology for Sustainable Construction: A Structural Equation Modeling of Critical Success Factors. *Sustainability* 2023, 15, 5043. <https://doi.org/10.3390/su15065043>
3. Stetsenko, S.P. et al. Management of adaptation of organizational and economic mechanisms of construction to increasing impact of digital technologies on the national economy. *Rev. Glob. Econ.* 2020, 9, 149–164.
4. Stetsenko S. et al. CALS model for forming the anti-crisis potential of construction enterprises. *Scientific Journal of Astana IT University*. 2020. №4. 49-57
5. Demianenko O. O., Stetsenko S. P., Bogatyuk D. V. Реінжиніринг системи організаційно-економічного управління учасників будівництва на засадах цифровізації. *Ways to Improve Construction Efficiency*. 2022. Т. 2. №. 50. С. 303-313.
6. Tugai, O.A. et al. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph Lviv-Toru : Liha-Pres. 2019. 133 p.
7. Tugay, O.A. et al (2019). Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. *Nauka i innovatsii*, vol. 15(4), 23-32
8. Zeltser, R. et al (2019). Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. *Nauka i innovatsii*, vol. 15(5), 39-51
9. Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.
10. Кирилов І. О. Цифровізація як основа забезпечення надійності девелоперських компаній. Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліково-фінансовий та управлінський аспекти: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 22-23 березня 2022 р. Ч. 2. Львів: ЛНУП, 2022. С.178-179.
11. 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.
12. Гойко А. Ф., Сорокіна Л. В., Скакун В. А. Управління бізнеспроцесами як важливий чинник підвищення якості продукції будівництва. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2018. С. 150-158.
13. Bielenkova, 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
14. 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.
15. Беленкова О.Ю. Цифрова трансформація будівництва: механізм взаємодії бізнесу, науки, держави. *Будівельне виробництво*. 2019. 66. С. 30–36.
16. Honcharenko, T., Chupryna, Y., Ivakhnenko I., Tsyfra, T., Zinchenco, M. (2020) Reengineering of the Construction Companies Based on BIM-technology // *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 2020, volume 8.№8, <http://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter22882020.pdf>
17. 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.
18. Ryzhakova, G. (2013). Alternative analytical tools for ensuring the economic security of state investment in construction projects. *Management of development of complex systems*, 16, 203-208
19. Trach, Roman, Ryzhakova, Galyna, Kryzhanovskiy, Viktor. (2017). Information modeling and integrated management of the construction projects as the basis for innovative development of construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems*, 31, 173–178.
20. Островський І. А., Соколова Н. К. Цифровізація будівельної галузі як світовий тренд// Актуальні питання розвитку світової економіки та міжнародного співробітництва, 2022. № 1. С. 22-24..
21. Касич А. О., Соколовська К. В. Перспективи цифровізації діяльності підприємств будівельної галузі. Наукові дослідження: парадигма інноваційного розвитку: збірник тез наукових праць XII Міжнародної наукової конференції /ГО «Міжнародний науковий центр розвитку науки та технологій». Прага, 2022. С. 25-27..
22. Климчук М. М., Титок В. В., Поляк О. П. Система управління ризиками підприємства: цифровізація, фінансування, інновації *Topical issues of practice and science*. 2021. Т. 26. С. 120..
23. Поповиченко І. В. Цифровізація регулювання архітектурного та містобудівного бізнесу: сучасний стан в Україні та досвід ЕС EDITORIAL BOARD. 2022. С. 23.
24. Krysovatyu I. A. Особливості розвитку урбаністики: цифровізація та трансформаційні зміни. *Journal of Strategic Economic Research*. 2023. №. 6. С. 90-98.
25. Пцумак Л. В., Сорокіна Л. В. Цифровізація як нова реальність в області проектування та будівництва в Україні. Нові запити та можливості. Матеріали III Міжнародного форуму науковців та дослідників «SCIENCE AND STUDY». 2021. Т. 1. С. 72-79.

References

1. Turovets Yu. (2021) *Tsyfrovizatsiia nadannia administratyvnykh posluh u sferi budivnytstva University Scientific Notes*. №. 1 (79). S. 91-99.
2. Kineber, A.F.; Oke, A.; Aliu, J.; Hamed, M.M.; Oputu, E. (2023) *Exploring the Adoption of Cyber (Digital) Technology for*

- Sustainable Construction: A Structural Equation Modeling of Critical Success Factors. Sustainability, 15, 5043. <https://doi.org/10.3390/su15065043>*
3. Stetsenko, S.P. et al. (2020) Management of adaptation of organizational and economic mechanisms of construction to increasing impact of digital technologies on the national economy. *Rev. Glob. Econ, 9, 149–164.*
 4. Stetsenko S. et al. (2020) CALS model for forming the anti-crisis potential of construction enterprises. *Scientific Journal of Astana IT University, 2020. №4. 49-57*
 5. Demianenko O. O., Stetsenko S. P., Bogatyuk D. V. (2022) *Reinzhyrnyrn systemy orhanizatsiino-ekonomichnoho upravlinnia uchashnykiv budivnytstva na zasadakh tsyfrovizatsii. Ways to Improve Construction Efficiency. T. 2. №. 50. S. 303-313.*
 6. Tugai, O.A. et al. (2019) Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry: collective monograph Lviv-Toru : Liha-Pres.
 7. Tugay, O.A. et al (2019). Organization of Supervision over Construction Works Using Uavs and Special Software. *Nauka i innovatsii, vol. 15(4), 23-32*
 8. Zeltser, R. et al (2019). Digital Transformation of Resource Logistics and Organizational and Structural Support of Construction. *Nauka i innovatsii, vol. 15(5), 39-51*
 9. Zeltser R.Ia. (2018) Innovatsiini modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnolohichnykh protsesiv budivelnogo vyrobnytstva: monohrafiia. Kyiv: «MP Lesia».
 10. Kyrylov I. O. (2022) Tsyfrovizatsiia yak osnova zabezpechennia nadiinosti developerskykh kompanii. Aktualni problemy suchasnogo biznesu: oblikovo-finansovyi ta upravlinskyi aspekty: materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii, 22-23 bereznia 2022 r. Ch. 2. Lviv: LNUP, 2022. Pp.178-179.
 11. Ekonometrychnyi instrumentarii upravlinnia finansovoiu bezpekoiu budivelnogo pidpriemstva: monohrafiia / za nauk. red. prof. L.V. Sorokinai, prof. A.F. Hoika. Kyiv: Kyivskyi natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury.
 12. Hoiko A. F., Sorokina L. V., Skakun V. A. (2018) Upravlinnia biznesprotsesamy yak vazhlyvyi chynnnyk pidvyshchennia yakosti produktii budivnytstva. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn. P. 150-158.
 13. Bielienskova, O. et al. (2022) Improving the Organization and Financing of Construction Project by Means of Digitalization. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. P. 108-115*
 14. Belenkova, O. Yu. (2022) 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, 81, 13–22.*
 15. Bielienskova O.Iu. (2019) Tsyfrova transformatsiia budivnytstva: mekhanizm vzaiemodii biznesu, nauky, derzhavy. *Budivnele vyrobnytstvo. 2019. P. 30–36.*
 16. Honcharenko, T., Chupryna, Y., Ivakhnenko I., Tsyfra, T., Zinchenco, M. (2020) Reengineering of the Construction Companies Based on BIM-technology // *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, 2020, volume 8.№8, <http://www.warse.org/IJETER/static/pdf/file/ijeter22882020.pdf>*
 17. Tsyfra T.Yu. (2021) 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. 47 (2). P. 168-180.*
 18. Ryzhakova, G. (2013). Alternative analytical tools for ensuring the economic security of state investment in construction projects. *Management of development of complex systems, 16, 203-208*
 19. Trach, R., Ruzhakova, G., Kryzhanovsky, V. (2017). Information modeling and integrated management of the construction projects as the basis for innovative development of construction enterprise. *Management of Development of Complex Systems, 31, 173–178.*
 20. Ostrovskiy I. A., Sokolova N. K. (2022) Tsyfrovizatsiia budivelnoi haluzi yak svitovyi trend// Aktualni pytannia rozvytku svitovoi ekonomiky ta mizhnarodnoho spivrobotnytstva, 1. Pp. 22-24..
 21. Kasykh A. O., Sokolovska K. V. (2022) Perspektivy tsyfrovizatsii diialnosti pidpriemstv budivelnoi haluzi. *Naukovi doslidzhennia: paradyhma innovatsiinoho rozvytku: zbirnyk tez naukovykh prats XII Mizhnarodnoi naukovo konferentsii /HO «Mizhnarodnyi naukovyi tsentr rozvytku nauky ta tekhnolohii». Praha, 2022. Pp. 25-27.*
 22. Klymchuk M. M., Tytok V. V., Poliak O. P. (2021) Systema upravlinnia ryzykamy pidpriemstva: tsyfrovizatsiia, finansuvannia, innovatsii *Topical issues of practice and science. T. 26. Pp. 120.*
 23. Popovychenko I. V. (2022) Tsyfrovizatsiia rehuliuвання arkhitekturnoho ta mistobudivnoho biznesu: suchasnyi stan v ukraini ta dosvid YeS Editorial board. 2022. P. 23.
 24. Krysovaty I. A. (2023) Osoblyvosti rozvytku urbanistyky: tsyfrovizatsiia ta transformatsiini zminy. *Journal of Strategic Economic Research. №. 6. P. 90-98.*
 25. Shumak L. V., Sorokina L. V. (2021) Tsyfrovizatsiia yak nova realnist v oblasti proektuvannia ta budivnytstva v Ukraini. *Novi zapyty ta mozhyvosti. Materialy III Mizhnarodnoho forumu naukovtsiv ta doslidnykiv «Science and study. 2021. T. 1. S. 72-79.*

D. Dubinin, Docent of the Department of Economics of Construction, ORCID: 0000-0002-2044-0631
Kiev National University of Construction and Architecture, Kyiv

DIGITALIZATION AS A MEANS OF OVERCOMING CHALLENGES AND THREATS OF CONSTRUCTION PARTICIPANTS IN A MULTIPROJECT ENVIRONMENT

Abstract. *This article examines the potential of digitalization as a strategic solution to address the challenges and threats faced by construction actors in a multi-project environment.*

Construction activities are inherently complex, often characterized by the simultaneous management of several projects, each with its own characteristics and challenges. In a multi-project environment, participants such as designers, developers, and contractors face significant obstacles, including resource allocation conflicts, communication barriers, inefficiencies, and increased risk of delays and cost overruns. The advent of digital technology offers a transformative approach to these challenges, enabling more efficient management and coordination across multiple projects.

The main objective of this paper is to explore how digital tools and technologies can mitigate the specific challenges faced by different actors during the construction of multiple projects. Analyzing key issues such as scheduling conflicts, miscommunication, data management complexity and risk management difficulties, the article highlights critical areas where digitization can have a significant impact.

One of the most urgent problems in a multi-project environment is the effective allocation and planning of resources. Traditional management approaches often fail to cope with overlapping schedules and competing priorities, resulting in delays and inefficiencies. Digital tools such as Building Information Modeling (BIM) and Project Management Information Systems (PMIS) offer integrated platforms that facilitate seamless coordination and real-time updates. These systems provide centralized data stores and sophisticated scheduling algorithms that improve decision-making and reduce the likelihood of conflicts.

Communication barriers are another major problem in multi-project environments that can lead to misunderstandings, errors, and delays that negatively impact project timelines and outcomes. Digital communication platforms, including instant messaging, video conferencing, and collaboration software, enhance real-time communication and ensure alignment among all stakeholders. These platforms enable the rapid exchange of critical information and facilitate the collaborative environment necessary to manage multiple projects simultaneously.

Ensuring that all stakeholders have access to accurate and up-to-date information is critical to effective decision-making. Digitization solves this problem by providing advanced data management and analytics capabilities. Big data analytics and artificial intelligence can analyze large data sets to predict potential problems and optimize resource allocation. These technologies help identify trends, predict project outcomes, and facilitate informed decision-making, ultimately increasing project efficiency and effectiveness.

Risk management is particularly challenging in a multi-project environment due to increased complexity and interdependence. Digital risk management tools offer a framework for identifying, assessing and mitigating risks across projects. These tools provide scenario analysis, risk tracking and automatic alerts, enabling proactive risk management and reducing the likelihood of project failure.

Keywords: *construction, construction organization, construction stakeholders, multi-project environment, construction participants, digital environment, BIM models, digitalization, organizational and technological processes of construction.*

УДК 330.33.01:69.003

О.Г. Казьмін, аспірант, ORCID: 0000-0001-5730-6666

Київський національний університет будівництва і архітектури

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІВІТЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ, ВИКЛИКАНОЇ ПОВНОМАСШТАБНОЮ АГРЕСІЄЮ РФ, З ТОЧКИ ЗОРУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЦИКЛІЧНОСТІ

Анотація. Стаття присвячена висвітленню особливостей проявів економічної циклічності в промисловості будівельних матеріалів України в умовах воєнного стану. Проаналізовано вплив повномасштабної війни на промисловість будівельних матеріалів України та встановлено, що близько 20% підприємств були зруйновані, інші втратили обсяги виробництва, ринки збуту, джерела сировини та кадровий потенціал.

Розглянуто особливості економічних криз, спричинених війною, порівняно з циклічними кризами перевиробництва. Показано, що військові дії одразу спрямовують економіку у фазу рецесії, однак поживлення може розпочатись ще до їх завершення завдяки досягненню dna економічного циклу.

Проаналізовано різні підходи до визначення і розуміння поняття «економічна криза», важливість виявлення її причин та особливостей, а також визначенні ключові фактори зміни періодів економічних циклів: рецесії, депресії, поживлення, піднесення. Зазначено, що знаковими моментами розвитку економічного циклу є саме момент зміни фаз, оскільки вони є переходом від певних кількісних змін попередньої фази циклу у якісні.

Зроблено аналіз динаміки цін на нерухомість як одного із ключових індикаторів початку фази поживлення.

Сформульовано складові концепції розвитку будівельної сфери України на період відновлення з урахуванням наслідків війни, що включають локалізацію виробництва будматеріалів, підвищення комфортності житла, екологічність будматеріалів, економію ресурсів при їх виробництві (перш за все енергетичних), залучення іноземної допомоги у процесі відбудови, ресайклінг відходів руйнації у будівельні матеріали. З'ясовано, що подальший розвиток будівельної індустрії має також враховувати проблему якісного утеплення захисних споруд, бомбосховищ екологічними матеріалами, що викликає необхідність подальшого розвитку виробництва саме вітчизняних будівельних матеріалів, які відповідають нагальним вимогам воєнного часу. Зроблено висновок про перспективність використання конопляно-вапняних будівельних матеріалів у процесі відбудови, оскільки вони цілком відповідають запропонованій концепції.

Ключові слова: економічна циклічність, будівельна сфера, економічна криза, будівельні матеріали, військові дії, розвиток будівельної сфери, відновлення, локалізація, споруди цивільного захисту екологічність, ресурсозбереження, конопляно-вапняні будівельні матеріали.

Вступ

Військова агресія РФ причинила величезні руйнування об'єктів нерухомості по всій країні. Так станом на 01.07.2023 р. сума прямих збитків, завданих інфраструктурі України через повномасштабне вторгнення РФ, оцінювалась у \$150,5 млрд, з яких \$55,9 млрд – втрати житлового фонду. За підрахунками дослідників, найбільшу частку у загальному обсязі збитків складала втрати житлового фонду – \$55,9 млрд, враховуючи збитки приблизно \$1 млрд від затоплень та руйнувань житлових будинків внаслідок підриву Каховської ГЕС. Загальна кількість зруйнованих або пошкоджених внаслідок бойових дій об'єктів житлового фонду становила близько 167,2 тис. будівель, з них 147,8 тис. – приватні будинки, 19,1 тис. – багатоквартирні, ще 0,35 тис. – гуртожитки. На другому місці за сумою збитків була сфера інфраструктури (транспортна, залізнична інфраструктура, дорожнє господарство, авіаційна галузь та торгова галузь) – \$36,6 млрд.[1].

Очевидно, що такі масштаби руйнувань у процесі відбудови потребують значних обсягів будівельних матеріалів та виробів, яка значно перевищуватиме їх споживання у довоєнний період. Водночас, окрім масштабних руйнувань об'єктів нерухомості,

військова агресія російської федерації істотно вплинула на промисловість будівельних матеріалів України. За даними наших досліджень в середньому у секторах промисловості будматеріалів України було захоплено або зруйновано 10-30% підприємств; інші значною мірою втратили кадровий потенціал, потенційні ринки збуту, джерела сировини, а також різко знизили обсяги виробництва завдяки зниженню попиту. Таким чином військові дії створили нові виклики перед будівельною сферою та поставили питання про перспективні напрями промисловості будівельних матеріалів України у контексті підготовки до відновлення.

Проблемам розвитку промисловості будівельних матеріалів в умовах економічної циклічності (у тому числі під час та після економічних криз, що виникли внаслідок військових конфліктів) завжди приділялось недостатньо уваги як в науці, так і на практиці.

Так відомо, що під час відновлення економіки СРСР після другої світової війни біля 80% ресурсів було спрямовано на відновлення оборонної промисловості, металургії та машинобудування, що призвело до істотного дефіциту будматеріалів, який партійне керівництво пропонувало задовольняти за раху-

нок місцевих матеріалів, виготовлених на дрібних підприємством із мінімально можливим рівнем механізації праці. І навіть таким чином виробництво цегли в Україні за першу п'ятирічку вдалося збільшити у 6 разів від довоєнного [2].

У сучасній Україні промисловістю будівельних матеріалів не опікується жодне міністерство чи відомство, хоча у контексті відновлення дана галузь набуває статусу стратегічної. Тому дослідження, спрямовані на визначення перспектив галузі, парадигми її розвитку з урахуванням наслідків війни та впливу економічної циклічності є наразі надзвичайно актуальними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Висвітленню особливостей проявів економічної циклічності в будівельній галузі України присвячені наукові дослідження багатьох вітчизняних фахівців. Так у своїх працях [1,2] Ізмайлова К.В., Беленкова О.Ю., Моголівець А.А. виявляють коливання ділової активності в українській будівельній галузі, зокрема, досить чітко визначають цикли Кітччина з періодом 2–4 роки, цикли Жюгляра з періодом 7–11 років. Хоча цикли всіх типів схожі між собою, кожен із них має власні тривалість, період основних фаз, ступінь впливу на економічні процеси в країні та причини розвитку. [1]. А.Л. Скрипник, А.М. Іванченко [3] обґрунтовують доцільність державного антициклічного регулювання будівництва шляхом реалізації державних інвестиційних програм та розробляють пропозиції щодо структури і порядку формування відповідного організаційно-економічного механізму. Кравченко О. М., Хом'як А. В.[4]. аналізують вплив кризових явищ на розвиток індустрії саме будівельних матеріалів як однієї з підгалузей будівництва. Стрімке падіння економіки, кризові тенденції будівельної галузі, спричинені початком повномасштабного вторгнення, змістили фокус останніх досліджень на важливості відновлення будівельної галузі і промисловості будівельних матеріалів в умовах воєнного стану. Науковці Романенко О.В.[5], Паламарчук О., Петришина С.[6] Феник В. ДенекаВ.[7] у своїх працях аналізують проблеми та загрози розвитку будівельної галузі та індустрії будівельних матеріалів в Україні в на сучасному етапі розвитку національної економіки України, аналізуючи наслідки економічної кризи, спричиненої. війною. Втім, на нашу думку, у зазначених працях не достатньо зосереджено увагу на розробці шляхів і методів відновлення зруйнованого житлового фонду шляхом розвитку виробництва нових інноваційних екологічних матеріалів, що зумовило вибір і постановку нами завдань статті.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Визначити особливості кризових явищ, спричинених військовими діями, порівняно з кризами переробництва; окреслити пріоритетні напрямки розвитку індустрії будівельних матеріалів України; проаналізувати перспективи виробництва інноваційних екологічних будівельних матеріалів на основі органічних заповнювачів та вапняних в'язучих як складової відновлення зруйнованого житлового фонду України.

Виклад основного матеріалу дослідження

Економічна циклічність – це форма руху як світового господарства взагалі, так і окремо взятої національної економіки певної країни, яка допускає зміну еволюційних і революційних періодів економічного розвитку, прогресу та виявляє нерівномірність у функціонуванні різних елементів національного господарства (постійне коливання ділової активності та зниження ринкової динаміки, зміна інтенсивного та екстенсивного типів зростання економіки) [3].

У сучасній економічній науці розрізняють біля 10 різновидів економічних циклів різного походження та тривалості галузевого, національного та світового рівня, починаючи від сезонних коливань економічної активності (які зокрема спостерігаються і у будівельній сфері [4]) і закінчуючи великими циклами Кондратьєва, що мають тривалість 40-60 років із тенденцією до скорочення [5].

При цьому найбільш помітний вплив на діяльність підприємств будівельної сфери мають цикли Кітччина та Жюгляра [6, 1]. Вони пов'язані із періодичними коливаннями сукупного попиту, а в основі їх природи знаходяться так звані кризи переробництва, які являють собою значне перевищення пропозиції над попитом, викликане тим, що людство не встигає споживати вироблені ним товари [7].

Також деякі вчені розрізняють кризи недовиробництва, що викликаються позаекономічними причинами і пов'язані з порушенням виробничого процесу під впливом форс-мажорних обставин (воєн, стихійних лих, революцій і т. д.). [8], однак ми не повністю розділяємо даний підхід, про що детальніше йтиметься далі.

Як відомо, економічні цикли традиційно поділяються на 4 фази: поживлення, піднесення, рецесія та депресія [16].

Ключовим періодом економічного циклу, на нашу думку, є так звана економічна криза, оскільки саме поява економічних криз призвела до вивчення економічної циклічності та до розробки антициклічної політики на рівні держави, окремих галузей та навіть підприємств. Втім сама категорія «економічна криза» наразі не має однозначного трактування. Так переважна більшість авторів ототожнюють економічну кризу із фазою рецесії [17], втім існують і інші трактування. Так деякі вчені трактують економічну кризу занадто вузько як переломний момент між економічним зростанням та економічним спадом [18], а деякі навпаки занадто широко як увесь період розвитку негативних явищ у економіці (зниження ВВП, масового банкрутства підприємств, зростання безробіття, девальвації тощо), що дозволяє віднести до періоду економічної кризи не тільки фазу рецесії, але і фазу депресії [19]. У будь-якому випадку саме причини економічної кризи, її глибина та особливості визначають, що і як буде відбуватись на інших фазах економічного циклу.

Знаковими моментами розвитку будь-якого економічного циклу є саме моменти зміну фаз, які по суті являють собою перехід певних кількісних змін, що відбуваються на попередній фазі циклу, у якісні. На підставі аналізу різноманітних джерел та результатів власних досліджень, розглянемо механізм вказаних змін на прикладі циклу Кітччина.

1. Перехід від піднесення до рецесії.

Виникає, коли ціни на циклічні товари (нерухомість, акції тощо) досягають починають знижуватись завдяки фіксації прибутку спекулянтами, а попит на товари довгострокового використання, створений за рахунок як заощаджень населення так і позикового капіталу різко знижується завдяки значному ступеню задоволення.

2. Перехід від рецесії до депресії.

Відбувається, коли ціни на циклічні товари досягають об'єктивного мінімуму і перестають знижуватись. Обсяги виробництва стабілізуються, оскільки завершується ліквідація низькоконкурентних підприємств, однак водночас йде повільне зростання обсягів виробництва висококонкурентних підприємств, а також підприємств, що виконують замовлення за бюджетні кошти.

3. Перехід від депресії до пожвавлення.

Розпочинається коли ціни на циклічні товари починають зростати, а кризові підприємства вже вийшли із ринку. Досить швидко пожвавлення перетворюється на економічне зростання, що йде все більш високими темпами. При цьому із часом до нормального та відкладеного попиту на циклічні товари додається додатковий ажіотажний та спекулятивний попит.

4. Перехід від пожвавлення до піднесення.

Починається, коли ціни на спекулятивні товари припиняють зростати, оскільки всі, хто хотів їх купити, по суті вже купили. Обсяги виробництва також стабілізуються, оскільки частина компаній вже відчуває наближення кризи та дещо згортає свою виробництво, водночас інші ще продовжують його збільшувати, щоб максимально скористатись максимумом цін.

У той же час динаміка розвитку економічних циклів Кітчина під час воєнних дій має значні відмінності.

По-перше, з точки зору економічної циклічності будь-які військові дії миттєво знижують сукупний попит, і таким чином спрямовують національну економіку у фазу рецесії (або поглиблюють рецесію, якщо економіка вже у цій фазі була). Тобто, на нашу думку, під час військових дій спочатку реалізується особлива форма кризи перевиробництва (пов'язана із різким зниженням схильності до споживання), яка пізніше доповнюється вже структурною кризою недовиробництва, зумовленою руйнуванням виробничих потужностей та банкрутством підприємств (оскільки в даному випадку криза настає раптово, і підприємств, що завчасно до неї приготувались, фактично немає). Надалі йде різка втрата трудового потенціалу країни внаслідок еміграції та мобілізації, що призводить до інфляції витрат та подальшого зниження попиту. Доповнюється інфляційна спіраль імпортованою інфляцією внаслідок різкого погіршення торговельного балансу та виведенню за кордон капіталів. Таким чином, військова криза на відміну від звичайних криз перевиробництва зазвичай характеризується не дефляцією а стагфляцією.

Звідси випливає, що, на відміну від криз перевиробництва, при військових економічних кризах відбувається не перерозподіл, а різка та непоправна втрата виробничого потенціалу країни. При цьому втрата виробничого потенціалу відбувається не тільки внаслідок прямого руйнування виробничих, логістичних та енергетичних потужностей, але і завдяки

масовому банкрутству виробничих підприємств, величезним втратам трудового потенціалу у бойових діях, внаслідок міграції, та навіть внаслідок часткового або повного колапсу або зниження якості функціонування сфери освіти і науки.

Відновлення вказаних втрат є важким завданням, і його фактично неможливо реалізувати до повного завершення бойових дій (що фактично унеможливує суттєве економічне зростання до завершення війни, хоча фактично ВВП може зрости за певних умов, формально перевівши економіку у фазу пожвавлення). Тобто основні виробничі потужності будуть відбудовуватись одночасно із процесом відбудови житлової та соціальної інфраструктури, і тому відбудовані та новостворені підприємства зможуть взяти участь у відбудові своєї країни із часовим лагом у 1-2 роки. Таким чином існує високий обґрунтований ризик того, що післявоєнне відновлення буде відбуватись переважно за рахунок імпорту товарів із відповідними позитивними наслідками для економіки країн-постачальників цих товарів, а не для економіки країни, що відновлюється.

По-друге, якщо під час кризи перевиробництва обсяги ВВП та реальні доходи населення знижуються приблизно однаковими темпами, то під час військової кризи обсяги ВВП можуть знижуватись не так швидко, і навіть зрости завдяки зростанню військових витратків, але реальні доходи населення навпаки можуть знижуватись прискореними темпами (завдяки військовим податкам, скороченню зарплат, замороженню зростання соціальних виплат тощо).

По-третє, тривалість фази депресії на відміну від циклів перевиробництва визначається насамперед не досягненням цінового дна для найбільш циклічних інвестиційних товарів (зокрема об'єктів нерухомості), а позитивною для країни динамікою активних бойових дій (оскільки до появи позитивної динаміки бойових дій початок фази пожвавлення малоімовірний). Темпи пожвавлення, в свою чергу, значною мірою залежатимуть від попередньої тривалості бойових дій, оскільки чим довше тривають активні бойові дії, тим більше буде зруйновано виробничий потенціал країни (особливо, якщо бойові дії відбуваються на її території), і тим повільніше буде відбуватись економічне зростання на фазі пожвавлення.

Четвертою відмінністю є ускладнення логістики із постачання сировини з-за кордону та готової продукції за кордон. Це може бути пов'язано із територіальними втратами, частковим чи повним руйнуванням об'єктів транспортної інфраструктури, знищенням частини транспортних засобів, заборонаю авіаперевезень та пріоритетним перевезенням військових вантажів та ключових експортних та імпортованих груп товарів. Це зумовлює необхідність на фазі пожвавлення активізації виробництва товарів, що використовують у своєму виробництві переважно вітчизняну сировину та призначених переважно для внутрішнього ринку.

П'ятою відмінністю військових криз від криз перевиробництва є необхідність і можливість залучення для їх подолання зовнішньої фінансової допомоги. Це пов'язано із тим, що на відміну від криз перевиробництва у держави повністю відсутній фінансовий ресурс для підтримки економіки (оскільки всі резерви спрямовані на війну), а по-друге, інші країни

не тільки можуть допомогти фінансово (якщо в них самих кризи наразі немає), але таким чином вини можуть зміцнити власні позиції у світовій політиці та економіці та водночас уникнути або відстрочити власну циклічну кризу (за прикладом плану Маршала). За умови, що держава, що постраждала від війни, не встановлює жодних обмежень щодо використання іноземних товарів у процесі відбудови, країни-донори можуть надавати для фінансування відбудови не тільки кредити, але і гранти (у 1985-2015 роках 20 країн із 35, в яких були збройні конфлікти, отримували допомогу з трастових фондів на без необхідності її подальшого відшкодування [20]).

За даними Держкомстату, у період з 4 кварталу 2021 року по 24 лютого 2022 року зростання ВВП України становило 6.3%, що свідчило про фазу економічного піднесення [21]. Цілком очевидно, що повномасштабне вторгнення спричинило стрімке падіння реального ВВП порівняно із аналогічним кварталом попереднього року на 14,9% (1 кв. 2022), 36,9% (2 кв. 2022), 30,6% (3 кв. 2022), 31,4% (4 кв. 2022) та 10,5% (1 кв. 2023 р) [22]. Однак надалі у другому кварталі 2023 р. ВВП України вже зріс на 18,1%, [20].

Для оцінки даних показників скористаємося підходом Скрипник О.В., яка визначила періодизацію циклів Кітччина в економіці України за період з 2 кварталу 2010 року по 2 квартал 2021 року на основі аналізу періодів зростання та падіння ВВП України. [21]. Фаза рецесії в економіці України, що виявила себе у стрімкому падінні ВВП тривала у 1-2 кварталі 2022 року, а в 3 кварталі вже був зафіксований початок депресії (оскільки темпи падіння ВВП вперше знизилась із початку падіння). У 2-му кварталі 2023 року в економіці України вже почалось поживлення, оскільки ВВП вперше зріс (на нашу думку, це відбулось на фоні позитивних очікувань від літнього українського контрнаступу).

Ці висновки доцільно проаналізувати з точки зору динаміки цін на нерухомість, оскільки саме початок зростання цін на нерухомість є однією із ключових ознак, і водночас одним із факторів початку фази поживлення [26].

Слід зазначити, що проведення достовірного аналізу динаміки цін на нерухомість з точки зору економічної циклічності в Україні в умовах воєнного стану є досить ускладненим. Це пов'язано як із міграцією населення із центральних, східних та південних регіонів країни в бік західних, подалі від бойових дій, так і з одночасними процесами руйнування житлової інфраструктури (що за інших рівних умов збільшує попит на житло) та демографічними змінами, а саме значним зменшенням кількості населення (?що за інших рівних умов збільшує попит на житло?). Тому оскільки у період рецесії ціни на нерухомість мають знижуватись, то для аналізу ми обрали період після нормалізації цін (коли ціни на нерухомість у всіх західних регіонах України припинили своє ажіотажне зростання, пов'язане із внутрішньою міграцією населення подалі від зони бойових дій), а оскільки ціни на житло в Україні традиційно вимірюються у доларах США, то саме цю валюту ми використали для аналізу цінової динаміки.

За результатами наших досліджень, наприклад, у Львові зростання цін на нерухомість на вторинному ринку припинилось наприкінці квітня 2022 року

на позначці 1235 дол./м², і ця позначка була перевищена лише в грудні 2022 року [25]. Водночас ціни на житло на вторинному ринку Києва демонстрували стійку тенденцію до падіння цін на нерухомість у період із 24 лютого 2022 року по 30 січня 2023 року. Після цього ціна стабілізувалась на дні із невеличкими коливаннями, але на початку травня 2023 року вона вперше із початку війни почала зростати [26]. Аналогічна динаміка загалом спостерігається і у інших обласних центрах (окрім тих, що наближені до зони бойових дій), що підтверджує початок поживлення вітчизняної економіки у 2 кварталі 2023 року.

На основі вищевказаного, можна стверджувати, що відновлення вітчизняної економіки почалося ще до завершення бойових дій внаслідок позитивних очікувань від них навесні 2023 року.

З урахуванням окреслених нами у статті відмінностей військових економічних криз від криз переробництва, концепція розвитку будіндустрії України на період відновлення, на нашу думку, має враховувати такі складові:

1. Локалізація виробництва будматеріалів та виробів [27].

2. Комфортність житла, соціальної інфраструктури, об'єктів цивільного захисту.

В умовах нової післявоєнної відбудови за принципом «Build Back Better» [28] необхідно врахувати помилки попередньої з урахуванням вітчизняних реалій. Так, на момент своєї побудови «хрущовки вважались тимчасовим житлом», але фактично вони стали домішкою трьом-чотирьом поколінням українців.

Наразі в процесі відбудови активно реалізуються досить сумнівні проекти із побудови модульних містечок із найдешевших неекологічних будматеріалів, що призводить до появи конденсату, плісняви та грибка [29], надрукованих на 3д принтері бетонних будинків [30] та шкіль тощо [31]. На нашу думку, з урахуванням очікуваного терміну служби будівель зведення об'єктів пониженої комфортності є невіправданою витратою обмежених трудових та фінансових ресурсів, особливо цінних в умовах воєнного стану.

Особливої уваги, на нашу думку, також заслуговує питання утеплення бомбосховищ та інших споруд цивільного захисту [32]. Як відомо, перебування в бетонних підземних спорудах, жодним чином не утеплених, має вкрай негативний вплив на здоров'я населення, однак діючими нормативними документами утеплення споруд цивільного захисту наразі не передбачено [33].

3. Екологічність будівельних матеріалів та виробів [34].

В умовах післявоєнного відновлення стан здоров'я багатьох громадян буде незадовільним внаслідок стресів поранень тощо. В цих умовах, на нашу думку, перевага повинна надаватись екологічним будівельним матеріалам, тобто тим, що не мають негативного впливу на здоров'я людини.

4. Економія трудових ресурсів при виробництві та використанні будівельних матеріалів та виробів.

В умовах втрати значного кадрового ресурсу будівельної галузі [35] банкрутство багатьох будівельних підприємств важливим аспектом вибору будівельних матеріалів є можливість самостійно будівництва індивідуальних житлових будинків або

хоча б мінімізації залучення зовнішніх фахівців під час цього процесу.

5. Активне залучення зовнішньої фінансової допомоги для відновлення існуючих підприємств будівництва та побудови нових [36].

Іноземне фінансування буде надходити перш за все у високорентабельні проекти із прийнятним для інвесторів терміном окупності. А найвищу рентабельність в Україні наразі мають будівельні матеріали, що не мають в своєму складі імпортової складової та потребують мінімального обсягу енергетичних ресурсів при виробництві. Цим вітчизняна промисловість будівельних матеріалів кардинально відрізняється від іноземної, у якій найвищу рентабельність мають ті виробництва, що потребують якнайменшого використання робочої сили.

6. Забезпечення ресайклінгу відходів руйнації [37].

Розробка таких матеріалів потребує є значного обсягу наукових досліджень фінансування яких наразі в Україні не здійснюється. Втім, разом із відходами руйнації до складу ресайклінгових матеріалів мають входити і інші сировинні матеріали вітчизняного виробництва (як мінерального, так, можливо, і рослинного походження).

7. Низькі енерговитрати при виробництві будівельних матеріалів та виробів [38].

Масштабні пошкодження електричних мереж та значне подорожчання електроенергії, подорожчання природного газу та нафтопродуктів різко підвищили значущість енергетичної складової в структурі собівартості будівельних матеріалів та виробів. В цих умовах доцільно розвивати виробництво тієї продукції галузі, що не потребує термообробки за високих температур.

8. Негативний вуглецевий слід при виробництві та застосуванні будівельних матеріалів та виробів.

В Україні вже діє податок на викиди двоокису вуглецю як один з механізмів оплати за викиди парникових газів, а із 01 січня 2023 року в Україні функціонує система моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів. Також активно ведеться робота над впровадженням національної системи торгівлі квотами на викиди парникових газів [39].

Одним із перспективних напрямів розвитку промисловості будматеріалів України, який цілком відповідає переважній більшості перелічених вимог є виробництво будівельних матеріалів на основі органічних заповнювачів та вапняних в'язучих. На даний момент в Україні вже розроблено та сертифіковано ефективний конструктивно-теплоізоляційний матеріал на основі гідратного вапна та технічних конопель, що відповідає вимогам нормативним документам та сучасним стандартам будівництва щодо енергоефективності, пожежобезпечності, захисту від шуму, а також характеризується високими значеннями теплоємності та паропроникності, асептичними властивостями та певною здатністю підтримувати

стабільну відносну вологість в будівлі. Він на 100% складається з вітчизняної сировини, а також може бути використаний для побудови каркасних житлових будинків власноруч майбутніми мешканцями (за наявності фундаменту, даху та змонтованого каркасу) [40].

Перспективи виробництва даного матеріалу в Україні для цілей відновлення, як і інших конопляних будівельних матеріалів та виробів (як на вапняній, так і на цементній основі), на нашу думку, є досить оптимістичними.

По-перше, в Україні в 2022 році вирощували коноплі 11 суб'єктів господарювання на загальній площі 1834 га [41], при переробці яких 70% маси складає так звана костриця [42], що і є заповнювачем конопляних стінових матеріалів та утеплювачів. Наразі очікується значне збільшення площ посівів технічних конопель у найближчі роки [43].

По-друге, технічні коноплі можуть слугувати сировиною для виготовлення широкого асортименту будівельних матеріалів та виробів, включаючи рулонні та насипні утеплювачі, стінові та перетінкові блоки, декоративні та акустичні панелі, декоративні та теплоізоляційні штукатурки тощо [44].

По-третє, вказаний матеріал є по суті єдиним, що може бути без негативних наслідків використаний для внутрішнього утеплення будівель і споруд (у тому числі бомбосховищ) [45].

Висновки

Економічні кризи, спричинені війною, мають свої особливості порівняно з циклічними кризами перевиробництва. Війна одразу різко спрямовує економіку країни у фазу рецесії. Однак фаза поживлення може розпочатись ще до завершення війни (внаслідок досягнення дна економічного циклу та розвитку позитивних очікувань від бойових дій), втім динаміка відновлення напряму залежить від тривалості бойових дій та розміру втрат виробничого потенціалу країни в їх наслідок.

Концепція розвитку промисловості будівельних матеріалів України у контексті відновлення має враховувати такі пріоритети, як локалізацію виробництва, підвищення комфортності житла, екологічність, ресурсозбереження, залучення іноземної допомоги, ресайклінг відходів руйнації тощо.

Одним з найбільш перспективних будівельних матеріалів для відновлення є конструктивно-теплоізоляційний матеріал на основі гідратного вапна та технічних конопель, який відповідає більшості вказаних пріоритетів.

Таким чином, розвиток промисловості будівельних матеріалів та виробів України в умовах повномасштабної воєнної агресії РФ в контексті підготовки до відбудови має значну кількість ускладнень, подолання яких має здійснюватися як з урахуванням сучасних тенденцій розвитку будівництва, так і особливостей циклічного розвитку економіки в умовах війни.

Література

1. Беленкова О.Ю. Вплив економічної кризи на фінансовий стан будівельних підприємств виду діяльності "будівництво". Будівельне виробництво. 2010. №52. С. 16-20. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bvov_2010_52_6
2. Ізмайлова К. В., Беленкова О. Ю., Моголівець А. А. Сутність економічних циклів та їх вплив на фінансову стійкість будівництва. Наукові праці НДФІ. 2019. Вип. 2. С. 139-150. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npndfi_2019_2_11
3. Скрипник А.Л. Іванченко А.М. Державне регулювання розвитку інвестиційних програм у сфері будівництва в умовах циклічності економіки. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2019. вип.42. С.146 -152.
4. Кравченко О. М., Хомяк А. В. Розвиток ринку будівельних матеріалів України в умовах кризи. Економіка. Фінанси. Право. 2017. № 5 (2). С. 52–54.
5. Романенко О. В. Розвиток ринку будівельних матеріалів України в умовах воєнного стану. Ефективна економіка . Дніпр. держ. аграрний ун-т., 2024. С. 1 - 14. DOI: 10.32702/2307-2105.2024.3.46
6. Паламарчук, О., Петришина, С. (2023). Будівельна галузь України: стан та прогнози. Економіка та суспільство .2023. №51. URL.: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-45>.
7. Феник , В. Денека , В. Перешкоди розвитку будівельної галузі в Україні у воєнний час. Академічні візії. 2023. №24. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/678>
8. Загальна сума збитків інфраструктурі України від війни перевищила \$150 мільярдів – KSE // Укрінформ: 03.08.2023. URL:<https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3743725-zagalna-suma-zbitkiv-infrastrukturi-ukraini-vid-vijni-perevisila-150-milardiv-kse.html>
9. История Украинской ССР: В 10 т. Т. 9: Украинская ССР в период построения развитого социалистического общества (1945 – начало 60-х годов) / Ред. кол. тома: А. В. Лихолат (отв. ред.), Н. Г. Ищенко, М. П. Ким, Ю. А. Курносов, И. М. Маковейчук (зам. отв. ред.), П. П. Панченко, Н. Р. Плющ (отв. секретарь), А. Д. Скаба, П. С. Сохань. АН УССР. Институт истории. – К.: Наукова думка, 1985. – 582 с.
10. Войтко С.В., Сопрун Н.В. Систематизація теоретичних положень та наукових поглядів щодо циклічних процесів у економіці. Ефективна економіка. № 3, 2013. URL:<http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1858>.
11. Демидова О.О., Литвиненко О.В., Моголівець А.А., Новак Є.В. Вплив сезонних чинників на якість, вартість, трудомісткість та інші параметри будівництва . The Scientific Heritage, № 74. Global Science Center LP. 2021.
12. Герасименко С.С., Герасименко В.В. Економічні цикли сучасності: світовий та український тренди. Науковий вісник національної академії статистики, обліку та аудиту, 2020. № 4. С. 5-13.
13. Моголівець А.А. Механізм державного регулювання фінансової стійкості будівництва в умовах економічної циклічності. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. К.: КНУБА, 2019. 218 с.
14. Приб К.А. Сутність криз та їх місце у процесах економічної динаміки. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». Випуск 9-1. Частина 2. 2014. С. 13-17.
15. Сідоров В.І., Ревякін Г.В. Проблема виявлення економічних криз та закономірності їх функціонування. Вісник харківського національного університету імені В. Н. Каразіна Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм». № 1144. Т. 1. Випуск 3. С. 133-136.
16. Ковалевська А.В. Конспект лекцій з дисципліни «Антикризове управління підприємством». – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 140 с.
17. Економічна криза // Енциклопедія Сучасної України / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк та ін. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2009. URL:<https://esu.com.ua/article-18776>.
18. Кухта П.В. Кризи, їх причини та наслідки. Ефективна економіка. 2012, № 10. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1439>.
19. Ортіна Г.В. Причини виникнення і наслідки економічних криз в ринковій економіці як об'єкти державного впливу. Державне управління: удосконалення та розвиток. № 2, 2015. URL: <http://www.du.nauka.com.ua/?op=1&z=1101>.
20. Богдан Т. Відбудова економіки: напрямки, важелі, інститути // Українська правда: 25.04.2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/25/686208/>.
21. Скрипник О.В. Формування маркетингової цінової політики підприємств будіндустрії в умовах економічної циклічності. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії. 051 – економіка. К.: КНУБА, 2021. 273с.
22. Падіння ВВП України в I кв.-2023 уповільнилося до 10,5% - Держстат // Інтерфакс-Україна: 09.06.2023. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/915720.html/>.
23. Нацбанк оцінює зростання ВВП України у II кв.-2023 у 18,1% та очікує його уповільнення у III кв.-2023 до 4,6% // Інтерфакс-Україна: 04.08.2023. URL: <https://interfax.com.ua/news/general/926835.html>.
24. Циклічність розвитку ринку нерухомості: сучасний контекст: монографія / О. В. Шкурупій, Т. О. Білоброва. – Полтава : ПУЕТ, 2012. – 190 с.
25. Ціни на нерухомість на вторинному ринку м. Львова у 2015-2024 році: інформація порталу M2bomber. URL: <https://ua.m2bomber.com/stat/2032280/view/ivi?type=flat-sell>.
26. Ціни на нерухомість на вторинному ринку м. Києва у 2015-2024 році: інформація порталу M2bomber. URL: <http://surl.li/vrwyup>
27. Антикризовий штаб звернувся до Прем'єр-міністра Д. Шмигала щодо локалізації виробництва будматеріалів: інформація УСПП. URL: <https://uspp.ua/news/actual/2018/antykryzovyi-shtab-zvernuvsia-do-premier-ministra-d.shmyhalia-shchodo-lokalizatsii-vyrobnystva-budmaterialiv>.
28. Кубраков О. Енергоефективність житлового фонду – одна зі складових відбудови за принципом Build Back Better // Урядовий портал: 13.10.2023. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/oleksandr-kubakov-enerhoefektyvnist-zhytlovoho-fondu-odna-zi-skladovykh-vidbudovy-za-pryntsypom-build-back-better>.

29. Шведа О. Холодно, волого, але з'їжджати ми не хочемо. Репортаж із модульного містечка // Суспільне новини: 14.10.2022. URL: <https://suspilne.media/295150-holodno-vologo-ale-zizdzati-mi-ne-hocemo-reportaz-iz-modulnogo-mistecka/>.
30. Опанасенко О. В. Ірпені з'явиться будинок, надрукований на 3D-принтері // Главком: 31.07.2023. URL: <https://www.pravda.com.ua/columns/2023/07/31/699925/>.
31. Забазнова Н. Дусько І. У Львові за допомогою 3D-принтера будують корпус початкової школи // Суспільне новини: 16.05.2023. URL: <https://suspilne.media/478063-u-lvovi-za-dopomogou-3d-printera-buduut-korpus-pocatkovoi-skoli>.
32. Пенкалюк С., Сендецька-Монюк І. Якщо відімкнуть газ: як міська влада Франківська готує укриття до холодів і чи можна утеплити їх самотужки // Суспільне новини: 10.08.2022. URL: <https://suspilne.media/269733-akso-vidimknut-gaz-ak-miska-vlada-frankivska-gotue-ukritta-do-holodiv-i-ci-mozna-utepliti-ih-samotuzki/>.
33. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту». URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2023/08/DBN_V_2_2_5-2023.pdf.
34. Екологічні будматеріали: інформація із сайту «Екодома». URL: <https://ecodoma.in.ua/ecologichnie-strojmateriali.html>.
35. Мірошниченко О. Як Україні компенсувати втрату 30% трудового потенціалу // Українська правда: 10.05.2023. URL: <https://www.pravda.com.ua/columns/2023/05/10/699925/>.
36. Відновлення України: шляхи та можливості фінансування: публікація Національного інституту стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/mizhnarodni-vidnosynu/vidnovlennya-ukrayiny-shlyakhy-ta-mozhlyvosti-finansuvannya>.
37. Постанова КМУ від 27 вересня 2022 р. № 1073 «Про затвердження Порядку поведження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсії або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text>.
38. Дашкова Т.С. Глуховський В.В., Глуховський І.В., Свидерський В.А. Зниження енергоємності композицій на основі неорганічних в'язучих. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2011. Т. 5, №8(53). С. 7-11.
39. В Україні запроцює механізм регулювання викидів вуглецю на кордоні з ЄС // Еко район: 26.06.2023. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/610964-v-ukraini-zapratsyue-mekhanizm-regulyuvannya-vikidiv-vugletsyu-na-kordoni-z-es>.
40. Презентація конопляно-ватяних конструктивно-теплоізоляційних матеріалів ТМ «Хемнаер Мікс». URL: https://www.linkedin.com/in/boikosv/overlay/1635517885943/single-media-viewer/?profileId=ACoAAAPJD_UB9YXDchgfzMatq9PLKC-WkP7ZIYs.
41. В 2023 році в Україні промисловими коноплями засіяють 1,5 тис га // SuperAgronom.com: 24.03.2023. URL: <https://superagronom.com/news/16912-v-2023-rotsi-v-ukrayini-promislovimi-konoplyami-zasiyut-15-tis-ga>.
42. Костра коноплі: інформація із сайту «ЕкоДом – Україна». URL: <https://www.ecohouses.com.ua/ru/materialy-i-osnashchenie/naturalnye-utepliteli/kostra-konopli.html>.
43. Пенеля В. На Житомирщині створили кластер з вирощування технічних конопель // Landlord: 15.02.2023. URL: <https://landlord.ua/news/na-zhytomyrshchyni-stvoryly-klaster-z-vyroshchuvannya-tekhnichnykh-konopel/>.
44. Примаков О. Технічні коноплі теж можуть бути паливом // Агробізнес сьогодні: 14.02.2014. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8359-tekhnichni-konopli-tezh-mozhut-but-y-palyvom.html>.
45. Висновок щодо можливості внутрішнього утеплення стін будівель і споруд (у тому числі - підземних) конопляно-ватяним теплоізоляційним матеріалом утеплювача «Хемнаер Мікс». URL: https://www.linkedin.com/in/boikosv/overlay/1705928013588/single-media-viewer/?profileId=ACoAAAPJD_UB9YXDchgfzMatq9PLKC-WkP7ZIYs.

References

1. Belenkova, O.Yu. The impact of the economic crisis on the financial condition of construction enterprises in the field of "construction". Construction Production. 2010. No. 52. Pp. 16-20. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/bucu_2010_52_6
2. Izmailova, K. V., Belenkova, O. Yu., Mogolivets, A. A. The essence of economic cycles and their impact on the financial stability of construction. Scientific Works of NDFI. 2019. Issue 2. Pp. 139-150. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npndfi_2019_2_11
3. Skrypyuk, A.L., Ivanchenko, A.M. State regulation of the development of investment programs in the construction sector under economic cyclicity. Ways to improve construction efficiency in the context of market relations formation. 2019. Issue 42. Pp. 146-152.
4. Kravchenko, O. M., Khomiak, A. V. The development of the building materials market in Ukraine during the crisis. Economy. Finance. Law. 2017. No. 5 (2). Pp. 52-54.
5. Romanenko, O. V. Development of the construction materials market in Ukraine during martial law. Effective Economy. Dnipro State Agrarian University, 2024. Pp. 1-14. DOI: 10.32702/2307-2105.2024.3.46
6. Palamarchuk, O., Petryshyna, S. The construction industry of Ukraine: current state and forecasts. Economics and Society. 2023. No. 51. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-45>
7. Fenyuk, V., Deneka, V. Barriers to the development of the construction industry in Ukraine during wartime. Academic Visions. 2023. No. 24. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/678>
8. The total amount of damage to Ukraine's infrastructure from the war exceeded \$150 billion – KSE // Ukrinform: 03.08.2023. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3743725-zagalna-suma-zbitkiv-infrastrukturi-ukraini-vid-vijni-perevisila-150-milardiv-kse.html>
9. History of the Ukrainian SSR: In 10 volumes Vol. 9: Ukrainian SSR in the period of developed socialist society (1945 - early 60s) / Editorial Board: A. V. Lykholat (chief editor), N. G. Ishchenko, M. P. Kim, Yu. A. Kurnosov, I. M. Makoveychuk

- (deputy editor), P. P. Panchenko, H. R. Plyushch (executive secretary), A. D. Skaba, P. S. Sokhan. Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Institute of History. – Kyiv: Naukova Dumka, 1985. – 582 p.
10. ·Voytko, S.V., Soprun, N.V. Systematization of theoretical foundations and scientific views on cyclical processes in the economy. *Effective Economy*. No. 3, 2013. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1858>
 11. ·Demidova, O.O., Lytvynenko, O.V., Mogolivets, A.A., Novak, E.V. The influence of seasonal factors on quality, cost, labor intensity, and other parameters of construction. *The Scientific Heritage*, No. 74. Global Science Center LP. 2021.
 12. ·Herasymenko, S.S., Herasymenko, V.V. Economic cycles of modernity: global and Ukrainian trends. *Scientific Bulletin of the National Academy of Statistics, Accounting, and Auditing*, 2020. No. 4. Pp. 5-13.
 13. ·Mogolivets, A.A. The mechanism of state regulation of financial stability in construction under economic cyclicity. Dissertation for the Candidate of Economic Sciences degree. 08.00.03 – economy and national economy management. Kyiv: KNUCA, 2019. 218 p.
 14. ·Pryb, K.A. The essence of crises and their place in economic dynamics processes. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Economic Sciences Series. Issue 9-1. Part 2*. 2014. Pp. 13-17.
 15. ·Sidorov, V.I., Revyakin, H.V. The problem of identifying economic crises and the regularities of their functioning. *Bulletin of Kharkiv National University named after V.N. Karazin International Relations. Economy. Country Studies. Tourism*. No. 1144. Vol. 1. Issue 3. Pp. 133-136.
 16. ·Kovalevska, A.V. Lecture notes on the subject "Anti-crisis enterprise management". – Kharkiv: KhNUMG named after O.M. Beketov, 2016. 140 p.
 17. ·Economic Crisis // *Encyclopedia of Modern Ukraine / Editorial board: I. M. Dzyuba, A. I. Zhukovskyy, M. H. Zheleznyak, et al.* – Kyiv: Institute of Encyclopedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2009. URL: <https://esu.com.ua/article-18776>
 18. ·Kukhta, P.V. Crises, their causes, and consequences. *Effective Economy*. 2012, No. 10. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1439>
 19. ·Ortina, H.V. Causes and consequences of economic crises in market economies as objects of state influence. *Public Administration: Improvement and Development*. No. 2, 2015. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1101>
 20. ·Bohdan, T. Post-war economic recovery: directions, levers, and institutions // *Ukrainska Pravda*: 25.04.2022. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2022/04/25/686208/>
 21. Skrypnyk O.V. Formation of Marketing Pricing Policy for Construction Industry Enterprises in Conditions of Economic Cyclicity. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. 051 – Economics. Kyiv: KNUCA, 2021. 273 p.
 22. "Ukraine's GDP Decline Slowed to 10.5% in Q1 2023 – State Statistics Service" // *Interfax-Ukraine*: 09.06.2023. URL: <https://interfax.com.ua/news/economic/915720.html/>
 23. "National Bank Estimates Ukraine's GDP Growth at 18.1% in Q2 2023, Expects Slowdown to 4.6% in Q3 2023" // *Interfax-Ukraine*: 04.08.2023. URL: <https://interfax.com.ua/news/general/926835.html>
 24. "Cyclicity of Real Estate Market Development: Modern Context: Monograph" / O.V. Shkurupiy, T.O. Bilobrova. – Poltava: PUET, 2012. – 190 p.
 25. "Prices for Real Estate in the Secondary Market in Lviv from 2015 to 2024: M2bomber Portal Information." URL: <https://ua.m2bomber.com/stat/2032280/view/lviv?type=flat-sell>
 26. "Prices for Real Estate in the Secondary Market in Kyiv from 2015 to 2024: M2bomber Portal Information." URL: <http://surl.li/vrwyup>
 27. "Anti-Crisis Headquarters Addressed Prime Minister D. Shmyhal Regarding the Localization of Building Materials Production: USPP Information." URL: <https://uspp.ua/news/actual/2018/antykryzovyi-shtab-zvernuvsia-do-premier-ministra-d.shmyhalia-shchodo-lokalizatsii-vyrobnytstva-budmaterialiv>
 28. "Kubrakov O. Energy Efficiency of Housing Stock is a Key Component of Reconstruction Based on the Build Back Better Principle" // *Government Portal*: 13.10.2023. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/oleksandr-kubrakov-enerhoefektyvnist-zhytlovoho-fondu-odna-zi-skladovykh-vidbudovy-za-pryntsyom-build-back-better>
 29. "Shveda O. Cold, Damp, but We Don't Want to Leave. Report from the Modular Town" // *Suspilne News*: 14.10.2022. URL: <https://suspilne.media/295150-holodno-vologo-ale-zizzati-mi-ne-hocemo-reportaz-iz-modulnogo-mistecka/>
 30. "Opanasenko O. A House Printed on a 3D Printer Will Appear in Irpin" // *Glavcom*: 31.07.2023. URL:
 31. "Zabaznova N., Dusko I. In Lviv, a Primary School Building is Being Constructed Using a 3D Printer" // *Suspilne News*: 16.05.2023. URL: <https://suspilne.media/478063-u-lvovi-za-dopomogu-3d-printera-buduut-korpus-pocatkovoi-skoli>
 32. "Penkalyuk S., Sendetska-Moniuk I. If the Gas Is Turned Off: How the City Authorities of Ivano-Frankivsk Are Preparing Shelters for Winter and Whether They Can Be Insulated Independently" // *Suspilne News*: 10.08.2022. URL: <https://suspilne.media/269733-akso-vidimknut-gaz-ak-miska-vlada-frankivska-gotue-ukritta-do-holodiv-i-ci-mozna-utepliti-ih-samotuzki/>
 33. "DBN V.2.2-5:2023 'Civil Protection Shelters.'" URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2023/08/DBN_V_2_2_5-2023.pdf
 34. "Ecological Building Materials: Information from the 'Ecodoma' Website." URL: <https://ecodoma.in.ua/ecologiczne-strojmateriali.html>
 35. "Miroshnychenko O. How Ukraine Can Compensate for the Loss of 30% of Its Labor Potential" // *Ukrainska Pravda*: 10.05.2023. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/05/10/699925/>
 36. "Ukraine's Recovery: Ways and Opportunities for Financing: Publication by the National Institute for Strategic Studies." URL: <https://miss.gov.ua/doslidzhennya/mizhnarodni-vidnosyny/vidnovlennya-ukrayiny-shlyakhy-ta-mozhlyvosti-finansuvannya>
 37. "Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine from September 27, 2022, No. 1073 'On Approving the Procedure for Managing Waste Generated from the Damage (Destruction) of Buildings and Structures as a Result of Hostilities, Terrorist

- Acts, Sabotage, or the Performance of Works to Eliminate Their Consequences, and Amending Certain Resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine'." URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text>.
38. "Dashkova T.S., Glukhovskiy V.V., Glukhovskiy I.V., Sviderskiy V.A. Reducing the Energy Consumption of Compositions Based on Inorganic Binders. *Eastern-European Journal of Advanced Technologies*. 2011. Vol. 5, No. 8(53). pp. 7-11."
39. "A Mechanism for Regulating Carbon Emissions at the EU Border Will Begin Operating in Ukraine" // *Eco Rayon*: 26.06.2023. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/610964-v-ukraini-zapratsyue-mekhanizm-regulyuvannya-vikidiv-vuglet-syu-na-kordoni-z-es>.
40. "Presentation of Hemp-Lime Structural and Insulating Materials TM 'Hempire Mix'." URL: https://www.linkedin.com/in/boikosv/overlay/1635517885943/single-media-viewer/?profileId=ACoAAAPJD_UB9YXDchgFzMatq9PLKC-WkP7ZIYs.
41. "In 2023, 1.5 Thousand Hectares of Industrial Hemp Will Be Sown in Ukraine" // *SuperAgronom.com*: 24.03.2023. URL: <https://superagronom.com/news/16912-v-2023-rotsi-v-ukrayini-promislovimi-konoplyami-zasiyut-15-tis-ga>.
42. "Hemp Hurds: Information from the 'EcoDom – Ukraine' Website." URL: <https://www.ecohouses.com.ua/ru/materialy-i-osnashchenie/naturalnye-utepliteli/kostra-konopli.html>.
43. "Pepelya V. A Cluster for Growing Technical Hemp Was Created in Zhytomyr Region" // *Landlord*: 15.02.2023. URL: <https://landlord.ua/news/na-zhytomyrshchyni-stvoryly-klaster-z-vyroshchuvannya-tekhnichnykh-konopel/>.
44. "Primakov O. Technical Hemp Can Also Be Used as Fuel" // *AgroBusiness Today*: 14.02.2014. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8359-tekhnichni-konopli-tezh-mozhut-buty-palyvom.html>.
45. "Conclusion on the Possibility of Internal Insulation of Building Walls (Including Underground Structures) with Hemp-Lime Insulating Material 'Hempire Mix'." URL: https://www.linkedin.com/in/boikosv/overlay/1705928013588/single-media-viewer/?profileId=ACoAAAPJD_UB9YXDchgFzMatq9PLKC-WkP7ZIYs.

O. Kazmin, aspirant, ORCID: 0000-0001-5730-6666

Kiev National University of Construction and Architecture, Kyiv

STATE AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF UKRAINE'S BUILDING INDUSTRY IN THE CONDITIONS OF THE ECONOMIC CRISIS CAUSED BY THE FULL-SCALE AGGRESSION OF THE RUSSIA, FROM THE POINT OF VIEW OF ECONOMIC CYCLICITY

Abstract. *The article is dedicated to examining the specific manifestations of economic cyclicality in Ukraine's building materials industry under martial law conditions. The analysis reveals that the full-scale war has led to the destruction of approximately 20% of enterprises, while others have experienced significant declines in production volumes, market access, raw material sources, and human resources. The features of war-induced economic crises are compared with cyclical overproduction crises, showing that military actions immediately push the economy into a recession phase. However, recovery may commence even before the end of hostilities due to the economy reaching the trough of the economic cycle. The article explores various approaches to defining and understanding the concept of "economic crisis," highlighting the importance of identifying its causes and characteristics. Key factors influencing the transition between different phases of economic cycles—recession, depression, recovery, and expansion—are identified. It is noted that the moments of phase transition are critical to economic development, as they represent the shift from quantitative changes in one phase to qualitative changes in the next. The dynamics of real estate prices are analyzed as one of the key indicators signaling the onset of the recovery phase. Additionally, the article formulates the components of a development strategy for Ukraine's construction sector during the recovery period, taking into account the consequences of the war. These components include the localization of building materials production, improving housing comfort, ensuring the environmental sustainability of building materials, conserving resources in their production (particularly energy), involving foreign aid in the reconstruction process, and recycling demolition waste into building materials. It is determined that the future development of the construction industry must also address the issue of effectively insulating protective structures and bomb shelters with eco-friendly materials, necessitating further development of domestic building materials that meet the urgent demands of wartime. The article concludes with the prospect of utilizing hemp-lime building materials in the reconstruction process, as they fully align with the proposed development strategy.*

Keywords: *economic cyclicality, construction sector, economic crisis, building materials, military actions, construction industry development, recovery, localization, civil protection structures, environmental sustainability, resource conservation, hemp-lime building materials.*

Зміст

1 П.Є.Григоровський, Ю.М.Червяков, В.О.Басанський, О.В.Мурасьова, Ю.М.Халутка, Ю.В.Бількевич ОРГАНІЗАЦІЯ РЕЦИКЛІНГА БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ	3
2 П.Є. Григоровський, О.В. Мурасьова, В.О. Іваненко, О.О. Захаренко, І.М. Уманець ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТ ПРАЦІ НА ВЛАШТУВАННЯ ГЕОМЕМБРАНИ HDPE РЕКУЛЬТИВАЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПОЛІГОНУ №5 КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	9
3 В.А. Скакун ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ В УМОВАХ ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ	18
4 А.П. Броневицький, О.В. Мурасьова ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	27
5 Ю.М.Халутка, В.В.Орищенко ПРОЕКТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД	32
6 К.К. Пушкарьова, Л.В. Терещенко ОЦІНКА ВПЛИВУ НЕОРГАНІЧНИХ ПІГМЕНТІВ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ ЦЕМЕНТІВ	37
7 Д.О. Хохлін, М.О. Божинський ЗАСТОСУВАННЯ ОСНОВНИХ ПРИНЦИПІВ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД В УМОВАХ МОЖЛИВИХ ОБСТРІЛІВ НА ПРИКЛАДІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ВЕЛИКОПРОЛІТНОЇ ФЕРМИ	43
8 В.В. Титок, Ю.В. Сиволап ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИБОРУ ВИДУ ФАСАДНИХ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ АВС-АНАЛІЗУ НА ВАРТІСТЬ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ОБ'ЄКТА БУДІВНИЦТВА	49
9 Д.Ю. Вахович ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ	53
10 О.О. Дем'яненко, К.О. Міліцький ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ, ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК РАКЕТНИХ УДАРІВ	57
11 Ю.В.Цапко, О.П. Бондаренко, О.Ю.Цапко, К.О.Каверин, Д.Ю.Семігран ОСОБЛИВОСТІ ВИМИВАННЯ ВОДОРОЗЧИННИХ ФОСФОРНО-АМОНІЙНИХ СОЛЕЙ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЕРЕВИНИ	63
12 П.Є. Григоровський, Ю.В. Крошка, О.В. Бень С.Г. Сухойван ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ	69
13 І.В. Шумаков, О.В. Горда, А.П. Григоровський РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНИХ, ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТРИВАЛІСТЬ ПРОЦЕСУ ЛІКВІДАЦІЇ ТА ЛОКАЛІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ РУЙНУВАНЬ	79
14 С.В. Зайчук ВИЗНАЧАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ МЕТОДОЛОГІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ФОРМУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО ПОРТФЕЛЯ ПІДПРИЄМСТВА В ОНОВЛЕНОМУ ФОРМАТІ СУЧАСНОГО ДЕВЕЛОПМЕНТУ	85
15 О.Д. Галунка ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ: СЕКТОРАЛЬНИЙ ВИМІР	93
16 Д.В. Дубінін ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ПОДОЛАННЯ ВИКЛИКІВ І ЗАГРОЗ УЧАСНИКІВ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ МУЛЬТИПРОЕКТНОГО СЕРЕДОВИЩА	102
17 О.Г. Казьмін СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БУДІНДУСТРІЇ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ, ВИКЛИКАНОЇ ПОВНОМАСШТАБНОЮ АГРЕСІЄЮ РФ, З ТОЧКИ ЗОРУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЦИКЛІЧНОСТІ	109