

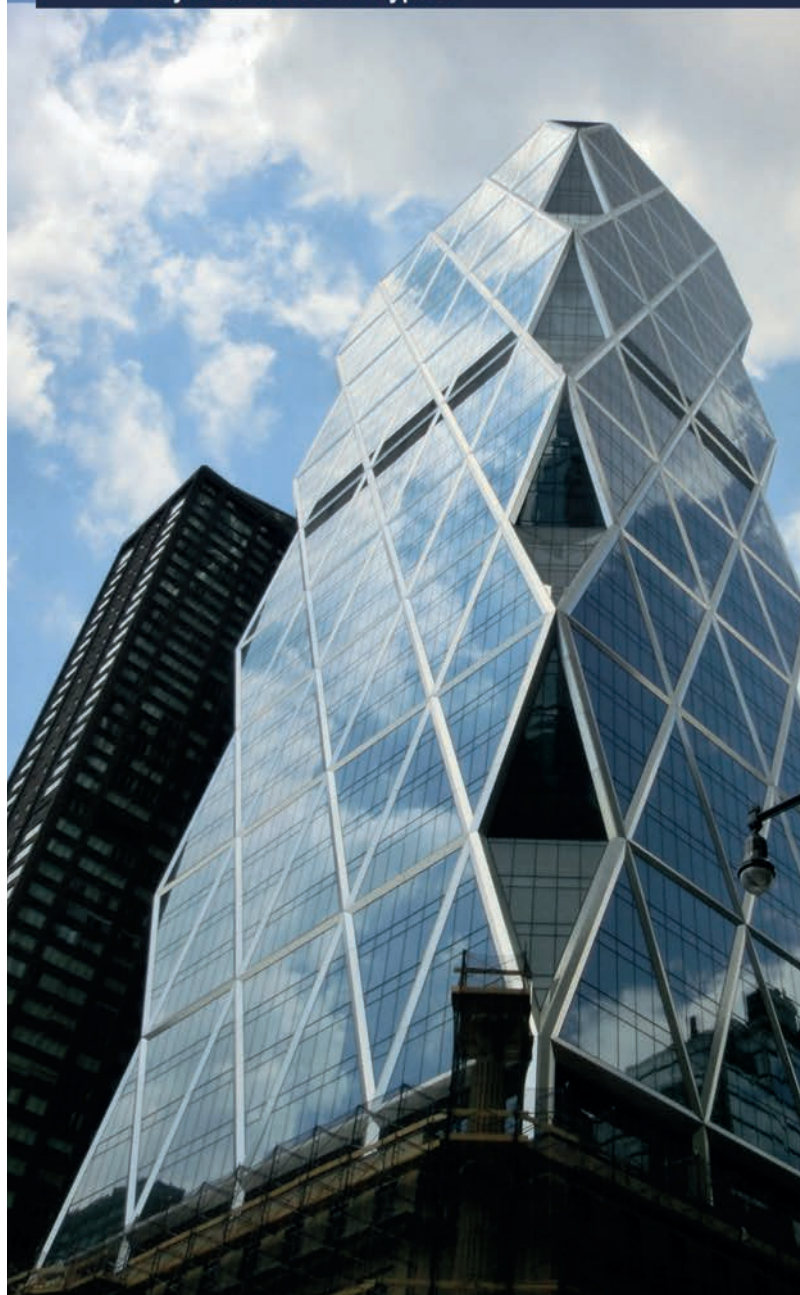
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

науково-технічний журнал



№ 43/2023



Застосування неймережевого формування архітектурних особливостей в цивільній інженерії с. 12

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

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



Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації

Серія КВ № 21943-11843ПР від 31.03.2016 р.

Внесено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі технічних наук зі спеціальностей 191 «Архітектура та містобудування», 192 «Будівництво та цивільна інженерія» на підставі Наказу МОН України від 17.03.2020 р. № 409 та 051 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 073 «Менеджмент» на підставі Наказу МОН України від 02.07.2020 р. № 886.

Науково-технічний журнал заснований у січні 2001 року.

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

Видається НДІБВ 2 рази на рік.

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

Редакційна колегія:

Григорівський П. Є., головний редактор, д.т.н., проф.;

Молодід О. С., заступник головного редактора, к.т.н., доцент;

Барабаш М. С., д.т.н., с.н.с.;

Беленкова О. Ю., к.е.н., доцент;

Гончаренко Д. Ф., д.т.н., проф.;

Данченко Ю. М., к.т.н., проф.;

Менейлюк О. І., д.т.н., проф.;

Радкевич А. В., д.т.н., проф.;

Рижакова Г. М., д.е.н., проф.;

Стеценко С. П., д.е.н., проф.;

Тугай О. А., д.т.н., проф.;

Хижняк В. О., к.е.н., доцент.

Зарубіжні члени редколегії:

Дзвігол Хенрік, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;

Котовіч Януш, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща;

Кузьор Олександра, проф. Сілезька політехніка. Глівіце, Польща.

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

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

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

Літературний редактор Н.В. Славогородська

Технічний редактор І.В. Азанова

Художнє оформлення А.С. Юдашкіна

Комп'ютерна верстка та графіка Н.С. Кузнецова

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

Редакція не несе відповідальність за достовірність наведеної в статтях інформації

Адреса редколегії журналу:

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

УДК 728.1.012.185

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

аспірант кафедри теорії, історії архітектури та синтезу мистецтв,

Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, м. Київ

ORCID ID: 0009-0006-4380-4924

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

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

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

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

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

ефективність, інклюзивність і захист та поліпшення якості житлових умов.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

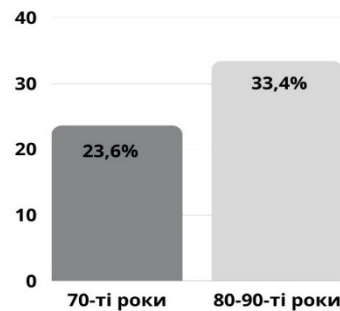


Рис. 1. Житловий фонд України 70-90-х років ХХ століття

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



Рис. 2. Інноваційна концепція модернізації житлової забудови

Основними напрямками є:

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

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

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

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

- роботи, спрямовані на енергоефективність.

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

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

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

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

Література

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

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

References

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

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

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

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

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

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

Derkach S.I.

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

Доненко В.І.

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

Кулік М.В.

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

Бобраков А.А.

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

Іваненко Д.С.

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

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ В ЦИВІЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Почати треба з визначення відмінних рис зазначених архітектурних стилів.

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

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

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

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

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

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

З метою оптимізацію вихідних зображень та досягнення найкращих результатів гене-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

Таблиця 1. Результати формального вираження ШІ (функціоналізм)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Література

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

References

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

APPLICATION OF NEURONET FORMATION OF ARCHITECTURAL FEATURES IN CIVIL ENGINEERING

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

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

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

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

Donenko V.I.

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

Kulik M.V.

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

Bobrakov A.A.

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

Ivanenko D.S.

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

УДК 693.542.4

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

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

Левченко Н.М.

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

Резниченко А.О.

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

Березовська А.О.,

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

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ ДОМІШОК НА ПОКАЗНИКИ ГРУНТОЦЕМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЇ DSM

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

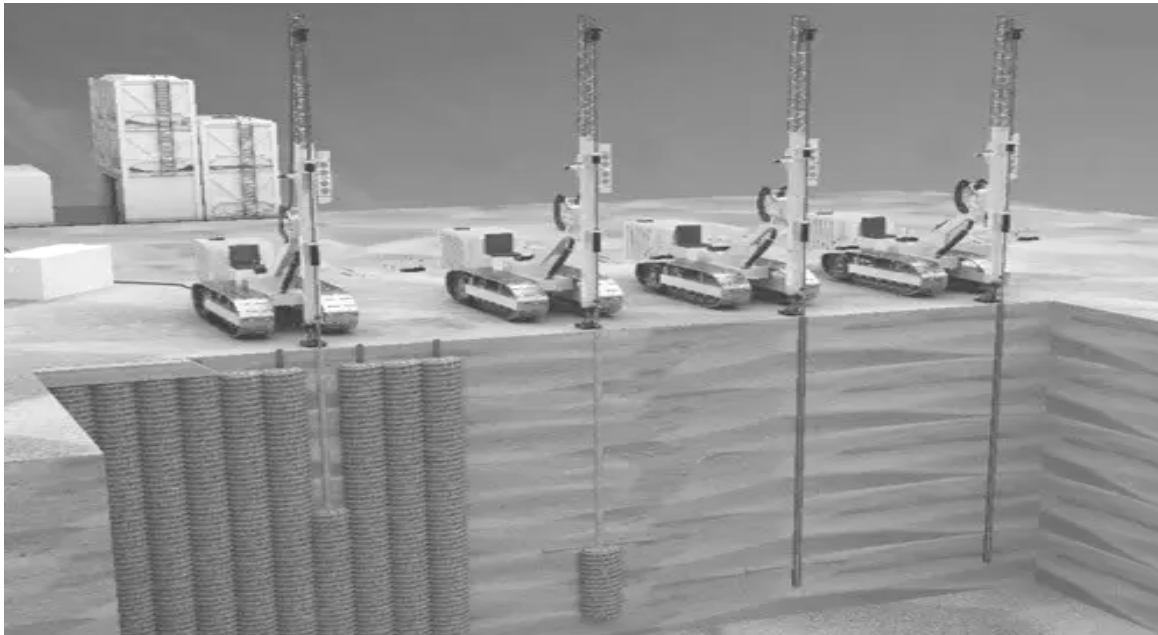


Рис. 1. Виготовлення безвибурних ґрунтоцементних елементів (паль) за технологією DSM [6]

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

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

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

Фізико-хімічні характеристики пластифікаторів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості пластифікаторів [8]

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

Ґрунт, що використовувався для досліджень та безпосередньо в якому проводились роботи з виготовлення ґрунтоцементних паль, був відібраний безпосередньо з глибини до 10,0 м з будівельного майданчика, призначеного для будівництва силосів V=10300.00м³ зі зберігання насіння соняшнику за проектом «Реконструкція об'єкту приймання та підготовки до переробки насіння соняшника», що реалізувався ПАТ «Запорізький оліяжиркомбінат» м. Запоріжжя.

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

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

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

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

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

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

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

– ущільнення просадних ґрунтів попереднім замочуванням;

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

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

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

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

Таблиця 3. Показники готової речовини (авторське дослідження)

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

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

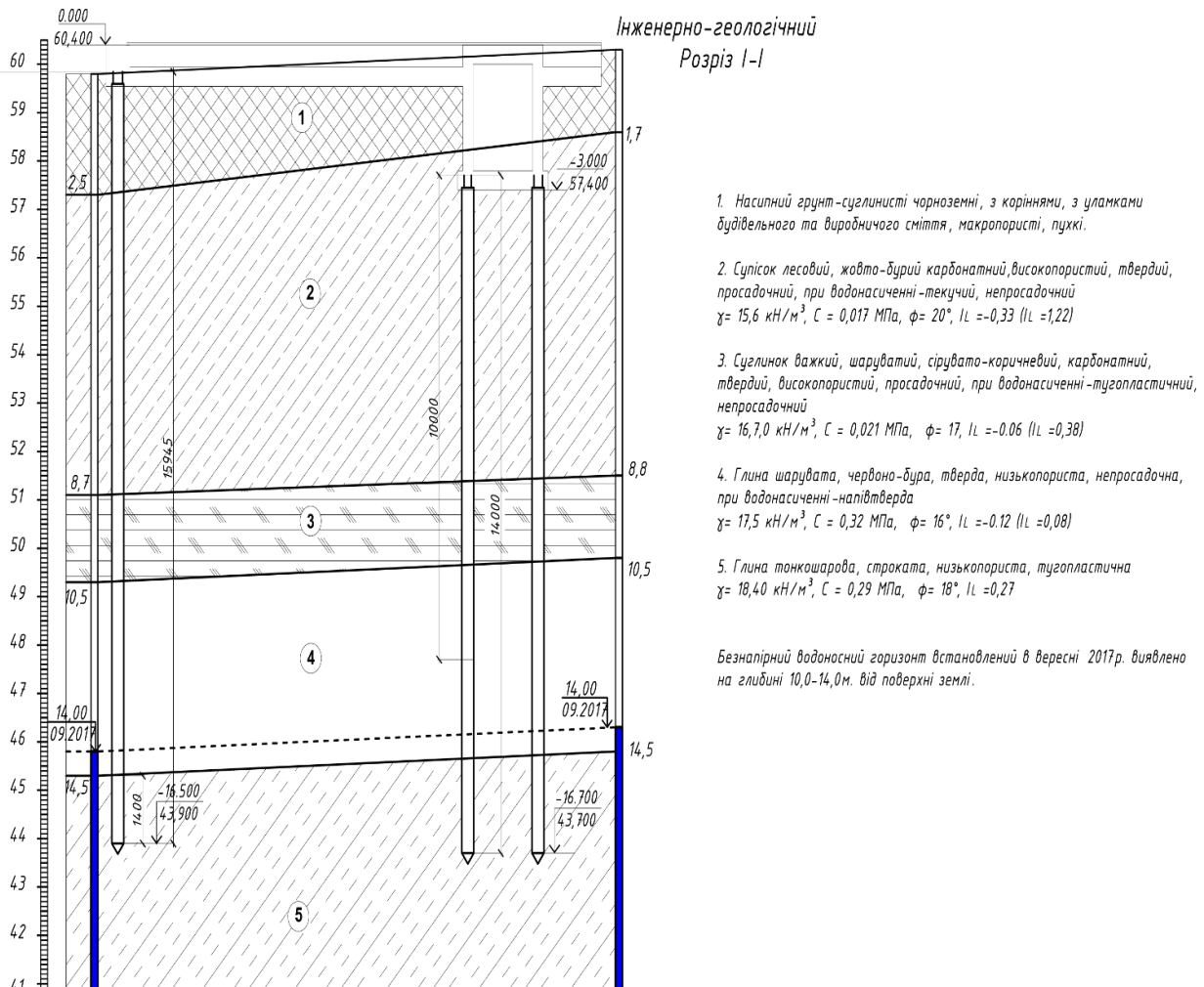


Рис. 2. Інженерно-геологічний розріз із визначеними фізико-хімічними властивостями ґрунтів [9]

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

Таблиця 4. Технічна характеристика портландцементу ПЦ ІІ/А-Ш-500 [11]

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 7. Якість перемішування ґрунтоцементної суміші (авторське дослідження)

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

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

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

Вид ґрунтоцементної суміші	Міцність зразків, МПа		
	2 доби	4 доби	7 діб
	R _{сж}	R _{сж}	R _{сж}
Контрольний зразок	2,5	3,3	4,8
Зразок з пластифікатором	3,0	5,7	6,8

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

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

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

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

Література

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

References

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

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

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

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

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

Nasarenko O.M.

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

Levchenko N.M.

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

Reznychenko A.O.

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

Berezovska A.A.

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

УДК 624.072.2.012.35:539.374

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

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

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

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

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

визначення їх несучої здатності повною мірою не реалізоване.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

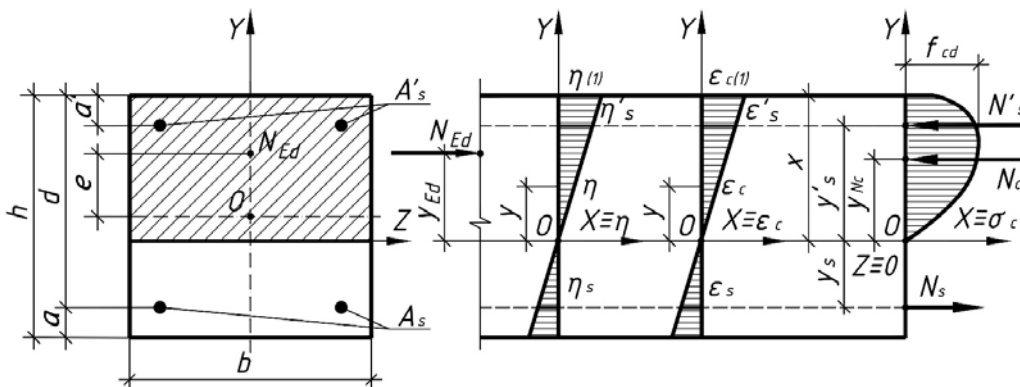


Рис. 1. Розрахункова схема до визначення несучої здатності позацентрово стиснутої залізобетонної колони

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

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

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

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

N_c – рівнодійна напружень в бетоні стиснутої зони;

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

y_{Nc} – координата точки прикладання зусилля N_c ;

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

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

x – висота стиснутої зони бетону;

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

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

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

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

y – поточне значення координати в системі координат XOY ;

x – висота стиснутої зони бетону.

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

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

в якій

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

де ω – коефіцієнт повноти епюри напружень у бетоні стиснутої зони;

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

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

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

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

де

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

Рівнодійні зусиль в стиснутій та розтягнутій арматурі обчислюються залежно від напружень

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

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

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

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

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

де деформації арматури:

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

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

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

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

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

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

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

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

Опираючись на запропонований критерій, для визначення значень ε_{co} (η_o) залежність (5) досліджена на екстремум за умовою:

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

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

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

де λ – корінь характеристичного рівняння

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

Для значення $k = 2$

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

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

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

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

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

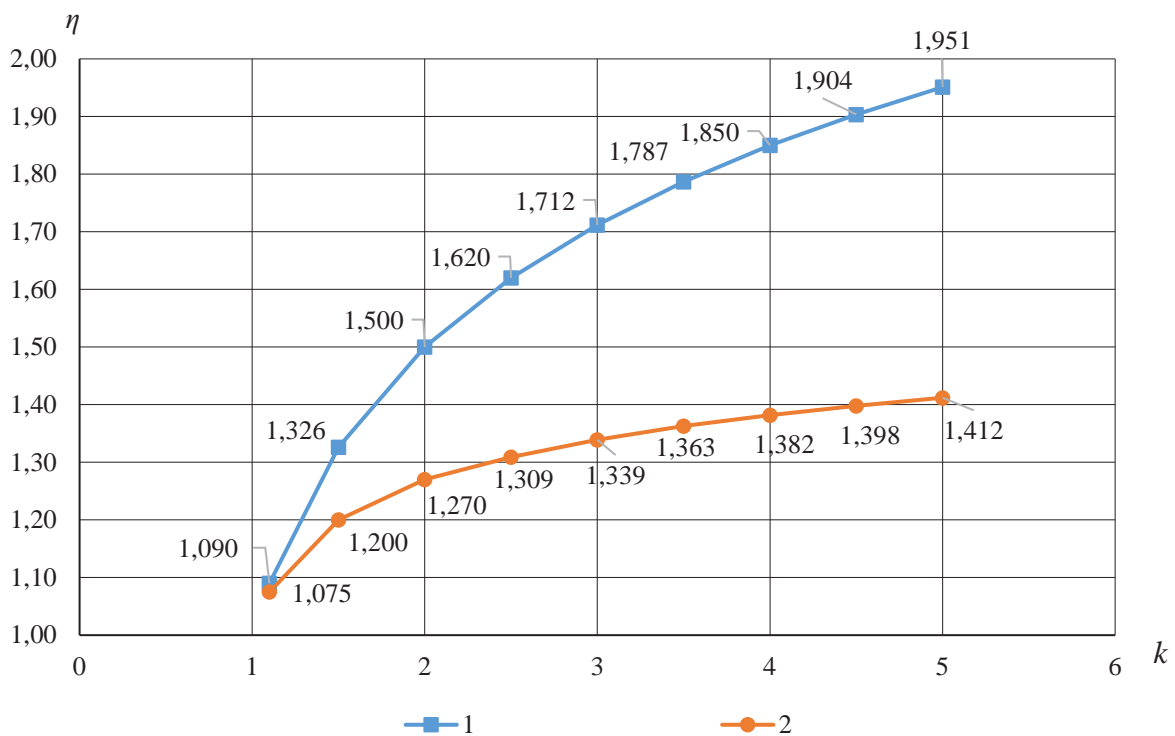


Рис. 2. Діаграми граничних значень рівнів фібрових деформацій бетону в стиснутій зоні поперечного перерізу позациентрово стиснутого елемента прямокутного профілю: 1 – η_o за (15) при $\sigma_s < f_{yd}$ та 2 – η_u за екстремальним критерієм [6, с. 67] при $\sigma_s = f_{yd}$ залежно від параметра k

Таблиця 1. Значення параметрів η_o , ω та φ для позacentрово стиснутих колон залежно від класу бетону С

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

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

Розглянемо застосування розробленої методики на прикладі.

Приклад. Дано: колона з поперечним перерізом квадратного профілю розмірами $b = 400$ мм, $h = 400$ мм (рис. 1); бетон колони класу C30/35 ($f_{cd} = 19,5$ МПа, $E_{cd} = 27$ ГПа, $\varepsilon_{e1,cd} = 1,72\%$); арматура класу A400C ($f_{yd} = 364$ МПа, $E_s = 210$ ГПа, $\varepsilon_{s0} = 0,0017$) розташована на відстані від граней перерізу на відстані $a' = a = 50$ мм, площа арматури $A'_s = A_s = 628$ мм²; ексцентриситет прикладання зовнішньої сили N_{Ed} складає $e = 60$ мм. Визначити несучу здатність колони.

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

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

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

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

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

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

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

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

Література

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

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

References

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

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

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

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

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

Pavlikov A.M.

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

Harkava O.V.

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

Постернак І.М.

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

Постернак С.О.

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

Постернак О.С.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

використання ресурсів (таблиця 1).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Складено на підставі статистичного моделювання

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

потенціал для реконструкції будівель історичної забудови Одеси за стандартами енергоефективності.

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

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

Література

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

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

References

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

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

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

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

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

Posternak I.M.

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

Posternak S.O.

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

Posternak O.S.

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

УДК 65.011.4:658.562:69.003.13

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

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

Постернак С.О.

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

Постернак О.С.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Опис розвитку будівельного проекту є інформаційно складним процесом, тому що

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Напрямок розвитку потоків приймається:

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

Для кодування подій фрагментів мережевих моделей прийнятий чотиризначний код:

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

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

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

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

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

* Складено на підставі організаційно-технологічного моделювання

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

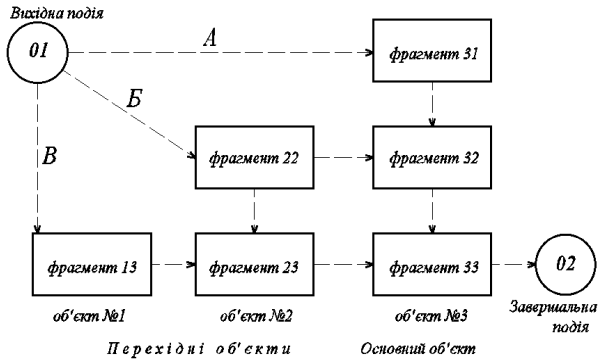


Рис. 1. Схема ув'язки фрагментів трьох об'єктів, що будуються в єдину одноцільову модель зведення житлового комплексу: А – комплекс робіт підземної частини; Б – комплекс робіт надземної частини; В – комплекс оздоблювальних робіт

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

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

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

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

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

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

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

І.3. Для завершальної події приймають

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

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

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

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

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

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

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

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

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

І.6. Визначають критичний шлях мережевої моделі.

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

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

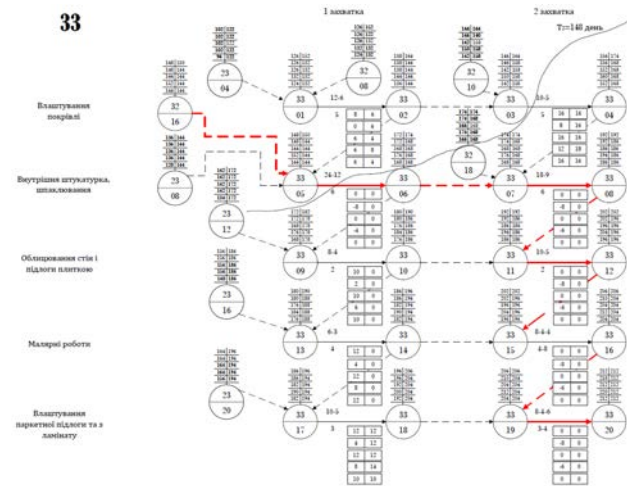


Рис. 2. Фрагмент мережевої моделі номер 33.

*Складено на підставі організаційно-технологічного моделювання.

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

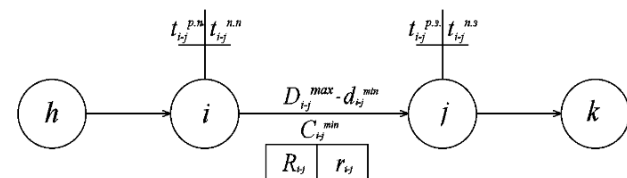


Рис. 3. Приклад запису тимчасових параметрів на роботах мережевого графіка

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

Розроблений календарний план будівництва групи об'єктів у вигляді планових

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

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

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

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

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

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

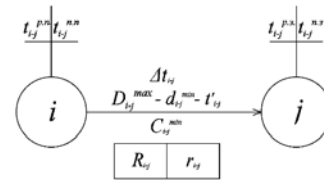


Рис. 4. Приклад запису тимчасових параметрів на роботах мережевого графіка з врахуванням зривів

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

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

Таблиця 2. Звіт про хід виконання робіт

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

*Складено на підставі організаційно-технологічного моделювання

валі між першим і другим термінами знімання інформації.

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

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

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

Для ліквідації відставання від планових термінів приймають такий захід:

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

При цьому необхідно враховувати наступне:

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

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

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

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

При другому зніманні інформації $T_{2,l,3,i} = 0,77 T_{роз}$ ліквідація зривів проводиться на роботах, пізні терміни закінчення яких знаходяться за даною лінією знімання інформації, за такою ж методикою.

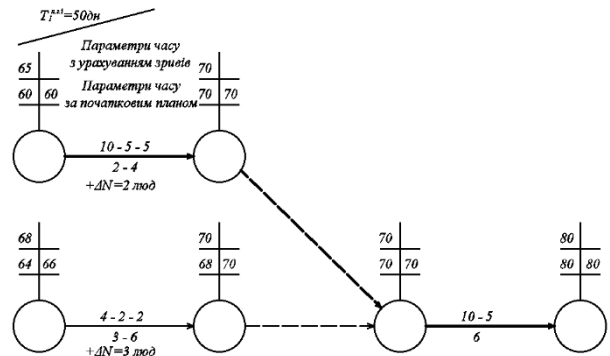


Рис. 6. Приклад запису параметрів часу мережевого графіка з урахуванням зривів після лінії знімання інформації

Висновки.

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

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

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

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

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

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

Література

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

References

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

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

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

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

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

Posternak I.M.

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

Posternak S.O.

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

Posternak O.S.

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

УДК 624.012.3:681.3.06

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

Симонов С.І.

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

Гаркуша В.С.

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

Пузачова А.С.

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

Годун Т.М.

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

Сергієнко Ю.В.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



Рис. 1. Корпус ПДТУ до війни



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

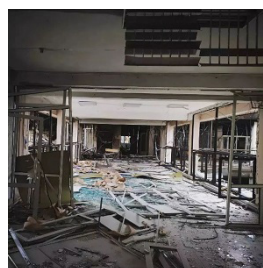


Рис. 3. Корпус № 5 після бойових дій (вид зсередини)



Рис. 4. Візуалізація корпусу ПДТУ

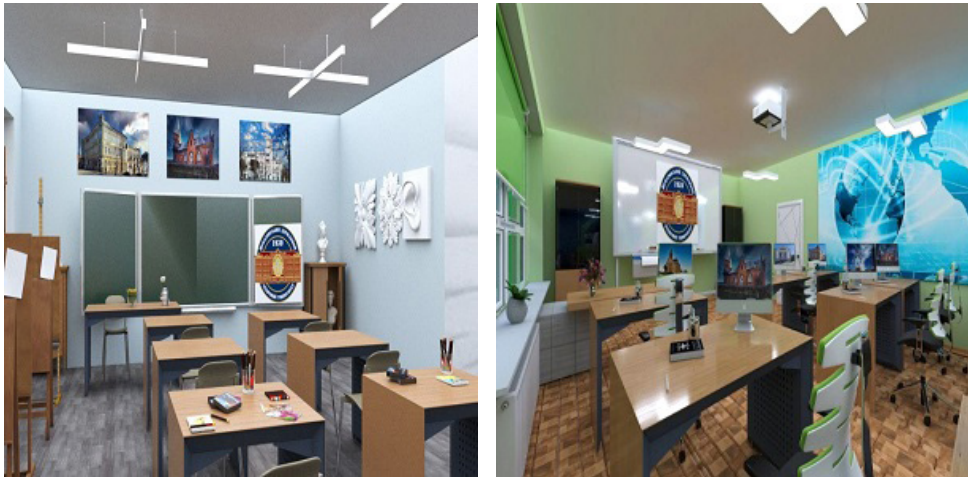


Рис. 5. Проект візуалізації майбутньої реконструкції корпусу № 5 (аудиторія цифрової лабораторії на 2 поверсі корпусу) ДВНЗ ПДТУ, виконаний по кресленням та фотокарткам пошкоджень будівлі у 2022 році

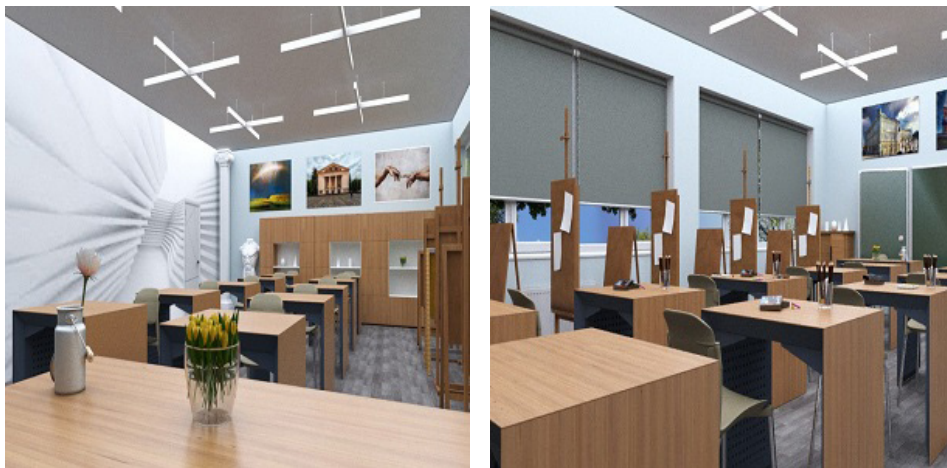


Рис. 6. Проект візуалізації майбутньої реконструкції корпусу № 5 ДВНЗ ПДТУ



Рис. 7. Студентська їдальня до війни



Рис. 8. Проект бізнес-центру



Рис. 9. Студентська їдальня до війни вид збоку



Рис. 10. Екстер'єр проекту бізнес-центру

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

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

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

Література

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

Referenses

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

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

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

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

Simonov S.I

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

Harkusha V.S.

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

Puzachova A.S.

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

Godun T.M.

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

Sergienko U.V.

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

УДК 693.9: 69.057

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

Тонкачєєв Г.М.

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

Молодід О.С.

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

Тонкачєєв В.Г.

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

Шандра О.Г.

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

МЕТОД ЦІЛОЧИСЛОВОГО НОРМУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

дом нормованих робіт збірники ЄНіР мало чим різняться від РЕКНр.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

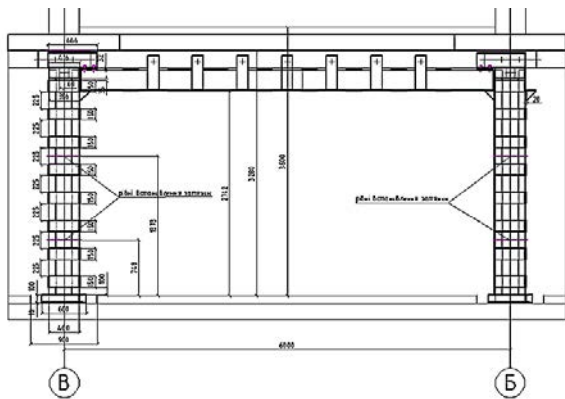


Рис. 1. Схема конструктивного рішення по підсиленню колон і ригелів залізобетонних рам

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

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

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

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

Сумарний час виконання дії визначається за формулою:

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

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

Трудомісткість комплексу i -х дій за кількістю виконавців:

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

Норма витрат праці на весь процес розраховується за формулою:

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

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

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

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

Таблиця 1. Матриця складових затрат праці

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

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

Процес було розчленовано на такі операції:

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

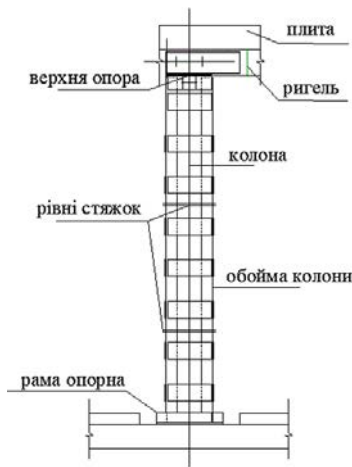


Рис. 2. Конструктивне рішення підсилення колони

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 2. Матриця затрат праці влаштування обойми колони

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

Таблиця 3. Калькуляція витрат праці на виконання процесу

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

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

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

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

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

Як правило, слід формувати наступні потоки:

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

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

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

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



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

Література

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

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

References

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

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

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

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

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

Tonkacheiev H.M.

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

Molodid O.S.

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

Tonkacheiev V.H.

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

Shandra O.H.

Senior teacher, post graduate student of the Department of Construction Technologies,
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

ЗМІСТ

Деркач С.І. ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ НА ЗАСАДАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	3
Доненко В.І., Кулік М.В., Бобраков А.А., Іваненко Д.С. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ В ЦИВІЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ	12
Назаренко О.М., Левченко Н.М., Резниченко А.О., Березовська А.О. ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ ДОМШОК НА ПОКАЗНИКИ ҐРУНТОЦЕМЕНТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЇ DSM	21
Павліков А.М., Гарькава О.В. НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ ПОВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОПОРУ СТИСНУТОЇ ЗОНИ БЕТОНУ	29
Постернак І.М., Постернак С.О., Постернак О.С. КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ У СКЛАДІ ПРОЄКТУ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА «КНТК МЕРЕК»	36
Постернак І.М., Постернак С.О., Постернак О.С. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ У СКЛАДІ «КНТК МЕРЕК»	45
Симонов С.І., Гаркуша В.С., Пузачова А.С., Годун Т.М., Сергієнко Ю.В. ПІСЛЯВОЄННА ВІДБУДОВА МАРІУПОЛЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРИКЛАДІ «ПРИАЗОВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ»	54
Тонкачєєв Г.М., Молодід О.С., Тонкачєєв В.Г., Шандра О.Г. МЕТОД ЦІЛОЧИСЛОВОГО НОРМУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ	60

CONTENTS

Derkach S.I. INNOVATIVE APPROACH TO MODERNIZATION OF RESIDENTIAL BUILDING ON THE BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT.....	3
Donenko V.I., Kulik M.V., Bobrakov A.A., Ivanenko D.S. APPLICATION OF NEURONET FORMATION OF ARCHITECTURAL FEATURES IN CIVIL ENGINEERING.....	12
Nasarenko O.M., Levchenko N.M., Reznychenko A.O., Berezovska A.A. THE INFLUENCE OF COMPLEX ADMIXTURES ON INDICATORS OF SOIL-CEMENT STRUCTURES USING DSM TECHNOLOGY.....	21
Pavlikov A.M., Harkava O.V. BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS BASED ON THE CRITERIA OF FULL USE OF THE RESISTANCE OF THE COMPRESSED CONCRETE AREA.....	29
Posternak I.M., Posternak S.O., Posternak O.S. CALENDAR PLANNING BY THE METHOD OF CONTINUOUS USE OF RESOURCES AS PART OF THE "CSTC T-PPR" CONSTRUCTION ORGANIZATION PROJECT.....	36
Posternak I.M., Posternak S.O., Posternak O.S. SIMULATION OF THE CONSTRUCTION MANAGEMENT PROCESS OF A GROUP OF FACILITIES AS PART OF "CSTC T-PPR".....	45
Simonov S.I., Harkusha V.S., Puzachova A.S., Godun T.M., Sergienko U.V. POST-WAR RECONSTRUCTION OF UKRAINE WITH THE HELP OF VIM TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE OF "PRIAZOVSKYI STATE TECHNICAL UNIVERSITY".....	54
Tonkacheiev H.M., Molodid O.S., Tonkacheiev V.H., Shandra O.H. THE FERROCONCRETE FRAMES REINFORCING PROCESS' INTEGER RATIONING METHOD FOR FRAME BUILDINGS	60

Регламенти контролю якості виконання будівельних робіт

1. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ФУНДАМЕНТІВ**
2. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ**
3. Регламент контролю якості **ПРИ ЗВЕДЕННІ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
4. Регламент контролю якості **ПРИ МОНТАЖІ ЗБІРНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**
5. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
6. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**
7. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ ПРИ МОНТАЖІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**
8. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ НЕПРОХІДНИХ КОМУНІКАЦІЙНИХ КАНАЛІВ**
9. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ФАСАДНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ**
10. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬ**
11. Регламент контролю якості **ОПОРЯДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ**
12. Регламент контролю якості **УЛАШТУВАННЯ ПІДЛОГ**
13. Регламент контролю якості **РОБІТ З УЛАШТУВАННЯ ВІКОН І ДВЕРЕЙ**
14. Регламент контролю якості **МОНТАЖУ ВНУТРІШНІХ САНИТАРНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**
15. Регламент контролю якості **ВИКОНАННЯ ЕЛЕКТРОМОНТАЖНИХ РОБІТ**
16. Регламент контролю якості **РОБІТ ІЗ БЛАГОУСТРОЮ ТЕРИТОРІЇ**



НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ

Науково-технічний журнал

Випуск № 43

Підписано до друку 15.12.2023 р. Формат 60×84/8. Обл.-вид. арк. 6,21, ум. друк. арк. 8,14.
Папір офсетний. Цифровий друк. Наклад 200 примірників. Замовлення № 0324/206.

Надруковано: Видавничий дім «Гельветика»
(Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7623 від 22.06.2022 р.)
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Тел. +38 (048) 709 38 69, +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua