

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
БУДІВНИЦТВА
В УМОВАХ ФОРМУВАННЯ
РИНКОВИХ ВІДНОСИН**

Збірник наукових праць

Засновано у 1996 році

Випуск 45

Технічний

Київ 2020

Редакційна колегія:

д-р техн. наук, проф. Д.О. Чернишев (головний редактор) – перший проректор КНУБА;
д-р техн. наук, проф. О.А. Тугай (заступник головного редактора) – КНУБА;
д-р екон. наук, доц. С.П. Стеценко (заступник головного редактора) – КНУБА;
д-р екон. наук, проф. Г.М. Рижаківа (заступник головного редактора) – КНУБА;
канд. екон. наук, доц. О.Ю. Бєлєнківа – КНУБА (секретар- економічні науки);
канд. екон. наук, ст. викл. В.В. Титок – КНУБА (секретар – технічні науки);
канд. техн. наук, доц. К.В. Черненко – КНУБА (секретар – електронні видання);
д-р техн. наук, ст. наук. сп. П.Є. Григоровський – НДІБВ
д-р техн. наук, проф. С.Д. Бушуєв – КНУБА;
д-р екон. наук, проф. О.В. Дикий – КНУБА;
д-р техн. наук, проф. В.І. Доненко – НУЗП;
д-р техн. наук, проф. А.Д. Єсипенко – НДШБ;
д-р екон. наук, доц. А.Г. Жарінова – ДНТБУ;
д-р екон. наук, проф. В.М. Лич – КНУБА;
д-р техн. наук, проф. О. І. Менейлюк – ОДАБА;
д-р техн. наук, проф. І. І. Назаренко – КНУБА;
д-р техн. наук, проф. В. О. Поколенко – КНУБА;
д-р екон. наук, проф. І.В. Поповіченко – ПДАБА;
д-р техн. наук, проф. В. Р. Сердюк – ВНТУ;
д-р екон. наук, проф. Л.В. Сорокіна – КНУБА;
д-р екон. наук, проф. В.П. Ніколаєв – НАДУ;
д-р екон. наук, доц. І.Л. Федун – КНТЕУ;
д-р техн. наук, доц. І.В. Шумаков – ХНУБА;
канд. екон. наук, ст. наук. сп. Р.Я. Зельцер – КНУБА
канд. техн. наук, доц. О.С. Молодід – КНУБА;
канд. екон. наук., доц. П.В. Пузирьова – КНУТД;
д-р екон. наук, доц. Ю.А. Чуприна – КНУБА;

Іноземні члени редакційної колегії:

Dr hab. inż., Prof. DSc Котовіч Януш
(Janusz Kotowicz) – SUT, Польща
Dr hab., Prof. PŚ Кузіор Олександр
(Aleksandra Kuzior) – SUT, Польща
Dr habil., Prof. Дзвігол Хєнрік (Henryk
Dźwigol) – SUT, Польща
Professor PhD Лукащик Зигмунт
(Lukaszczuk Zygmunt) – SUT, Польща

Відповідальний за випуск А.О. Тугай, д-р техн. наук, проф. (КНУБА).

Затверджено вченою радою КНУБА, протокол № 34 від 16 жовтня 2020 року.

Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. – Вип. 45. Технічний. – К.: КНУБА, 2020. – 200 с.

У збірнику висвітлюється науковий і практичний досвід, аналізуються проблеми і завдання підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.

Розрахований на студентів, аспірантів, викладачів будівельних вищих навчальних закладів, науковців і працівників будівельної галузі.

Засновник: Київський національний університет будівництва і архітектури.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 16038-45100Р від 20.11.2009 р.

УДК 624.138

В.А. Басараб,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0003-2888-7398

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ

Стаття присвячена визначенню технологічних параметрів ущільнення ґрунтів котками з урахуванням властивостей ґрунту в умовах будівництва. Ущільнення ґрунту відбувається за рахунок певних силових навантажень на ґрунт. На сьогоднішній день розроблено достатньо методів визначення технологічних параметрів процесу ущільнення, проте методів досліджень, що розглядають систему ґрунт-машина-технологічні параметри, існує небагато. Підкреслено актуальність процесу ущільнення ґрунту, що в кінцевому результаті, визначає якість будівельної продукції в цілому. Наведено основні фізико-механічні властивості ґрунту а також технологічні параметри процесу ущільнення. Проведено аналіз дискретної математичної моделі взаємодії котка з ґрунтом основи з ціллю визначення технологічних параметрів процесу ущільнення ґрунтів в умовах будівельного виробництва. Для описання властивостей ґрунту використано реологічну модель. Складено диференційні рівняння взаємодії котка з ґрунтом основи. Для розв'язання диференційних рівнянь запропоновано чисельний метод розрахунку. Визначено основні технологічні параметри процесу ущільнення ґрунту котками – товщина шару ґрунту, що ущільнюється, кількість проходок котка а також швидкість руху котка. Запропоновано методологію теоретико-експериментальних досліджень взаємодії котка з ґрунтом основи з метою уточнення математичної моделі і знаходження технологічних параметрів процесу ущільнення. Експериментальні методи досліджень ґрунтуються на визначенні напружено-деформованого стану ґрунту а також на проведенні Фур'є-аналізу експериментальних даних. Фур'є-аналіз експериментальних даних дає можливість проаналізувати якісний енергетичний спектр взаємодії котка з ґрунтом і призначити раціональні амплітудно-частотні характеристики процесу ущільнення. Експериментальні дослідження дають можливість отримати такі реологічні властивості ґрунту як пружність, в'язкість, коефіцієнт непружого опору та ін. Наведено основні рекомендації по вибору методу ущільнення в залежності від виду ґрунту.

Ключові слова: *ущільнення ґрунту, технологічні параметри процесу ущільнення, будівельне виробництво, реологічна модель, Фур'є-аналізу експериментальних даних.*

Вступ. В умовах сьогодення під забудову, з метою збереження сільськогосподарських земель, відводять території складені слабкими ґрунтами, колишніми сміттєзвалищами, відвалами з не ущільнених ґрунтів, які інколи накривають заболочені території, а тому часто такі ґрунти вимагають ущільнення.

Технічні можливості ХХІ ст. дозволяють переміщувати десятки мільйонів кубічних метрів ґрунту для створення нових ландшафтних та насичених

штучними водоймами територій під забудову. Якісне ущільнення ґрунтів, в цьому випадку, відіграє провідну роль.

Ущільнення ґрунтів – один із найважливіших процесів при влаштуванні зворотних засипок. Якісне ущільнення ґрунту, в кінцевому результаті, визначає якість будівельної продукції в цілому.

Актуальність. Досить часто недостатня щільність ґрунту призводить до надмірних витрат коштів та праці через неввірно вибраний спосіб ущільнення. Також, слід зазначити, важливим аспектом процесу ущільнення у відповідності з технологічними умовами є вибір того чи іншого засобу механізації, що використовується для ущільнення ґрунту [4, 5, 7, 8, 9]. При визначенні технологічних параметрів ущільнюючих машин однією з умов є коректний вибір математичної моделі ущільнюваного середовища. Обумовлюється це тим, що забезпечення необхідних параметрів ущільнення визначається врахуванням всіх сил опору, які в свою чергу оцінюються залежностями між напруженням σ та деформацією ε середовища. На сьогоднішній день у світі існує достатньо велике розмаїття котків, трамбівок, віброплит та іншого ущільнюючого обладнання, проте питання оптимального вибору механізованих комплексів, які дають можливість за умов мінімізації фінансових ресурсів та часу отримати максимальну продуктивність, залишається актуальним.

Основний матеріал. В умовах виконання земляних робіт на будівництві (зведення гребель і дамб, ґрунтового полотна дороги, засипки пазах котлованів тощо) виникає необхідність одержати ґрунти з заданими фізико-механічними властивостями. Для створення основи споруди з достатньою несучою здатністю, або влаштування якісного насипу ґрунту доводять до проектної щільності. Із збільшенням щільності ґрунту зростає його міцність, водонепроникність, опір розмиванню, збільшується статична стійкість споруди.

Ущільнення ґрунту відбувається за рахунок певних силових навантажень на ґрунт. Динамічний характер навантаження ґрунту в умовах ущільнення характеризується вібраційним, ударним, динамічним імпульсним, комбінованим та іншими видами силового впливу. На відміну від машин статичної дії динамічний характер навантаження принципово змінює фізичну картину взаємодії робочого органу ущільнюючої машини з ґрунтом основи [1, 2, 10].

Основними властивостями ґрунтів є міцність, щільність, вологість, пористість, кут внутрішнього тертя та ін. З іншого боку машини для ущільнення ґрунтів мають ряд технічних параметрів (маса машини та робочого органу, конструкція котка, характер взаємодії машини з ґрунтом, розміри котка, кількість проходок та ін.) які необхідно враховувати при виборі тієї чи іншої технології ущільнення ґрунту основи. Також, варто зазначити, параметрами режиму взаємодії робочого органу машини з ґрунтом є швидкість руху котка, інтенсивність дії навантаження на ґрунт, амплітуда і частота вібраційних коливань та ін.

Для розв'язання таких задач використовуються традиційні методи: математичне, фізичне, комп'ютерне моделювання, натурні (експериментальні) дослідження, комбіновані методи та ін.

Для розв'язання задач ущільнення ґрунту одним з методів є використання математичних моделей, розрахункові параметри яких наближаються до робочих параметрів реальної системи. Для спрощення розрахунків, доволі часто дію ущільнюваного середовища на коток, замінюють дією сил, нехтуючи при цьому рухом масиву ґрунту; в іншому випадку замінюють ущільнюючу дію котка

статичною або динамічною силою. При цьому використана в першому випадку заміна, призводить до виключення суттєвого впливу масиву ґрунту на роботу ущільнюючої машини, що не відповідає дійсності; а в другому випадку дія ущільнювача враховується дуже наближено і не описує реальну картину зміни контактної тиску під котком. Також, варто зазначити, що для отримання технологічних параметрів процесу ущільнення ґрунту необхідно забезпечити раціональний режим передачі енергії від робочого органу котка до ущільнюваного ґрунту, тобто створити такий характер впливу котка на ґрунт, котрий забезпечить досягнення максимальної якості ущільнення за умови мінімальних енерговитрат. Тому для отримання технологічних параметрів процесу ущільнення необхідно розглядати взаємодію ущільнюваного ґрунту та ущільнюючої машини з максимальним урахуванням фізико-механічних властивостей ґрунту.

Визначення напружень та деформацій ущільнюваного ґрунту розрахунковим шляхом здійснюється з використанням механічної моделі. Одним з методів описання законів пружно-в'язко-пластичної деформації ґрунту є використання реологічних моделей. В механіці ґрунтів найчастіше використовується модель суцільного середовища, яка припускає, що деформації матеріалу відбуваються без порушення суцільності та можуть бути описані безперервними функціями. Модель суцільного середовища можна представити простими моделями: пружним тілом Гука (рис.1, а), в'язким елементом Ньютона (рис.1, б) та пластичним тілом Сен-Венана (рис.1, в), які відповідають трьом фундаментальним властивостям ґрунтів: пружності, в'язкості та пластичності [6].

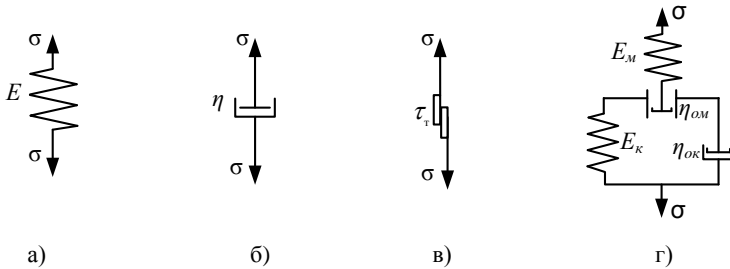


Рис. 1. Реологічні моделі ґрунту:

- а) елемент Гука; б) елемент Ньютона; в) елемент Сен-Венана;
г) модель Бюргерса.

Комбінуючи, методом послідовного та паралельного з'єднання цих простих елементів, можна отримати модель ґрунту, яка найбільш точно описує характер деформативних процесів, що відбуваються в ущільнюваному ґрунті.

В якості моделі ущільнюваного ґрунту приймаємо модель Бюргерса (послідовне поєднання елементів Максвелла та Кельвіна-Фойгта) (рис.1, г).

Якщо закон зміни напружено- деформованого стану елемента Кельвіна-Фойгта представити у вигляді [6]:

$$\sigma = E_k \varepsilon + \eta_{0k} \dot{\varepsilon}, \quad (1)$$

а елемента Максвелла у вигляді:
$$\dot{\varepsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E_M} + \frac{\sigma}{\eta_{0M}}, \quad (2)$$

тоді, опускаючи викладки, запишемо вираз деформації для елемента Кельвіна-Фойгта:

$$\varepsilon_K = e^{-\frac{E_K t}{\eta_{0K}}} \left(\varepsilon_0 + \frac{1}{\eta_{0K}} \int \sigma e^{\frac{E_K t}{\eta_{0K}}} dt \right), \quad (3)$$

відповідно
$$\dot{\varepsilon}_K = \frac{\sigma}{\eta_{0K}} - \frac{E_K}{\eta_{0K}} e^{-\frac{E_K t}{\eta_{0K}}} \left(\varepsilon_0 + \frac{1}{\eta_{0K}} \int \sigma e^{\frac{E_K t}{\eta_{0K}}} dt \right). \quad (4)$$

Запишемо вираз деформації всієї реологічної моделі:

$$\dot{\varepsilon} = \dot{\varepsilon}_M + \dot{\varepsilon}_K = \sigma \frac{\eta_{0K} + \eta_{0M}}{\eta_{0K} \eta_{0M}} + \frac{\dot{\sigma}}{E_M} - \frac{E_K}{\eta_{0K}} e^{-\frac{E_K t}{\eta_{0K}}} \left(\varepsilon_0 + \frac{1}{\eta_{0K}} \int \sigma e^{\frac{E_K t}{\eta_{0K}}} dt \right). \quad (5)$$

Продиференціювавши і замінивши елемент в дужках отримаємо:

$$\dot{\varepsilon} + \frac{\eta_{0K}}{E_K} \ddot{\varepsilon} = \frac{\sigma}{\eta_{0M}} + \dot{\sigma} \frac{\eta_{0K} E_M + \eta_{0M} E_M + \eta_{0M} E_K}{\eta_{0M} E_K E_M} + \ddot{\sigma} \frac{\eta_{0K}}{E_M E_K}, \quad (6)$$

де σ – напруження в ґрунті, Па; ε – відносна деформація ґрунту;

E_M – модуль деформації елемента Максвелла, Па;

E_K – модуль деформації елемента Кельвіна-Фойгта, Па;

η_{0M} – динамічна в'язкість елемента Максвелла, Па·с;

η_{0K} – динамічна в'язкість елемента Кельвіна-Фойгта, Па·с.

З отриманого рівняння запишемо вираз напруження:

$$\ddot{\sigma} = \frac{E_M E_K}{\eta_{0K}} \left(\dot{\varepsilon} + \frac{\eta_{0K}}{E_K} \ddot{\varepsilon} - \frac{\sigma}{\eta_{0M}} - \dot{\sigma} \frac{\eta_{0K} E_M + \eta_{0M} E_M + \eta_{0M} E_K}{\eta_{0M} E_K E_M} \right). \quad (7)$$

Диференційні рівняння динаміки робочого органу ущільнюючої машини представлено у вигляді двохмасової коливальної системи (рис.2):

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + b(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + c(x_1 - x_2) = 0, \quad (8)$$

$$m_2 \frac{d^2 x_2}{dt^2} + b(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + c(x_2 - x_1) + F_{zp} = Q \cos \omega t, \quad (9)$$

де m_1, m_2 – відповідно маса корпусу котка (привантажу) і маса вальця, кг;

x_1, x_2 – відповідно вертикальне переміщення корпусу котка і вальця, м;

F_{zp} – сила опору ґрунту ущільнюючій дії котка, Н;

$Q \cos \omega t$ – змушуючі вібраційні коливання котка;

b – коефіцієнт опору механічної підвіски котка, Н·с /м;

c – пружність механічної підвіски котка, Н/м.

Запишемо реологічне рівняння напруженого стану шару ґрунту та динаміки машини у зручній для чисельного методу формі:

$$\Delta \dot{\sigma} = \frac{E_m E_\kappa}{\eta_{0\kappa}} \left(\dot{\varepsilon} + \frac{\eta_{0\kappa}}{E_\kappa} \ddot{\varepsilon} - \frac{\sigma}{\eta_{0m}} \dot{\sigma} - \frac{\eta_{0\kappa} E_m + \eta_{0m} E_m + \eta_{0m} E_\kappa}{\eta_{0m} E_\kappa E_m} \right) \Delta t, \quad (10)$$

$$\dot{\sigma}_i = \dot{\sigma}_{i-1} + \Delta \dot{\sigma}, \quad \sigma_i = \sigma_{i-1} + \dot{\sigma}_i \Delta t, \quad F_{ep,i} = \sigma_i S, \quad (11)$$

$$\Delta v_1 = \frac{1}{m_1} [-b(v_1 - v_2) - c(x_1 - x_2)] \Delta t, \quad (12)$$

$$\Delta v_2 = \frac{1}{m_2} [-b(v_2 - v_1) - c(x_2 - x_1) - F_{ep} + Q \cos \omega t] \Delta t, \quad (13)$$

$$v_{li} = v_{li-1} + \Delta v_1, \quad x_{li} = x_{li-1} + v_{li} \Delta t, \quad v_{2i} = v_{2i-1} + \Delta v_2, \quad x_{2i} = x_{2i-1} + v_{2i} \Delta t, \quad (14)$$

$$\varepsilon = \frac{x_1 - x_2}{H}, \quad \dot{\varepsilon} = \frac{\dot{x}_1 - \dot{x}_2}{H}, \quad \ddot{\varepsilon} = \frac{\ddot{x}_1 - \ddot{x}_2}{H}, \quad (15)$$

де $\Delta \dot{\sigma}$ – прирощення величини швидкості зміни напруги в ґрунті;

$\Delta v_1, \Delta v_2$ – відповідно прирощення швидкості руху корпусу котка і вальця;

$\varepsilon, \dot{\varepsilon}, \ddot{\varepsilon}$ – відповідно відносна деформація, швидкість відносної деформації та прискорення відносної деформації шарів ґрунту.

Для розв'язання вищенаведених рівнянь руху створено програму розрахунку основних параметрів системи на ЕОМ в середовищі Mathcad. Моделювання динаміки системи проведено за таких початкових умов: $\eta_{0\kappa}=4 \cdot 10^4$ Па·с; $\eta_{0m}=4 \cdot 10^4$ Па·с; $E_\kappa=7 \cdot 10^5$ Па; $E_m=16 \cdot 10^6$ Па [3].

Продуктивність котка можна розрахувати за формулою [7]:

$$\Pi_m = \frac{1000 \cdot (B-b) h v k_g}{z}, \quad (16)$$

де B – ширина смуги ущільнення, м; b – ширина перекриття смуг, м;

h – товщина шару ущільнюваного ґрунту, м; v – швидкість руху котка, км/год;

z – кількість проходок котка по одній полосі; k_g – коефіцієнт використання машини в часі.

З курсу опору матеріалів відомо, що робота внутрішніх сил, що припадає на елементарний об'єм в умовах одномірної зміни напружено-деформованого стану дорівнює:

$$A = \frac{1}{2} \sigma \varepsilon, \quad (17)$$

де σ та ε – напруження та відносна деформація шару ґрунту в умовах контакту з котком.

З іншого боку елементарна робота сил тиску котка на ґрунт:

$$A = \int_v P_{\text{маш}} dh, \quad (18)$$

де $P_{\text{маш}}$ – тиск котка на ґрунт в умовах ущільнення, Н;

dh – деформація елементарного шару ґрунту, м.

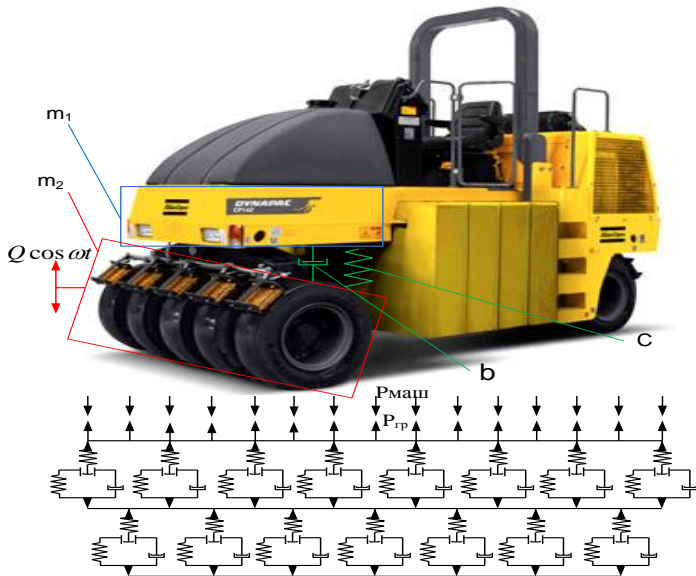


Рис. 2. Модель взаємодії котка з ґрунтом основи

Сумісно розв'язуючи рівняння (7)-(15) та (17) і (18), можемо знайти деформацію шару ґрунту, що виникає в умовах дії заданого тиску на ґрунт, що має визначені характеристики пружності та в'язкості. Далі, знаючи деформацію, що утворюється за одну проходку а також необхідний коефіцієнт ущільнення, доволі легко визначити кількість проходок котка z .

Наступним етапом досліджень є визначення швидкості руху котка виходячи з властивостей ґрунту. З курсу реології [6] відомо, що напружено-деформований стан середовища змінюється в залежності від швидкості прикладання зовнішнього навантаження. Це явище пов'язане з властивостями самого середовища, зокрема з такими його характеристиками як період релаксації та ретардації, тобто час, протягом якого напруження в середовищі зменшується в e – разів (2,71) а також час пружної післядії. Виходячи з цього, запишемо вираз для швидкості руху котка:

$$V_k \leq \frac{S}{T_{\text{rel}}}, \quad (19)$$

де S – довжина полоси контакту котка з ґрунтом основи, м; T_{rel} – період релаксації напруг, що виникають в ґрунті під час ущільнення, с. В результаті теоретичних досліджень встановлено, що період релаксації напружень ґрунту в умовах ущільнення складає від 0,3 с до 10 с. Таким чином, середня швидкість руху котка не повинна перевищувати 15 км/год.

При дії на ґрунт зовнішніх навантажень в ньому виникають пружні та пластичні деформації. Величина пружних деформацій свідчить про ступінь пружності ґрунту, а величина пластичних деформацій, головним чином про ступінь ущільненості. Вивчення закономірностей утворення напружено-деформованого стану ґрунту та величини пластичних деформацій, що виникають при цьому має надзвичайно важливе значення для оцінки несучої здатності ґрунтової основи. Ущільнення ґрунту в будівництві ведуть масивом, в якому ущільнений ґрунт оточений з боків ґрунтовою відсипкою. Ґрунт укладають і ущільнюють з дотриманням технічних вимог, що дозволяють одержати необхідну щільність, найменшу фільтраційну здатність і виключити можливість наступних усадок. Крім цього, треба приділити уваги вибору виду і стану ґрунту, який використовують для відсипки, при зведенні споруд.

Ґрунт, який використовують для відсипки, зволожують або висушують до оптимальної вологості. Це дозволяє підвищити ступінь ущільнення і зменшити сили зчеплення, що позитивно впливає на виконання процесу.

Поряд з теоретичними дослідженнями важливу роль відіграють експериментальні дослідження, які дають можливість оцінити характер протікання фізичних явищ в умовах виконання технологічного процесу ущільнення ґрунту, і, таким чином, уточнити математичну модель процесу ущільнення ґрунту котками.

На рисунку 3 показано експериментальний графік залежності зміни відносної деформації ґрунту від тиску за умов ущільнення котком динамічної дії. Експериментальну криву (рис.3) було апроксимовано методом поліноміальної регресії. Також було проведено Фур'є-аналіз отриманих даних [3] (рис. 4).

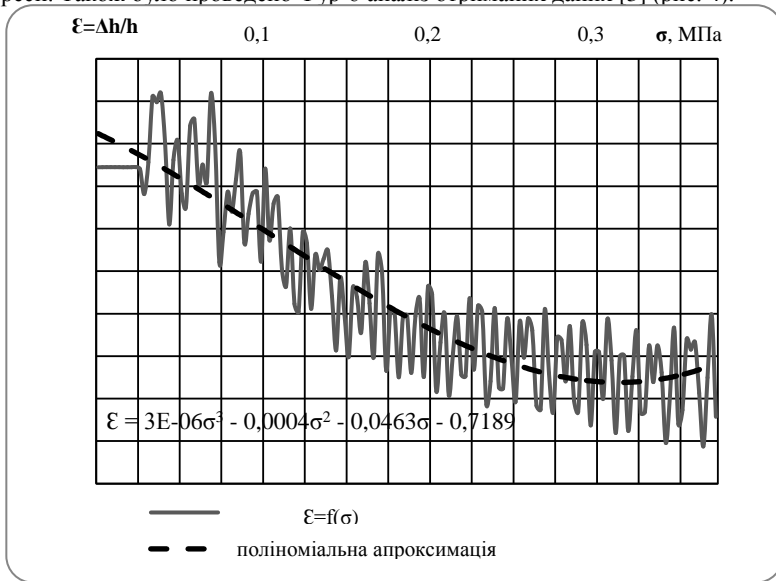


Рис. 3. Діаграма зміни напружень та деформацій в ґрунті

Проведені дослідження дають можливість знаходження раціональних технологічних параметрів а також розробки технологічних методів та режимів ущільнення ґрунтів котками динамічної дії. Напруження в ґрунті в умовах ущільнення можна представити у вигляді гармонічного спектру (16).

$$\sigma(t) = \sum_{n=1}^N (a_n \sin(n\omega t) + b_n \cos(n\omega t)), \quad (16)$$

де a_n, b_n - коефіцієнти ряду, що обчислюються за умов апроксимації експериментальних осцилограм напруження ґрунту.

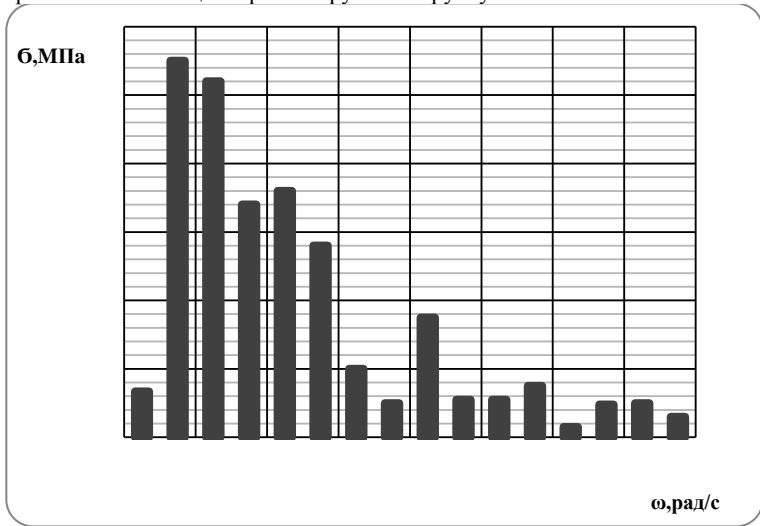


Рис. 4. Фур'є-аналіз напружень в ґрунті за умов ущільнення.

Експериментальні дослідження дають можливість отримати достовірні характеристики ґрунту, що ущільнюється, і, таким чином, вносячи ці дані в математичну модель (5) – (15) можемо отримати достатньо точну модель процесу ущільнення. Таким чином, отримуємо необхідні технологічні параметри процесу ущільнення ґрунту виходячи з його фізико-механічних властивостей.

Зв'язні й грудкуваті ґрунти ущільнюють кулачковими котками, що створюють тиск, переважаючий межі міцності ґрунту а піщані й глинисті – котками на пневмоколісному ходу.

Кулачковими і пневмоколісними котками ґрунт ущільнюють послідовно замкнутими проходками котка по всій площі насипу з перекриттям кожної попередньої проходки на 0,15...0,25 м (рис. 5). По закінченні укочування всієї площадки процес багаторазово повторюють поки не буде досягнута проектна щільність ґрунту.

Зв'язні ґрунти і піщано-гравелісті суміші при товщині шару, що відсипається, до 15 см ущільнюють котками з гладкими металевими вальцями. Такі котки

ефективно використовують при засипанні верхньої частини пазух у стислих умовах.

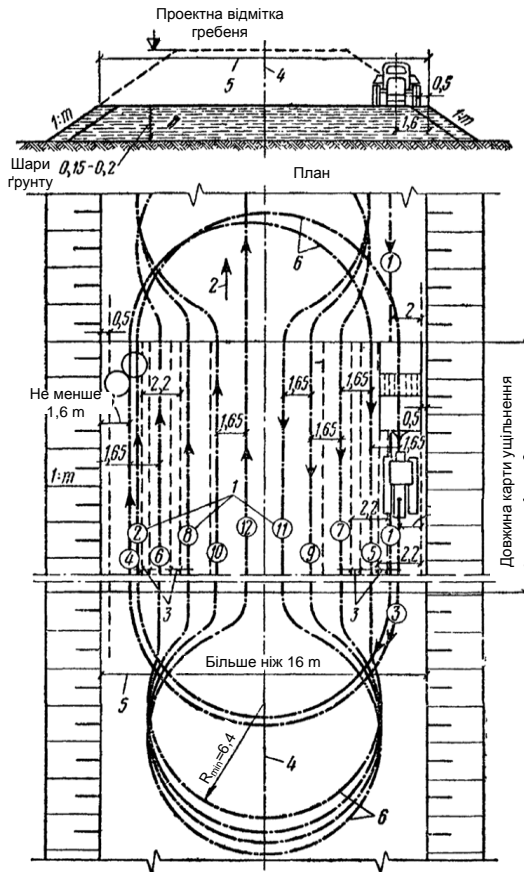


Рис. 5. Схема ущільнення ґрунту котками

Збільшення продуктивності ущільнюючих машин можливо за рахунок збільшення швидкості руху, збільшення товщини шару ґрунту, що ущільнюється та за рахунок збільшення ширини полоси ущільнення.

Котки з гладкими металевими вальцями забезпечують ущільнення ґрунту лише за рахунок тиску і мають явні недоліки особливо в умовах ущільнення насипів доріг. Котки статичної дії не можуть продуктивно працювати в умовах глибини шару більше 10 см, оскільки їхня дія залежить від лінійних навантажень, вплив яких обмежується верхньою частиною шару, що ущільнюється, без

глибокого проникнення в ущільнюваний матеріал. Тому, котки такого типу не забезпечують рівномірного ущільнення шару ґрунту на глибину.

Вібраційні котки призначені в основному для ущільнення кам'янистих та гранульованих ґрунтів, котрі завдяки експлуатаційним характеристикам віброкатків можуть ущільнюватися глибокими шарами, в деяких випадках до 1 м. Внаслідок дії вібрації в піщаних ґрунтах порушується зв'язок між зернами та відбувається більш щільна упаковка структури ґрунту. Ефективність віброущільнення залежить від амплітуди, частоти та тривалості ущільнення. Кожному розміру ґрунтових часточок відповідає певна оптимальна частота коливань. Чим дрібніші часточки ґрунту тим більшою повинна бути частота вібраційного впливу. Ґрунт складається з часточок різних розмірів, тому, доцільно застосовувати різночастотне або полічастотне віброущільнення [3]. Частота коливань пов'язана з питомим статичним тиском вібратора: зі зменшенням тиску частота вібрації повинна зростати і може варіюватись в межах $1200 \dots 2000 \text{ хв}^{-1}$. Для забезпечення ефективної роботи віброкатка важливе значення має його швидкість, яка повинна бути в межах 3-5 км/год.

Кулачкові котки придатні для ущільнення всіх ґрунтів, але особливо ефективні за умов ущільнення зв'язних ґрунтів. Контакт з ґрунтом відбувається на малій площі, що забезпечує великий питомий тиск. В умовах ущільнення такими котками щільність ґрунту зростає. Величина заглиблення кулачків зменшується і цим досягається рівномірне ущільнення по товщині. Продуктивність самохідних кулачкових котків в 2-3 рази вища ніж у причіпних внаслідок більшої швидкості ущільнення матеріалу. Параметри кулачкових котків, що використовуються на будівництві наступні: маса машин до 30 т; довжина кулачків до 0,3 м; опорна поверхня кулачка до 50 см^2 ; товщина шару, що ущільнюється до 0,3 м.

Решітчасті котки використовуються в основному для ущільнення глинистих та крупнообломочних скелястих ґрунтів. Швидкість пересування машин до 20 км/год, товщина шару ущільнення 0,3-0,75 м. При діаметрі вальця решітчастих котків 2,5-2,6 м, продуктивність досягає 2,5 – 3 тис. $\text{м}^3/\text{зміну}$.

Ефективність застосування того чи іншого методу та режиму ущільнення ґрунту залежить від механічного складу ґрунту, вологості ґрунту, тривалості вібрації. Машини для ущільнення ґрунту вибирають з врахуванням лінійних розмірів, площі і форми поверхонь, що потребують ущільнення, обсягів і інтенсивності робіт, виду ґрунту а також економічних показників.

Висновки:

1. Огляд існуючих методів ущільнення ґрунту виявив доцільність дослідження поведінки системи з метою встановлення технологічних параметрів процесу ущільнення.
2. Проведено аналіз математичної моделі взаємодії котка з ґрунтом основи з ціллю визначення технологічних параметрів процесу ущільнення ґрунтів.
3. Визначено основні технологічні параметри процесу ущільнення ґрунту котками – товщина шару ґрунту, що ущільнюється, кількість проходок котка а також швидкість руху котка.
4. Запропоновано методологію теоретико-експериментальних досліджень взаємодії котка з ґрунтом основи з метою уточнення математичної моделі.

5. Запропоновано методологію експериментальних досліджень, що ґрунтуються на визначенні напружено-деформованого стану ґрунту а також на проведеному Фур'є-аналізу експериментальних даних.

Список літератури:

1. Avalor, D.L. (2007). "Trials and validation of deep compaction using the "square" impact roller". Symposium - Advances in Earthworks, Australian Geomechanics Society, Sydney, 6pp.
2. Brendan Scott, Mark Jaksa, Yien Lik Kuo. (2012). Use of proctor compaction testing for deep fill construction using impact rollers. International Conference on Ground Improvement and Ground Control (ICGI 2012), 30 Oct. – 2 Nov. 2012, University of Wollongong, Australia.
3. Басараб В.А. Дослідження полічастотного режиму коливальних робочого органу електромагнітної ударно-вібраційної установки / В.А. Басараб // Управління розвитком складних систем № 34. К.: КНУБА, 2018. – С. 182 - 187.
4. Белоногов Л.Б. Современные методы уплотнения грунтов. Выбор и расчет оборудования: учеб.-метод. пособие / Л.Б. Белоногов, Л.В. Янковский. – Пермь: изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. -136 с.
5. Неклюдов М.К. Механизация уплотнения грунтов. – 2-е изд. доп. и перер. / Неклюдов М.К. – М.: Стройиздат, 1985. – 168 с.
6. Рейнер Маркус. Реология / Маркус Рейнер. – М.: Наука, 1965. – 223 с.
7. Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання / М.К. Сукач – К.: Ліра-К, 2016. – 408 с.
8. Терновий В.І. Ущільнення ґрунтів у будівництві / В.І. Терновий, І.М. Уманець, Л.С. Саушева, О.С. Молодід – К.: "ЦП КОМПРИНТ", 2015. – 136 с.
9. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов / Н.Я. Хархута – Л.: Машиностроение, 1973. – 176 с.
10. Хмара Л.А., Шатов С.В., Карпушин С.О. Удосконалення конструкції самохідних котків / Л.А. Хмара, С.В. Шатов, С.О. Карпушин // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. №97. 2017. - С. 105-111.

References

1. Avalor, D.L. (2007). "Trials and validation of deep compaction using the "square" impact roller". Symposium - Advances in Earthworks, Australian Geomechanics Society, Sydney, 6pp.
2. Brendan Scott, Mark Jaksa, Yien Lik Kuo. (2012). Use of proctor compaction testing for deep fill construction using impact rollers. International Conference on Ground Improvement and Ground Control (ICGI 2012), 30 Oct. – 2 Nov. 2012, University of Wollongong, Australia.
3. Basarab, Volodymyr (2018). Investigation of the polyfrequency mode of oscillation of the electromagnetic shock-vibration unit. *Management of Development of Complex Systems*, (34), 182-187.
4. Belonogov, L.B. (2012). Modern soil compaction methods. Perm, Russia: perm University, 136.
5. Neklyudov, M.K. (1995). Mechanization of soil compaction. Moscow, Russia: Stroyizdat, 168.
6. Reyner Markus. (1965). Rheology. Moscow, Russia: Nauka, 223.

7. Sukach M.K. (2016). Construction machinery and equipment. Kyiv: Lira-K, 408.
8. Ternoviy, V.I., Umanets, I.M., Sausheva, L.S., Molodid, O.S. (2015). Soil compaction in construction. Kyiv: "TsP KOMPRINT", 136.
9. Harhuta, N.Ya. (1973). Machines for soil compaction. Leningrad: Mashinostroenie, 176.
10. Hmara, L.A., Shatov, S.V., Karpushin, S.O. (2017). Improving the design of self-propelled rollers. *Construction. Material science. Mechanical Engineering*, (97), 105-111.

V.A. Basarab

Определение технологических параметров процесса уплотнения грунта

Статья посвящена определению технологических параметров уплотнения грунтов катками с учетом их свойств в условиях строительства. Уплотнение грунта происходит за счет определенных силовых нагрузок на грунт. Подчеркнуто актуальность процесса уплотнения грунта, что в конечном итоге, определяет качество строительной продукции в целом. Приведены основные физико-механические свойства грунта, а также технологические параметры процесса уплотнения. Проведен анализ дискретной математической модели взаимодействия катка с грунтом основания с целью определения технологических параметров процесса уплотнения грунта в условиях строительного производства. Для описания свойств грунта использована реологическая модель. Составлены дифференциальные уравнения взаимодействия катка с грунтом основания. Для решения дифференциальных уравнений предложен численный метод расчета. Определены основные технологические параметры процесса уплотнения грунта катками - толщина слоя уплотняемого грунта, количество проходов катка а также скорость движения катка. Предложена методология теоретико-экспериментальных исследований взаимодействия катка с грунтом основания с целью уточнения математической модели и нахождения технологических параметров процесса уплотнения. Экспериментальные методы исследований основываются на определении напряженно-деформированного состояния грунта, а также на проведении Фурье-анализа экспериментальных данных. Фурье-анализ экспериментальных данных дает возможность проанализировать качественный энергетический спектр взаимодействия катка с грунтом и определить рациональные амплитудно-частотные характеристики процесса уплотнения. Экспериментальные исследования дают возможность получить такие реологические свойства грунта как упругость, вязкость, коэффициент неупругого сопротивления и др. Приведены основные рекомендации по выбору методов уплотнения в зависимости от вида грунта.

Ключевые слова: *уплотнение грунта, технологические параметры процесса уплотнения, строительное производство, реологическая модель, Фурье-анализ экспериментальных данных.*

V. Basarab

Determination of technological parameters of soil compacting process

The article is devoted to determine the technological parameters of soil compaction by rollers according to soil properties in construction. The compaction of the soil occurs

due to certain force loads on the soil. Nowadays, there are enough methods to determine the technological parameters of soil compaction process, however, there are few research methods that consider the system of soil-machine-technological parameters. The urgency of the soil compaction process, which ultimately determines the quality of construction products, was emphasized. The basic physical and mechanical properties of soil and technological parameters of the compaction process were given. Analysis of discrete mathematical model of interaction between roller and soil was carried out in order to determine the technological parameters of soil compaction process in the field of construction technologies. A rheological model to describe the soil properties was used. The differential equations of the interaction between roller and soil have been made. A numerical calculation method to solve the differential equations has been proposed. The basic technological parameters of soil compaction process by rollers have been determined - the thickness of soil layer to be compacted, the number of the roller passes, and the speed of the roller movement. The methodology of theoretical and experimental researches of interaction between roller and soil has been proposed in order to clarify the mathematical model and to find the technological parameters of the compaction process. Experimental research methods are based on the determination of the stress-strain state of soil and on the Fourier analysis of the experimental data. Fourier analysis of the experimental data makes it possible to analyze the qualitative energy spectrum of the interaction between roller and soil to determine the rational amplitude-frequency characteristics of the compaction process. Experimental studies allow obtaining such rheological properties of soil as elasticity, viscosity, coefficient of elastic resistance, etc. The main recommendations for the choice of compaction method depending on the type of soil have been proposed.

Key words: *soil compacting, technological parameters of soil compaction, construction technologies, rheological model, Fourier analysis of the experimental data.*

Посилання на статтю

АРА: Basarab, V. (2020). Determination of technological parameters of soil compacting process. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 3 –15

ДСТУ: Басараб В.А. Визначення технологічних параметрів процесу ущільнення ґрунту [Текст] / В.А. Басараб // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 3 –15.

УДК 624.012.45:620.179.16

Д.Ю. Снежков,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-1826-7139

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

О ПОСТРОЕНИИ ГРАДУИРОВОЧНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СКЛЕРОМЕТРИЧЕСКИХ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Склерометрические методы испытаний бетона и в настоящее время сохраняют свои позиции наиболее распространенных косвенных методов в практике неразрушающего контроля железобетонных конструкций, как в качестве средства технологического контроля при их возведении, так и при обследовании эксплуатируемых строительных объектов. В статье рассматривается возможность повышения достоверности оценки прочности бетона склерометрическими методами путем улучшения метрологических показателей их градуировочных зависимостей.

Ключевые слова: *бетон, неразрушающий контроль, нормативы, градуировочная зависимость, коэффициент корреляции, влажность.*

Введение. Практика применения неразрушающих методов определения прочности бетона в натуральных условиях показывает, что результат таких испытаний далеко не всегда соответствует данным экспертных методов, в частности, - метода отрыва со скалыванием и метода испытаний отобранных образцов-кернов. Склерометрические методы определения прочности бетона в конструкциях, в частности, метод упругого отскока, ударного импульса демонстрируют в статистике лучшую точность контроля в сравнении, к примеру, с акустическими методами. Но и для них ошибка может достигать 25%...40%. Основная проблема контроля заключается не в отсутствии у пользователя так называемых «правильных» градуировочных зависимостей, связывающих косвенный параметр метода испытаний с прочностью бетона, а в принципиальной невозможности получить такие зависимости.

Процесс динамического внедрения твердого индентора в поверхность бетона достаточно сложен для описания в физических параметрах [2]. Известные попытки приближенной формализации данного процесса показывают, что связь обычно используемых косвенных параметров – индекса отскока, диаметра или глубины отпечатка и др. – с пределом прочности бетона не является однозначной. Причина этого заключается в том, что процессы склерометрических неразрушающих методов испытания бетона [4] не являются адекватными по напряженно-деформированному состоянию бетона в зоне контроля процессу прессового испытания бетонного образца на одноосное сжатие по ГОСТ 10180-90. Это значит, что оценки прочности неразрушающими методами будут зависеть не только от фактической прочности бетона (определяемой прессовыми испытаниями образцов), но и от других его характеристик: модуля упругости, динамической вязкости, структурной неоднородности и пр.. Безусловно, вариации физико-механических свойств бетона оказывают влияние и на результаты метода

пресових испытаний. Но поскольку этот метод принят в качестве эталонного, то его результат рассматривается как «истинная» оценка прочности бетона, а все остальные методы должны на нее «равняться». Соответствие их результатов данным пресовых испытаний достигается подбором градуировочных зависимостей под конкретные условия испытаний. А поскольку технологические условия бетона испытательных образцов отличаются от натуральных условий, то отсутствие учета множества влияющих факторов имеющих место на строительной площадке: вариации состава бетона, условий транспортирования бетонной смеси и её укладки, температурных и влажностных условий твердения бетона, степени карбонизации и др., будет приводить к неадекватности используемой градуировочной зависимости реальным условиям её применения.

Нормативная методика. В Республике Беларусь неразрушающие испытания бетона механическими методами регламентируются СТБ 2264 [3]. Отличие его от действовавшего ранее ГОСТ 22690 [1] незначительное. Более важным моментом при рассмотрении указанных нормативов является не их различия в некоторых деталях, а оценочные критерии при построении градуировочных зависимостей. Практика показывает, что даже строгое следование указанным в нормативах методикам построения градуировочных зависимостей, зачастую, не позволяет выполнить требования этих же нормативов по критерию статистической надежности. При этом закономерным является следующее обстоятельство: чем стабильнее качество бетонной смеси и, соответственно, ниже значение коэффициента вариации прочности бетона образцов, тем труднее обеспечиваются условия статистической устойчивости построенной градуировочной зависимости того или иного косвенного метода испытаний.

На рис.1 приведены частные градуировочные зависимости методов упругого отскока и ударного импульса, построенные в соответствии с требованиями СТБ 2264 [3]. Используются данные испытаний 15 образцов из бетона проектного класса С35/45 в возрасте 46 суток, твердевших в нормальных температурно-влажностных условиях. В таблице 1 приведены основные параметры градуировочных зависимостей: остаточное среднее квадратическое отклонение S_t и коэффициент корреляции r .

Остаточное среднее квадратическое отклонение S_t для линейной зависимости рассчитывается по формуле

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{c,i} - f_{c,i,H})^2}{n-2}}, \quad (1)$$

где $f_{c,i}$ – прочность бетона по данным пресовых испытаний;

$f_{c,i,H}$ – прочность бетона по градуировочной зависимости данного косвенного метода испытаний;

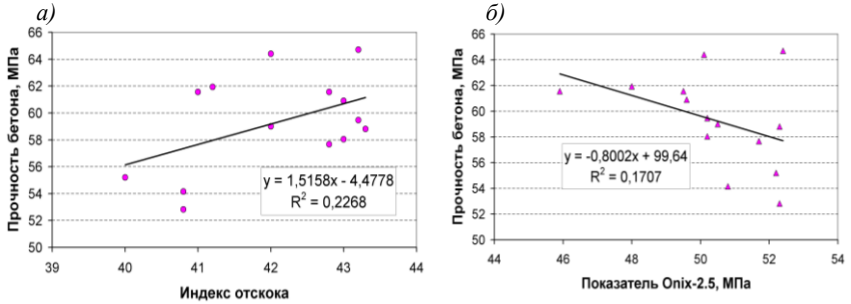


Рис. 1. Градуировочные зависимости: а - метода упругого отскока; б - метода ударного импульса

Таблица 1

Параметры градуировочных зависимостей

Метод, прибор	a_1	s_{a1}	a_0	s_{a0}	S_t	r^2	r	F
Упругого отскока, ОМШ-1	1,52	0,84	-4,42	35	3,4	0,23	0,48	3,22
Ударного импульса, Оникс-2.5	-0,80	0,53	99,3	26,8	3,5	0,17	-0,41	2,26

где a_1 , a_0 – коэффициенты градуировочной зависимости вида $f_{c,H} = a_1 \cdot H + a_0$; $f_{c,H}$ – прочность бетона по результатам косвенного метода испытаний; s_{a1} , s_{a0} – среднее квадратическое отклонение коэффициентов a_1 , a_0 , соответственно;

H – косвенный параметр;

r – коэффициент корреляции оценок прочности по результатам прессовых испытаний и косвенного метода с данной градуировочной зависимостью.

При средней прочности серии образцов $f_{c,m} = 59,3$ МПа, по условию

$$\frac{|f_{ci,H} - f_{ci}|}{S_t} \leq 2, \quad (2)$$

полученные данные не потребовали коррекции. По условию

$$\frac{S_t}{f_{c,m}} \leq 0,15, \quad (3)$$

зависимости удовлетворяют требованиям п.6.1.6 ГОСТ 22690 [1] и п.6.15 СТБ 2264 [3]. В то же время по коэффициенту корреляции r ни одна из зависимостей не удовлетворяет требованиям ГОСТ 22690 ($r \geq 0,7$). Соответственно, указанные зависимости не являются значимыми и по критерию Фишера. Это значит, что полученные градуировочные зависимости нельзя считать «надежными», хотя построены в полном соответствии с требованиями действующих нормативов. Стандарт СТБ 2264 [3], в отличие от ГОСТ 22690 [1], разрешает их использование для определения прочности бетона в конструкциях. Следует заметить, что данные прессовых испытаний подтвердили проектный

класс бетона по прочности, коэффициент вариации прочности составил 6,2% при среднем значении прочности – 59,3 МПа.

Предусмотренная в указанных выше стандартах процедура корректировки градуировочной зависимости путем отбраковки единичных результатов испытаний не удовлетворяющих условию (2) связана с потерей информации содержащейся в отброшенных данных. Данная формальная процедура позволяет практически для любого массива данных выполнить указанное условие, даже при их слабой взаимной корреляции.

Улучшить метрологические показатели однопараметровых градуировочных зависимостей можно увеличив диапазон вариации прочности испытательных образцов, например, искусственно изменяя в некоторых пределах водоцементное отношение бетона, или использовать при испытаниях образцы бетона смежных классов по прочности. Такое решение тоже нельзя считать безукоризненным, поскольку оно не снижает неопределенности оценки прочности бетона, но, очевидно, показатели градуировочной зависимости будут более статистически устойчивыми, чем при «прополке» массива данных градуировочных испытаний.

Предлагаемая методика. Другой путь повышения точности оценки прочности бетона неразрушающими методами - введение в градуировочные зависимости дополнительных параметров, характеризующие указанные выше технологические факторы, например, влажность бетона. Ввести количественную оценку качества уплотнения бетона или вариации его состава в условиях строительной площадки затруднительно. Но поскольку вариация качества уплотнения бетона и его состава проявит себя в изменении соотношения между параметрами упругости и прочности, то можно предположить, что методы, имеющие разную чувствительность к параметрам упругости и прочности бетона, дадут разные оценки прочности. Рассматривая косвенный параметр H_i каждого из объединяемых неразрушающих методов, как функцию F_i нескольких параметров бетона, например, – прочности f_c^* , модуля упругости E_c^* и влажности W , можем записать систему двух уравнений с соответствующим количеством неизвестных f_c и E_c .

$$\begin{aligned} H_1 &= F_1(f_c^*, E_c^*, W), \\ H_2 &= F_2(f_c^*, E_c^*, W) \end{aligned} \quad (4)$$

Систему уравнений (2) для двух методов испытаний можно преобразовать в следующую форму

$$\begin{aligned} f_c^* &= \Psi(H_1, H_2, W), \\ E_c^* &= \Omega(H_1, H_2, W) \end{aligned} \quad (5)$$

Каждое уравнение полученной системы представляет собой трехпараметровую градуировочную зависимость для расчета прочности f_c^* и модуля упругости E_c^* бетона. Таким образом, объединение двух физически различающихся методов испытаний теоретически позволит не только повысить точность оценки прочности бетона, но и улучшить информативность – дополнительно получить оценку его упругости.

Присутствие в уравнениях (1) и (2) параметра влажности W , на первый взгляд, не является оправданным с физической точки зрения, поскольку его размерность не координируется с размерностью механического напряжения. В то же время, присутствие свободной воды в пористой структуре цементного камня (и бетона в

целом) проявляет себя изменением динамической вязкости бетона, которая является третьей характеристикой бетона, отражающей его реакцию на динамическое механическое воздействие индентора, наряду с прочностью и упругостью. Введение параметра влажности частично компенсирует влияние динамической вязкости бетона на косвенные параметры индентирования - H_1 и H_2 и, тем самым, «приближает» по своей реологической модели динамический процесс индентирования к квазистатическому процессу прессовых испытаний.

Для экспериментальной проверки данной гипотезы была выполнена серия испытаний 20 образцов-кубов бетона проектного класса по прочности С30/37. В таблице 2 приведены данные испытаний.

Таблица 2

Данные испытаний образцов

№ обр.	Срок тverd.	Масса	Показатель прочности «ONIX»	Индекс отскока «Shmidt»	Влажн. бетона	Прочн. бетона
	T	M	$f_{c,onix}$	I	W	f_c
	сут.	г	МПа		%	МПа
1	44	2388	32,2	36,8	4,6	45,0
2	44	2412	33,5	35,2	4,2	44,4
3	41	2318	40,7	39,5	5	45,7
4	41	2332	46,4	37,5	4,9	49,6
5	40	2436	33,9	35,2	4	47,9
6	40	2360	33,1	36,2	3,9	36,7
7	39	2354	36,2	34,2	3,8	39,8
8	39	2400	32,5	35,8	4,2	44,4
9	38	2320	31,2	32,8	2,9	36,7
10	38	2406	33,3	32,7	3	39,4
11	37	2282	28,5	31,3	3,6	36,3
12	37	2390	27,7	34,7	3,6	35,3
13	35	2404	31,3	29,7	3,6	32,9
14	35	2456	30,7	31,3	4	42,2
15	34	2422	32,6	34,2	3,9	37,0
16	34	2462	30,3	31,5	4,4	41,9
17	32	2426	32,3	37	3,9	40,5
18	32	2428	37,6	36,7	4,1	51,7
19	31	2428	35,6	36	3,8	39,4
20	31	2462	32,6	38,7	3,9	42,2

Использовались два косвенных неразрушающих метода – метод упругого отскока и метод ударного импульса. Прочность образцов определялась прессовыми испытаниями по ГОСТ 10180. Дополнительно измерялись масса образцов. Влажность бетона W контролировалась диэлькометрически методом по ГОСТ 21718-84 (прибор МГ-4Б).

По приведенным в таблице 2 данным выполнено построение стандартных – по СТБ 2264 – линейных градуировочных зависимостей, и экспериментальных 2-3-х

параметрових градуировочних залежностей. В таблиці 3 приведені основні параметри залежностей.

Введення в залежності параметра вологості (залежності №3 і №4) підтвердило справедливості сформульованої вище гіпотези: остаточне середнє квадратичне відхилення S_t зменшилося на 10%.16%, а коефіцієнт кореляції для обох залежностей перевищив мінімальне порогове значення 0,7 (по ГОСТ 22690-2015).

Таблиця 3

Параметри градуировочних залежностей

№	Градуировочная зависимость	S_t	r^2	r	F
1	$f_c^* = 1,08 \cdot I + 3,8$	4,24	0,32	0,57	8,55
2	$f_c^* = 0,76 \cdot f_{c,onix} + 15,8$	3,95	0,41	0,62	12,6
3	$f_c^* = 0,55 \cdot I + 4,81 \cdot W + 3,1$	3,76	0,49	0,71	8,4
4	$f_c^* = 0,46 \cdot f_{c,onix} + 4,18 \cdot W + 9,3$	3,60	0,54	0,73	9,96
5	$f_c^* = 0,561 \cdot f_{c,onix} + 0,560 \cdot I + 3,06$	3,86	0,47	0,69	6,7
6	$f_c^* = 0,384 \cdot f_{c,onix} + 0,324 \cdot I + 3,64 \cdot W + 2,77$	3,63	0,55	0,74	7,5

де r^2 – коефіцієнт детермінації; r – коефіцієнт лінійної кореляції;

I – індекс отскока; W – вологість бетону в %;

f_c^* – розрахункова міцність бетону, за даними косвенного методу, МПа;

$f_{c,onix}$ – косвенний показник міцності за приладом «Онікс-2.5» МПа;

S_t – остаточне середнє квадратичне відхилення градуировочної залежності, МПа.

Об'єднання даних молотка Шмідта і приладу методу ударного імпульсу «Онікс» (см. залежність №5) небагато покращило показники градуировки, але поступило за цими ж показниками залежностям №3 і №4. В той же час, об'єднання даних цих двох методів з показником вологості дозволило отримати максимальне значення коефіцієнта кореляції – 0,74 (см. залежність №6). Характерним стало те, що стандартні залежності (№1 і №2) не задовольняють вимогам ГОСТ 22690-2015 за показником коефіцієнта кореляції r і не можуть бути використані для контролю бетону. В той же час, всі отримані залежності виявилися значимими за критерієм Фішера.

Зрозуміло, очікувати високої ефективності і універсальності від об'єднання двох близьких за фізикою вимірних процесів склерометричних методів не слід. Найкращу перспективу можуть представляти собою метод динамічного індентування [4], а також ультразвуковий метод проходження [5], які володіють більшою селективністю до параметрам пружності і міцності бетону, ніж розглянуті вище пара методів, потенційно можуть забезпечити кращі метрологічні показники контролю бетону.

Окремим питанням є вплив неоднорідності бетону на результати випробувань невідрушувальними методами. В першу чергу це стосується ситуації, коли показники поверхнового шару

бетона отличаются от внутренних областей массива, например, при высушивании бетона в случае раннего расплубливания. При контроле конструкций находившихся в длительной эксплуатации определяющим может оказаться эффект карбонизации, в этом случае параметры упругости и прочности могут заметно превышать средние значения массива. Актуальным этот вопрос является и при контроле бетонных изделий с упрочненным поверхностным слоем. В этом случае эффективным является объединение методов испытаний использующих различный объем вовлеченного в испытательный процесс бетона [4].

На рис. 2 приведены данные испытания бетонных полов, выполненных с упрочнением верхнего слоя механическим втиранием упрочняющего компонента. Бетонное основание пола (толщина ~5...7 см) выполнено из сталефибробетона проектного класса по прочности C25/30.

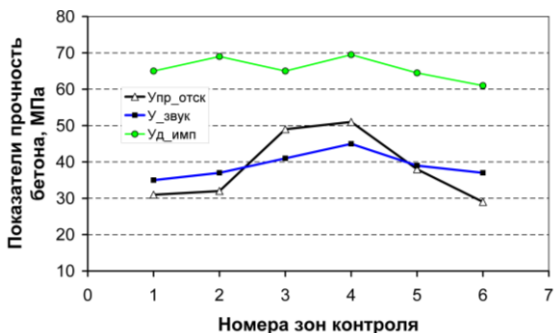


Рис. 2. Распределение оценок прочности бетонной плиты с упрочненным верхним слоем по данным неразрушающих методов испытаний

Упрочнению подвергался верхний слой бетона толщиной 3...4 мм. По данным ультразвуковых испытаний прочность бетонного массива соответствует значениям 34...45 МПа. Оценки прочности бетона механическими методами испытаний различаются более чем в два раза, причем показания склерометра ОМШ-1, имеющего большую энергию удара, ближе к данным ультразвукового метода, но имеют значительный разброс – от 29 до 52 МПа, что, вероятно, связано с различием в толщине упрочненного слоя выбранных зон контроля бетонного. Оценки ударно-импульсного метода (ИПС-МГ4) достаточно ровные и соответствуют проектной прочности для упрочненного слоя - 62...69 МПа. Для указанных двух приборов использовались линейные градуировочные зависимости, которые рассчитывались по данным испытаний образцов из использованного при бетонировании фибробетона. Область градуировочной зависимости для прибора ИПС-МГ4 для значений прочности превышающих 45 МПа экстраполировалась продолжением имеющейся прямой.

Такая картина распределения оценок прочности бетона для разных методов однозначно говорит о том, что в рассматриваемом случае ударно-импульсный метод, реализуемый прибором ИПС-МГ4, «принимает во внимание» прочность (твердость) верхнего упрочненного слоя. ОМШ-1, имеющий значительно большую энергию удара, по сути, «проламывает» тонкий верхний твердый слой, за счет чего его оценка прочности снижается и приближается к значению

прочности бетонной стяжки. Приведенные факты указывают на то, что оценка состояния бетона в конструкции каким-либо одним неразрушающим методом, без учета «физики» процесса измерения и технологии бетонирования не может быть объективной и достоверной.

Заключення. Стандартизована методика побудови градуировочных зависимостей склерометрических методов нуждается в модернизации. Для исследованных бетонов классов по прочности С30/37, С35/45 стандартные методики построения градуировочных зависимостей методов упругого отскока и ударного импульса не смогли удовлетворить требования ГОСТ 22690 по показателю коэффициента корреляции.

Двухпараметровые градуировочные зависимости, включающие влажность бетона в качестве дополнительного параметра, позволили для всех экспериментальных серий образцов снизить остаточное среднее квадратическое отклонение градуировочной зависимости методов упругого отскока и ударного импульса на 10%..16%, и устойчиво обеспечить минимально допустимое значение коэффициента корреляции $r = 0,7$ для исследованных составов бетона.

Разработанная методика построения двухпараметровых градуировочных зависимостей может быть рекомендована для включения в действующие нормативы, регламентирующие определение прочности бетона конструкций в построчных условиях.

Список литературы:

1. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-2015. – М.: 2014. – 23 с.
2. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон – М.: «Мир», 1989. – 509 с.
3. Испытания бетона. Неразрушающий контроль прочности: СТБ 2264-2012 – Введ. 01.01.2013. – Минск: Госстандарт, 2013. - 20 с.
4. Снежков, Д.Ю. Основы мониторинга возводимых и эксплуатируемых железобетонных конструкций неразрушающими методами / Д.Ю. Снежков, С.Н. Леонович - Минск: БНТУ, 2016. - 330 с.
5. Pucinotti, R. The use of multiple combined non destructive testing in the concrete strenght assessent: applications on laboratory specimens / R. Pucinotti // [Electronic resource], 2003. - Mode of access: http://www.ndt.net/article/hsndtct2007/files/Pucinitti_Crisci_etat.pdf. - Date of access: 02.02.2016

References

1. Betony. Opredelenie prochnosti mehanicheskimi metodami nerazrushajushhego kontrolja [Concrete. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing]. (2014). HOST 22690-2015. Moscow.
2. Dzhonson, K. (1989) *Mehanika kontaktnogo vzaimodejstvija* [Contact mechanics]. Moscow: Mir [in Russia].
3. Ispytanija betona. Nerazrushajushhij kontrol prochnosti [Concrete testing. Non-destructive testing of strength]. (2013). STB 2264-2012. Minsk: Gosstandart [in Belorussia]
4. Snezhkov, D.Ju., & Leonovich, S.N. (2016). *Osnovy monitoringa vozvodimyh i jekspluatiruemyh zhelezobetonnyh konstrukcij nerazrushajushhimi metodami*

[Fundamentals of monitoring of constructed and operated reinforced concrete structures by non-destructive methods]. Minsk: BNTU [in Belorussia].

5. Pucinotti, R. (2003) The use of multiple combined non destructive testing in the concrete strenght assessment: applications on laboratory specimens. Retrived from http://www.ndt.net/article/hsndtct2007/files/Pucinitti_Crisci_etat.pdf.

Д.Ю. Снежков

О построении градуировочных зависимостей склерометрических неразрушающих методов контроля прочности бетона

Склерометрические методы испытаний бетона, в частности, метод упругого отскока, сохраняют свои позиции наиболее распространенных косвенных методов для определения прочности бетона в построечных условиях. Они используются в качестве средства технологического контроля при возведении строительных объектов, так и при их обследовании в период эксплуатации. Косвенными параметрами современных склерометрических приборов обычно являются точечные величины: индекс отскока, диаметр и глубина отпечатка, продолжительность процесса внедрения индентора и максимальная сила взаимодействия. Однако отсутствие однозначной связи указанных параметров с прочностью бетона приводит к дополнительной неопределенности результата испытаний, что составляет одну из проблем склерометрических методов контроля бетона. Наблюдается также и неустойчивость градуировочных зависимостей метода. Даже строгое соблюдение предписаний процедуры не гарантирует повторяемости полученных зависимостей.

В статье рассматривается возможность улучшения метрологических показателей градуировочных зависимостей склерометрических методов путем введения дополнительного параметра – влажности бетона. Рассматривается также возможность объединения двух склерометрических методов – метода упругого отскока и метода ударного импульса. Данные получены на образцах бетона в сроках твердения 25..60 суток. Двухпараметровые градуировочные зависимости, включающие влажность бетона в качестве дополнительного параметра, позволили для всех экспериментальных серий образцов снизить остаточное среднее квадратическое отклонение градуировочной зависимости методов упругого отскока и ударного импульса на 10%.16%, и устойчиво обеспечить минимально допустимое значение коэффициента корреляции $r = 0,7$ для исследованных составов бетона. Рассмотрено влияние неоднородности бетона на показания склерометрических методов испытаний

Разработанная методика построения двухпараметровых градуировочных зависимостей может быть рекомендована для включения в действующие нормативы, регламентирующие определение прочности бетона возводимых конструкций в построечных условиях.

Ключевые слова: *бетон, неразрушающий контроль, нормативы, градуировочная зависимость, коэффициент корреляции, влажность.*

D. Snezhkov

On the calibration dependencies designing for concrete strength testing by sclerometric nondestructive methods

Sclerometric methods of testing concrete, in particular, the rebound hammer testing, retain their positions as the most common indirect methods for concrete strength determining in situ. They are used as a means for technological testing during the buildings construction, as well as during their inspection during maintenance. Indirect parameters of current sclerometric devices are usually point-values: the rebound index, the diameter and depth of the print, the duration of the indenter insertion process, and the maximum interaction force. However, the lack of an unambiguous relationship between these parameters and the strength of concrete leads to additional uncertainty of the test result, which is one of the problems of sclerometric methods of concrete control. The instability of the calibration dependencies of the method is also observed. Even strict compliance with the requirements of the procedure does not guarantee the repeatability of the obtained dependencies.

The article considers the possibility of improving metrological indicators of calibration dependencies of sclerometric methods by introducing an additional parameter-concrete humidity. The possibility of combining two sclerometric methods – the elastic rebound method and the shock pulse method is also considered. Data were obtained on concrete samples with a curing time of 25..60 days. Two-parameter calibration dependencies, including concrete humidity as an additional parameter, allowed for all experimental series of samples to reduce the residual mean square deviation of the calibration dependence of elastic rebound and shock pulse methods by 10%.16%, and to consistently provide the minimum acceptable value of the correlation coefficient $r = 0.7$ for the studied concrete compositions. The influence of concrete heterogeneity on the readings of sclerometric test methods is considered.

The developed method of constructing two-parameter calibration dependencies can be recommended for inclusion in the current standards governing the determination of the strength of concrete structures under construction.

Keywords: concrete, non-destructive testing, standards, calibration dependence, correlation coefficient, humidity.

Посилання на статтю

АРА: Snezhkov, D. (2020) On the calibration dependencies designing for concrete strength testing by sclerometric nondestructive methods. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budyvnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 16–25.

ДСТУ: Снежков Д.Ю. О построении градуировочных зависимостей склерометрических неразрушающих методов контроля прочности бетона [Текст] / Д.Ю. Снежков // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 16–25.

УДК 711.8

В.І. Доненко¹,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0002-5728-5081

О.М. Назаренко¹,
канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0003-3738-1129

І.А. Назаренко¹,
канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0003-4200-4424

М.П. Марченко¹,
студент, Бад-117сп
В.П. Суліма¹,
магістрант, Бад-119м

¹Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя

ТЕХНІЧНІ ПЕРЕВАГИ СИСТЕМИ СЕДИМЕНТАЦІЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ СІЧНИХ ВОД МІСТА

Робота проектує систему виробничих компонентів міської інфраструктури для створення енергоефективного міста. Досліджено гідравлічні, гідрологічні, теплообмінні процеси взаємодії водної структури та елементів очисних конструкцій для відцентрового осадження завислих речовин. Розраховано залежно від ступеня забруднення апарати для відновлення ресурсу. Досліджено тривалість операцій відновлення. Визначено технологічний цикл відновлення повторної води та кількість циклів кавітаційного генератора для керованого кондиціювання умовно чистих та брудних вод. Досліджено апарати зворотного осмосу для відновлення умовно чистих вод. Категоризовані потенційні стоки промислових вод за доцільністю відновлення. Отримано зразки експериментальних осадів для потреб будівельного господарства при робочих та надкритичних режимах роботи технологічної цівки. Розроблена математична модель продуктивності зрошення агроцентрів в умовах засухи крапельним зрошенням повторною водою.

Ключові слова: *повторні води, акумулювання, кавітаційний генератор, завислі речовини, механічна ерозія, водний баланс, температура, система.*

Вступ. Екосистеми міст складаються з дивовижних взаємодій живих організмів і абіотичного середовища, створюючи динамічні цикли поживних речовин і енергії. Здатність людини витіснити і формувати природні процеси покращилася, але громада продовжує залежати від товарів і послуг, що надаються екосистемами. Структура екосистемних послуг уточнює зв'язок між добробутом людини та функцією екосистеми. Екосистемні послуги надаються екосистемі для підтримки добробуту громади [1]. Технологія екосистемної послуги створює зворотний зв'язок, який сприяє як екосистемі, так і благополуччю громади [2]. У цьому контексті очевидно, що ризики для природних ресурсів подібні ґрунтам і водним ресурсам мають прями наслідки для громади [3].

Дослідження поповнення водного балансу міста важливо, особливо в південних регіонах України, де засухи порушують стабільність процесів та приводять до соціального напруження в громаді [4].

Матеріали і методи досліджень. В роботі продовжується гідрологічні дослідження та математичні пошукування таких вчених, як Прандтль Д., Хосокава Т., Івасакі М., Рябенко О.А., Цхай А.А., Епоян С.М., Пантелєв Г.С., Малько В.Г., Кравчук С.М., Стольберг Ф.З., Карагяур А.С. Традиційно гідрологічні вимірювання проводяться в природних умовах, автори пропонують використання техногенних потоків для підвищення енергоефективності системи водопостачання [5].

Мета та завдання. Дана робота виконувалась у відповідності до вимог надійності систем водопостачання та забезпечення сталості економічного розвитку міст [6]. Враховані вимоги забезпечення сталості розвитку прісноводних ресурсів програми «Інтегроване управління водними ресурсами».

Мета роботи – Дослідження поповнення балансу системи водопостачання та зниження техногенного навантаження на річковий басейн.

Завдання роботи – Оптимізація використання техногенних стоків для поповнення балансу водної системи.

Основна частина.

Структура екосистемних послуг є інструментом, який можна використовувати в межах стратегічного керування водоспоживанням міста та регулювання басейнів річок [7]. Інструмент допомагає регуляторам оцінити види землекористування та заходи зменшення або заборони техногенного впливу на розвиток громади. Підхід екосистемних послуг не має залучення грошової оцінки, але шляхом створення обмежень, він розширює інструменти, що знаходяться у розпорядженні регулятора [8-11]. Обговорення наслідків техногенних сценаріїв різними групами експертів та зацікавлених сторін, може бути достатньо для знаходження компромісів при різних сценаріях використання територій.

Дослідження ризиків дебалансу водосховища важливо для розуміння меж технологічної схеми та визначення інструментарію стабілізації басейну міста [12]. При випуску вода проходить локальне кавітаційне очищення та в разі необхідності хімічне втручання для корегування рН (промислові райони) (табл. 1).

Таблиця 1

Показники умовно чистої води при обробці кавітаційним генератором

Показник	Кут 5°	Кут 12°
Жорсткість початкова, мг-екв/л	4,21	4,21
Жорсткість остаточна, 1 цикл, мг-екв/л	3,3	3,43
Жорсткість остаточна, 7 цикл, мг-екв/л	2,88	2,98
Лужність початкова, мг-екв/л	3,2	3,2
Лужність остаточна, 1 цикл, мг-екв/л	2,42	2,12
Лужність остаточна, 7 цикл, мг-екв/л	2,03	1,97
рН початкова	7,4	7,4
рН 7 цикл	6,4	7,12
Солевміст, мг/л	275	275
Солевміст, 1 цикл, мг/л	221	205
Солевміст, 7 цикл, мг/л	238	212

Результати дослідження доводять можливості відтворення хімічних показників якості води на 1...3 циклах). При збільшенні кількості циклів очищення до 7, жорсткість зменшується до 2,88 мг-екв/л, лужність дорівнює 2,03 мг-екв/л, підвищується солеміст до 238 мг/л.

Новоутворення озону при температурі (105...107)°С (кут 5 градусів), який в ході реакції багаторазово взаємодіє в умовах турбулентної реакції з молекулами забруднювача та знешкоджує їх в стадії адсорбції.

Пропонується дистанційне вимірювання жорсткості, лужності води, рН, солемісту та концентрацію можливих токсичних речовин за допомогою електронного блоку Arduino. При виникненні ризиків в збірних водоводах система дає сигнал та надає гнучку хімічну допомогу в районних насосних станціях [13].

Більш справедливо для прийняття важливих рішень залучення експертів зовнішніх та наукового середовища для моделювання сценаріїв водних ризиків та ступіню техногенного навантаження на район та регіон.

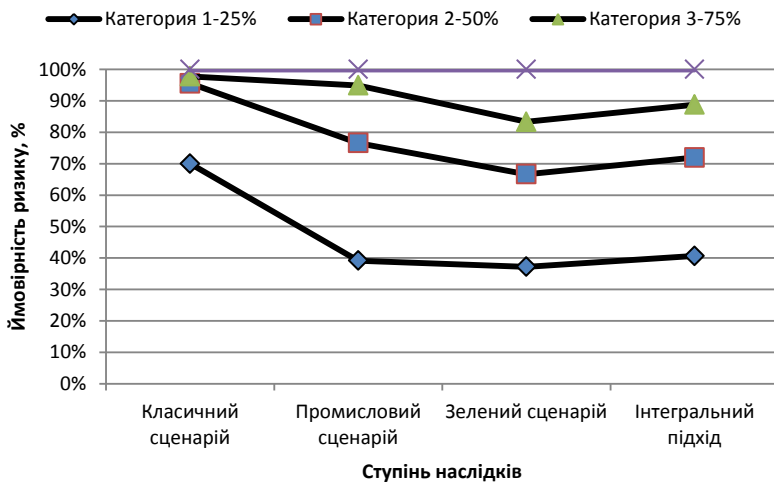


Рис. 1. Наслідки ризиків водопостачання по сценаріях

Дослідження використання умовно чистих вод виявили глибину просочення води в Запорізькій області до 18 см, в Дніпропетровській області до 36 см.

Досліджувані властивості ґрунту спиралися на текстурні індикатори породи-пісок, глину, мул, кварцевий пісок, а також на обсяг ділянки, точку збору, концентрації речовин, ємність кат іонообміну [14]. Один з більш чутливих параметрів ґрунту - насичена гідравлічна провідність. Виділення ґрунтів на два класи на основі вмісту глини, має передбачуване відношення більше 40 відсотків. Розроблено рівняння гідравлічної провідності глини:

$$K_b = 0,0066 \exp \left[\frac{244}{\% \text{зависл}} \right] \quad (1)$$

Для ґрунтів з глиною менше 40%, співвідношення для K_b включає два параметри для змісту піску:

$$K_b = -0,265 + 0,0086\% \text{пісок}^{1,8} + 11,46 \text{СЕС}^{-0,75} \quad (2)$$

Дослідження продемонструвало успішне прогнозування моделі з використанням адаптації рівняння змішаної суміші для 1,5 годинного проміжка часу, в сценарії умовно брудних та умовно чистих вод агроланшафту [15].

Розрахована питома вологість ґрунтів Запорізької області в межах 0,5 см/годину, Днепропетровської області – 0,9 см/годину. Польові дослідження гідрологічних параметрів водоймищ надали рівняння потоку прісної поверхневої рідини:

$$(\rho_u)_x = \rho_u + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) dx + \frac{\partial^2}{\partial x^2}(\rho u) \frac{\partial Q^2}{r} + \dots + \left[\rho u + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) dx \right] dz dt n \quad (3)$$

При дослідіах кондиціювання чистих та брудних вод завислі речовини будуть відсепаровані в кавітаційному устаткуванні:

$$m(t + dt) = \left(\rho + \frac{\partial \rho}{\partial t} dt \right) dx dy dz \quad (4)$$

$$dm = \left(\rho + \frac{\partial \rho}{\partial t} dt \right) dx dy dz - \rho dx dy dz$$

$$dm = \frac{\partial \rho}{\partial t} dt dx dy dz$$

Коефіцієнт дифузії мас визначаємо:

$$-D_c \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right) dx dy dz dt \quad (5)$$

$$\left[\frac{\partial}{\partial x}(uc) + \frac{\partial}{\partial y}(vc) + \frac{\partial}{\partial z}(wc) \right] dx dy dz dt = \frac{\partial c}{\partial t} dx dy dz dt$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_c \nabla^2 c \text{ збереження маси потоку водоймища}$$

Багатофункціональна концепція використовує систему для підтримки експертів у розвитку зв'язків між балансом системи водопостачанням та численними перевагами інтеграції (табл. 2).

Результати свідчать, що умовно чисті води в металургійній промисловості мають пересичення по карбонату кальцію до 68,41 разів, та по гідроксиду магнію до 120 разів. Потрібно 42 цикли роботи кавітаційного генератора для доведення ресурсу до питної якості.

Аналогічно по умовно брудним водам досліді надали результати пересичення карбонату кальцію 78,19 разів, по магнію 261 разів. В цьому випадку практично можливо довести ресурсу до питної якості при 78 циклах роботи генератора, до 248 годин, тобто на протязі 10 діб.

Пропонуєма система попередження ризику водного середовища всебічно аналізує стан навколишнього середовища та дає попереджувальні сигнали (поодинокі індикатори та сумарні індекси).

Таблиця 2

Визначення переваг седиментаційної квітації

	Жорсткість мг-екв/дм ³	Лужність мг-кв/дм ³	Солевміст мг/л	Ns сасо ₃	Ns MgOH	N цикл
Легка промисловість	7,5	6,8	570	27,5	119	35
Металургійна (у.ч.)	12	11,2	630	68,41	120	42
Металургійна (у.бр.)	14	9,8	1120	78,19	261	78
Харчова	8,1	6,8	610	23,87	14	12

Аналогічно по умовно брудним водам досліди надали результати пересичення карбонату кальцію 78,19 разів, по магнію 261 разів. В цьому випадку практично можливо довести ресурсу до питної якості при 78 циклах роботи генератору, до 248 годин, тобто на протязі 10 діб.

Пропонуєма система попередження ризику водного середовища всебічно аналізує стан навколишнього середовища та дає попереджувальні сигнали (поодинокі індикатори та сумарні індекси).

Оцінка стану регіонального екологічного розвитку складається з п'яти операцій:

1) Загальна операція управління басейном

Представлення ризику водного басейну показано на візуальному інтерфейсі, включаючи загальну регіональну ситуацію, стан річки та зону водного буферу, що надає користувачам інформацію про географічне положення, гідрологію та метеорологію, стан та розташування водних функціональних зон.

2) Операція оцінки водного середовища

Цей процес оцінює зміни якості води в кожному перетині басейну з часом, своєчасно досліджує правила розподілу води, генерує діаграми розподілу основних категорій користувачів, класифікованих за основними показниками забруднення у вибраних перетинах моніторингу, обчислює індикаторні коефіцієнти перетинів.

3) Операція управління відходами

Інформація про воду відводи всіх річок, обчислюючи надлишкову ємність функціональних зон та кількість забруднюючих речовин. Модуль може імітувати концентрацію забруднюючих речовин на ділянці водозабору нижче за течією після їх деградації та дифузії та відстань впливу забруднюючих речовин.

4) Поступова прогресія попередження ризику водного середовища

На основі аналізу атмосферних опадів та попиту на воду процес поєднує з даними про кількість води, рівень води та якість води; визначити стан місцевих водних ресурсів та ступінь забруднення водних об'єктів.

Потім він прогнозує можливі резерви живлення басейну та здійснює ранне попередження водного середовища (табл. 3).

В ході досліджень рекреаційного озера міста визначено турбулентну в'язкість за допомогою дворівневої моделі турбулентності кінетичної енергії (k) та швидкості її розсіювання (ε). Отримано головне рівняння кінетичної енергії

турбулентності та розсіювання швидкості потоку для практичного застосування до стандартної к-ε моделі та низьких значень Рейнольдса:

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_{ui}k) - \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_e}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) = G - p(\varepsilon + D) \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_{ui}\varepsilon) - \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{\mu_e}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) = (C_1 f_1 G - C_2 f_2 \rho \varepsilon) \frac{\varepsilon}{k} + \rho E \quad (7)$$

Турбулентна в'язкість μ_t потоку:

$$\mu_t = c_\mu f_\mu \rho k / 2 \quad (8)$$

У прямих річках, при джерелі забруднення в центрі річки, бічна відстань:

$$L_M = \frac{0,213 \times u \times B^2}{E_y} \quad (9)$$

Джерело забруднення на березі річки:

$$L_M = \frac{0,716 \times u \times B^2}{E_y} \quad (10)$$

Де L_M - поперечна довжина перемішування забруднюючих речовин (м);

u - середня швидкість річкового потоку (м/с);

B - середня ширина русла річки (м);

E_y - коефіцієнт бічної дисперсії (м²/с).

Таблиця 3

Сигнал попередження забруднення басейну річки

Попередження ризику			
Річка	Індикатор	Перетин	Значення
Тип забруднювача	Свинець	Концентрація	0,5
Біодеградація забруднювача	Так	Не біодеградація	Ні
Позиціонування	A2	Вплив ситуації	A2
Засуха	≥30		Ключові міста
Засуха	<20		регіон
Засуха	<10		Країна
Засуха	<3		Територія
Трансфер	A3	Економічні втрати скиду	A4
Оцінка трансферу	≥10000	Пряма економічна втрата	≥10 млн
Ступінь ризику	III	Середній	

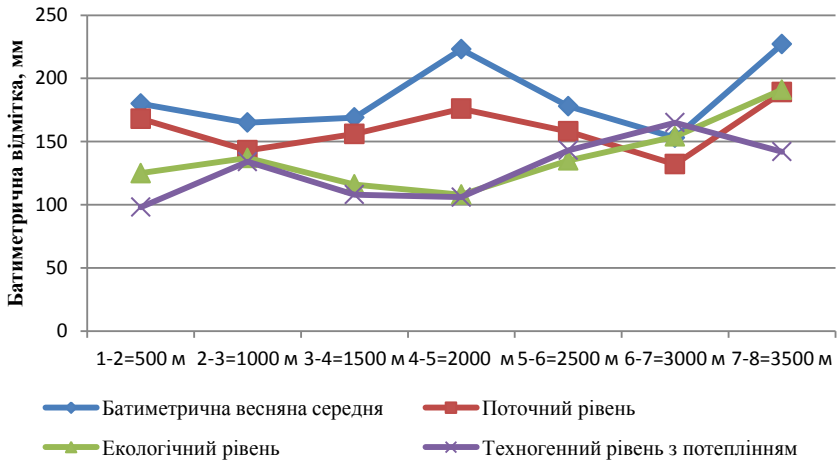


Рис. 2. Рівні доступної води в різних перетинах річки Дніпро (аграрний сегмент)

При батиметричних розрахунках рівня води річки Дніпро (сток води) розроблено модель нестабільної якості води:

$$C(x, y, t) = \frac{M}{H4,24\pi\tau\sqrt{E_xE_y}} \exp\left[-\frac{(x-ut)^2}{4E_x t} - \frac{y^2}{4E_y \tau} - 2k_t\right] + C_h \quad (11)$$

де M – витік забруднюючих речовин (г);

H – глибина ділянки річки (м);

t – час прогнозування;

C_h – початкова концентрація забруднюючих речовин у річці (мг/л);

E_x – коефіцієнт поздовжньої дифузії (м²/с);

K – коефіцієнт деградації забруднюючих речовин (л/с);

x – вертикальна відстань між точками скидання до споживання (м);

y – поперечна відстань від точки скидання до забору води (м).

Розроблена математична модель седиментаційної моделі очистки виглядає:

$$Y = 46,062 - 7,172x_2 - 16,745x_3 - 25,898x_2^2 + 2,738x_3^2 + 14,137x_2x_3$$

де x_1 – жорсткість води, мг-екв/л;

x_2 – продуктивність процесу, %;

Y – кількість циклів – 15-74 рази.

Результати рівняння оброблено по статистичним критеріям Кохрена, Стьюдента та Фішера, які показали адекватну математичну модель та можливість впровадження у народному господарстві

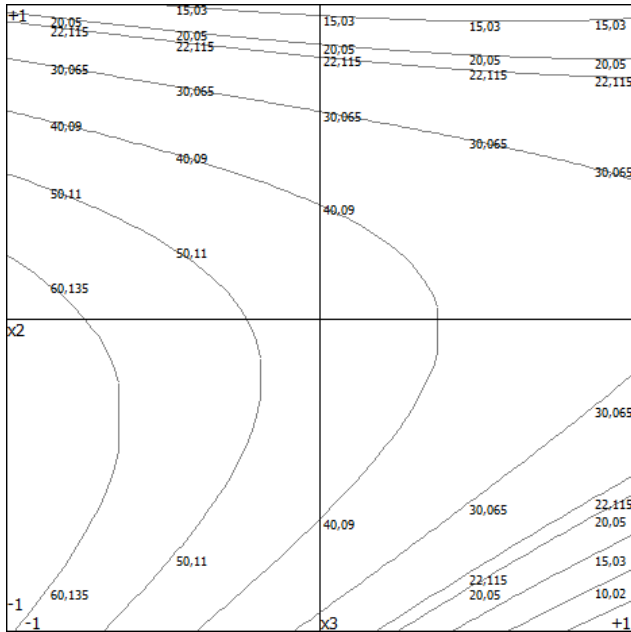


Рис. 3. Діаграма ліній рівного рівня

Висновки. В роботі класифіковані промислові та аграрні стоки по доцільності відновлення. Виконано порівняння кута крутки конуса Вентурі для очищення стічних вод комунального господарства. Розроблена система відновлення повторних вод, що компенсує до 32% дебалансу водного басейну.

Список літератури:

1. Jorgensen S.E. Handbook of Ecologica Models Used in Ecosystem and Environmental Management/CRC Press University Denmark.Copenhagen, 2011. 600 p.
2. Назаренко О.М. Ризик менеджмент водокористувачів річки Дніпро: монографія/ Запоріжжя: СТС Групп, 2018. 208 с.
3. Олійник О. Я., Айрапетян Т.С. Розрахунок кисневого режиму при біологічному очищенні стічних вод в аеротенках-змшувачах з закріпленим і зваженим біоценозом // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2019. – №1(94). – С. 187–191.
4. Утеплення, ремонт та реконструкція плоских покрівель цивільних будівель: посібник / Авраменко Ю.О., Лещенко М.В., Магас Н.М. [та ін.]; за ред. О.В. Семка. – Полтава: ТОВ «Астрія», 2017. – 238 с.
- 5.Marker В.А., Breure А.М., Zechmeister Н.Г. Bioindicators and biomonitors. Principles, concepts and application. Handbook/ElsevierScienceLtd. 2003. 1017 p.
6. Ремонт и эксплуатация рулонных кровель: Практическое пособие для работников ЖКХ / Н.М. Вавуло, А.Е. Харьковский, Р.Ф. Зарипов,

О.Л. Рогачевский, В.А. Желнинский, И.М. Дегтярев, А.Н. Лычиц, Д.А. Фисюренко. – М.; СПб.: ООО «АТМ», 2011. – 86 с.

7. Syvitski J., Cohen S., Miara A., Best J. River temperature and the thermal-dynamic transport of sediment. *Global and Planetary Change*. Volume 178, 7/2019, p. 168–183.

8. Elgueta M., Astaburuaga M., Hassan A. Sediment storage, partial transport, and the evolution of an experimental gravel bed under changing sediment supply regimes *Geomorphology*. Vol. 330, 4/2019, p. 1–12.

9. Kehui Xu, Samuel J., Bentley J., Day W., Freeman A. A review of sediment diversion in the Mississippi River Deltaic Plain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 5/2019, 235p.

10. Kuprienko P., Lapowska S., Kuprienko N, 2017. Nanommodified natural aluminum silicates in technology treatment of industrial waste and the production of building materials. *Underwater technologies*, Vol. 05, 74–83.

11. Яркин В.А. Определение эффективности работы перегородчатого смесителя коридорного типа усвоенственной конструкции /В.А. Яркин, С.М. Эпоян, Г.И. Сухоруков// *Науковий вісник будівництва*. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2018. – Т.91, №1. – С. 210–214.

12. Эпоян С.М. Метод повышения эффективности смешения природной воды с реагентом и методика проведения исследований / С.М. Эпоян, Г.И. Сухоруков, В.А. Яркин// *Науковий вісник будівництва*. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2016. – №1(83). – С.187-193.

13. Проскурнин О. А., Захарченко Н. И., Капанина О. И. Нормирование состава теплообменных сточных вод // *Науковий вісник будівництва*. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. – 2018. – №4(92). – С.226–231.

14. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд. [Текст]: – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2017. – 43 с.

15. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – К.: ДП «УкрНД-НЦ», 2017. – 45 с.

References

1. Jorgensen, S.E. (2011) *Handbook of Ecologica Models Used in Ecosystem and Environmental Management/CRC Press University Denmark.Copenhagen*. 600 p.

2. Nazarenko, O.M. (2018) Ryzik menedzhment vodokorystuvachiv richky Dnipro[Risk management of the Dnieper River water users]:monohrafiia. Zaporizhzhia: STS Hrupp. 208 s.

3. Oliinyk, O.Ya. & Airapetian, T.S. (2019) Rozrakhunok kysnevoho rezhymu pry biolohichnomu ochyshshchenni stichnykh vod v aerotenkakh-zmshuvachakh z zakriplenym i zvazhenym biotsenosom. [Calculation of the oxygen regime at biological sewage treatment in aerotanks-mixers with fixed and weighted biocenosis zom]. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. №1(94). pp. 187-191.

4. Avramenko, Yu.O., Leshchenko, M.V. & Mahas, N.M. (2017) Uteplennia, remont ta rekonstruktsiia ploskykh pokryvel tsyvilnykh budivel: posibnyk [Insulation, repair and reconstruction of flat roofs of civilian buildings]. Poltava: TOV «Astraiа». 238 p.

5.Marker, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G. (2003) Bioindicators and biomonitors. Principles, concepts and application. *Handbook / ElsevierScienceLtd*. 1017 p.

6. Vavulo, N.M., Kharkovskiy, A.E, Zarypov, R.F., Rohachevskiy, O.L., Zhelnynskiy, V.A., Dehtiarev, Y.M., Lychyts, A.N., Fysiurenko, D.A. (2011) Remont y ekspluatatsiya rulonnykh krovel: Prakticheskoe posobyе dlia rabotnykov ZhKKh [Repair and operation of rolled roofs: A practical manual for housing and communal services workers]. M.; Spb.: OOO «ATM». 86 p.
7. Syvitski, J., Cohen, S., Miara, A., Best, J. (2019) River temperature and the thermal-dynamic transport of sediment. *Global and Planetary Change*. Vol. 178, 7/2019, pp. 168-183.
8. Elgueta, M., Astaburuaga, M., Hassan, A. (2019) Sediment storage, partial transport, and the evolution of an experimental gravel bed under changing sediment supply regimes *Geomorphology*. Vol. 330, 4, pp. 1-12.
9. Kehui, Xu, Samuel, J., Bentley, J., Day, W., Freeman, A. (2019) A review of sediment diversion in the Mississippi River Deltaic Plain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 5, pp. 235-241.
10. Kuprienko, P., Lapowska, S., Kuprienko, N. (2017). Nanommodified natural aluminum silicates in technology treatment of industrial waste and the production of building materials. *Underwater technologies*, Vol.05, pp.74-83.
11. Yarkyn, V.A., Epoian, S.M., Sukhorukov, H.Y. (2018) Opredelenye efektyvnosti raboty perehorodchatoho smesytelia korydornooho typu usoveshenstvovanoi konstruksyy [Determination of efficiency of work of a partition mixer of a corridor type of the advanced design] *Naukovyi visnyk budivnytstva*. T.91, №1. pp.210-214.
12. Epoian, S.M., Sukhorukov, H.Y., Yarkyn, V.A. (2016) Metod povysheniya efektyvnosti smesheniya pryrodnoi vody s reahentom y metodyka provedeniya yssledovanyi [The method of increasing the efficiency of mixing natural water with the reagent and the method of research]. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. №1(83). pp.187-193.
13. Proskurnyn, O.A., Zakharchenko, N.Y., Kapanyna, O.Y. (2018) Normyrovanye sostava teploobmennyykh stochnykh vod [Background of the heat exchange composition]. *Naukovyi visnyk budivnytstva*. №4(92). pp. 226-231.
14. DBN V.2.6-220:2017 Pokryttia budivel i sporud. [DBN B.2.6-220: 2017 Covering of buildings and structures]. K.: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy, 2017. 43 p.
15. DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. [DSTU-N B V.1.2-18: 2016. Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and evaluate their technical condition]. K.: DP «UkrND-NTs», 2017. 45 p.

В.И. Доненко, О.М. Назаренко, И.А. Назаренко, М.П. Марченко, В.П. Сулима

Технические преимущества системы седиментационного восстановления сточных вод города

Работа проектирует систему производственных компонентов городской инфраструктуры для создания энергоэффективного города. Исследована гидравлические, гидрологические, теплообменные процессы взаимодействия водной структуры и элементов очистных конструкций для центробежного осаждения взвешенных веществ. Рассчитаны в зависимости от степени

загрязнения аппараты для восстановления ресурса. Исследована продолжительность операций восстановления. Определены технологический цикл восстановления повторной воды и количество циклов кавитационного генератора управляемого кондиционирования условно чистых и грязных вод. Исследованы аппараты обратного осмоса для восстановления условно чистых вод. Категоризированы потенциальные стоки промышленных вод по целесообразности восстановления. Получены образцы экспериментальных осадков для нужд строительного хозяйства при рабочих и сверхкритических режимах работы технологической цепочки. Разработана математическая модель продуктивности капельного орошения агроцентров в условиях засухи повторной водой.

Ключевые слова: *повторные воды, аккумулярование, кавитационный генератор, взвешенные вещества, механическая эрозия, водный баланс, температура, система.*

***V.I. Donenko, O.M. Nazarenko, I.A. Nazarenko, M.P. Marchenko, V.P. Sulima
Technical advantages of the city sedimentation water reconstruction system***

The work designs a system of production components of urban infrastructure to create an energy efficient city. Hydraulic, hydrological, heat exchange processes of interaction of water structure and elements of treatment structures for centrifugal deposition of suspended matter have been investigated. Depending on the degree of contamination, devices for resource recovery are calculated. The duration of recovery operations was investigated. The technological cycle of re-water recovery and the number of cycles of cavitation generator for controlled conditioning of conditionally clean and dirty waters have been determined. Reverse osmosis devices for the recovery of conditionally pure water have been investigated. Categorized potential effluents of industrial waters as appropriate for restoration. Samples of experimental sediments for the needs of the construction industry at operating and supercritical modes of operation of the technological stream were obtained. A mathematical model of the productivity of irrigation of agro-centers in drought conditions with drip irrigation by repeated water has been developed.

Keywords: *recurrent water, accumulation, cavitation generator, suspended matter, mechanical erosion, water balance, temperature, system.*

Посилання на статтю

APA: Donenko, V.I., Nazarenko, O.M., Nazarenko, I.A., Marchenko, M.P. & Sulima, V.P. (2020). Technical advantages of the city sedimentation water reconstruction system. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 26–36.

ДСТУ: Доненко В.І. Технічні переваги системи седиментаційного відновлення стічних вод міста [Текст] / В.І. Доненко, О.М. Назаренко, І.А. Назаренко, М.П. Марченко, В.П. Суліма // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 26–36.

УДК 69.059.7:001.8

О.Ф. Осипов,

докт. техн. наук, професор

ORCID: 0000-0002-5463-3976

Д.Р. Лека,

аспірант

ORCID: 0000-0002-8318-310X

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ПЕРШИХ МАСОВИХ СЕРІЙ

У статті розглядається нормативно-правові, містобудівні, технічні та технологічні аспекти проблеми розгортання масової реконструкції і модернізації житлових крупноблочних будинків перших масових серій. Аналіз та узагальнення практичного досвіду проектування та здійснення масової реконструкції житлових будинків перших масових серій в Україні та зарубіжжі свідчить, що при умові впровадження інноваційних підходів щодо проектування об'ємно-планувальних та конструктивних рішень, застосування сучасних та налагоджених технологій їхньої реконструкції можливо досягнути значних соціальних і економічних переваг.

Ключові слова: *технологія, масова реконструкція, житлові, крупноблочні будинки, перша масова серія, соціально-економічні передумови.*

Вступ. Станом на 2020 рік в Україні налічується близько 75 мільйонів метрів квадратних житлових будинків, які вже має строк експлуатації, що перевищує граничні проектно-нормативні терміни. При тому, морального старіння ці будівлі зазнали значно раніше. Так за даними Міністерства регіонального розвитку в 2018 році близько 3-ох тисяч будинків міста Києва перейшли цю межу [1].

Тим не менш такий технічний стан та суттєвий моральний знос ніяк не впливає на ринок нерухомості вторинного житла в Україні, що свідчить про низький рівень вимог до експлуатаційних характеристик та архітектурно-естетичного вигляду такого житла серед населення.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз сучасних досліджень та публікацій свідчить про доцільність впровадження методів реконструкції з точки зору технологічної потреби у безперервному розвитку виробничих сил, техніко-економічної та соціальної ефективності [2].

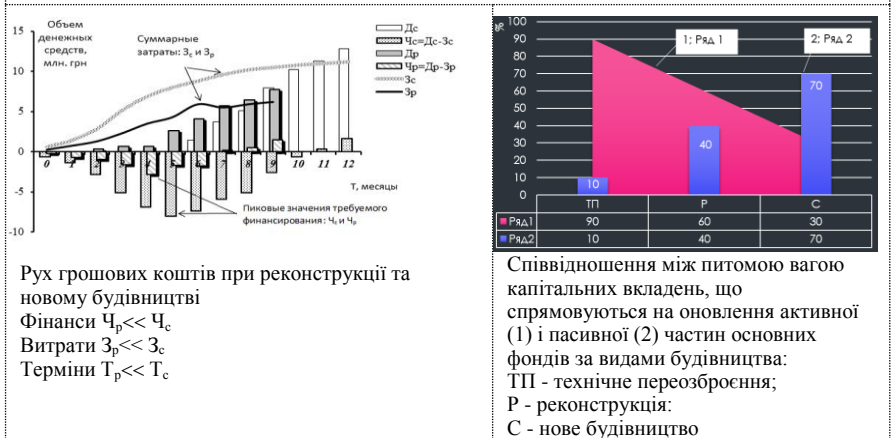
За основу підбору раціональної технології взято призначення будівель та їх можливість перепланування. Запропоновано розробити заходи для формування таких видів помешкань [3].

Постановка завдання. Умовою розгортання масової реконструкції і модернізації житлових крупноблочних будинків перших масових серій є всебічні обґрунтування її соціальної, містобудівної, нормативно-правової і технологічної доцільності, а також економічної привабливості для інвесторів. Дане положення взято за завдання даної статті.



I етап - впровадження та первинного поширення (нова технологія або нововведення) $[\alpha_0, \alpha_1]$;
II етап - максимального поширення (прогресивна технологія) $[\alpha_1, \alpha_2]$;
III етап - раціоналізації (традиційна технологія) $[\alpha_2, \alpha_3]$;
IV етап - старіння (застаріла технологія) $[\alpha_3, \alpha_4]$.

Рис. 1. Технологічна потреба у безпервному розвитку виробничих сил



Рух грошових коштів при реконструкції та новому будівництві
 Финанси $Ч_p \ll Ч_c$
 Витрати $З_p \ll З_c$
 Терміни $T_p \ll T_c$

Співвідношення між питомою вагою капітальних вкладень, що спрямовуються на оновлення активної (1) і пасивної (2) частин основних фондів за видами будівництва:
 ТП - технічне переозброєння;
 Р - реконструкція;
 С - нове будівництво

Рис. 2. Техніко-економічна ефективність

Методи дослідження. Аналіз і узагальнення нормативно-правових, соціальних і технологічних аспектів реконструкції крупноплощних житлових будинків перших масових серій та практичного досвіду проектування і здійснення такої реконструкції приймаються в якості головних методів дослідження.

Основний матеріал. З метою поступового вирішення проблеми застарілого житла у 2018 році було прийнято рішення Міською радою Києва про інвентаризацію будівель перших масових серій, в цей звіт повинна входити така інформація:

- загальна кількість будівель перших масових серій;
- загальну площу з розподілом на житлову та не житлову;
- кількість власників не житлових приміщень;
- площі ділянок на яких розміщені будівлі перших масових серій;
- наявність дорожнє-транспортних пригод в мікрорайонах із застарілим житловим фондом.

На основі цих даних повинні розробитись і надані пропозиції по реконструкції і реновації таких районів і зон.

У законодавчому плані, існує закон України «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду» від 2007 року, та він зазнає постійних змін та редагувань [4].

При застосуванні даного підходу та враховуючи вищеперераховані фактори було розроблено схему забудови міста Чернівці для візуального розуміння співвідношення загальної площі забудови до відсотку забудови будівлями перших масових серій. Це співвідношення таке [5]:

- загальна площа міста Чернівці складає 153 км²;
- загальна площа житлової та громадської забудови складає 64 %, або 98 км²;
- площа житлової забудови будівель перших масових серій – 4,7 км² або 468 га;
- 2,82 км² – площа історичної забудови.

Відповідно 5 % загальної площі житлової та громадської забудови, а 3 % забудови перепадає на історичну частину міста, яка перебуває в зоні охорони культурної та історичної спадщини [6]. Візуальне представлення розподілу забудови м. Чернівці зображена на рис. 3.

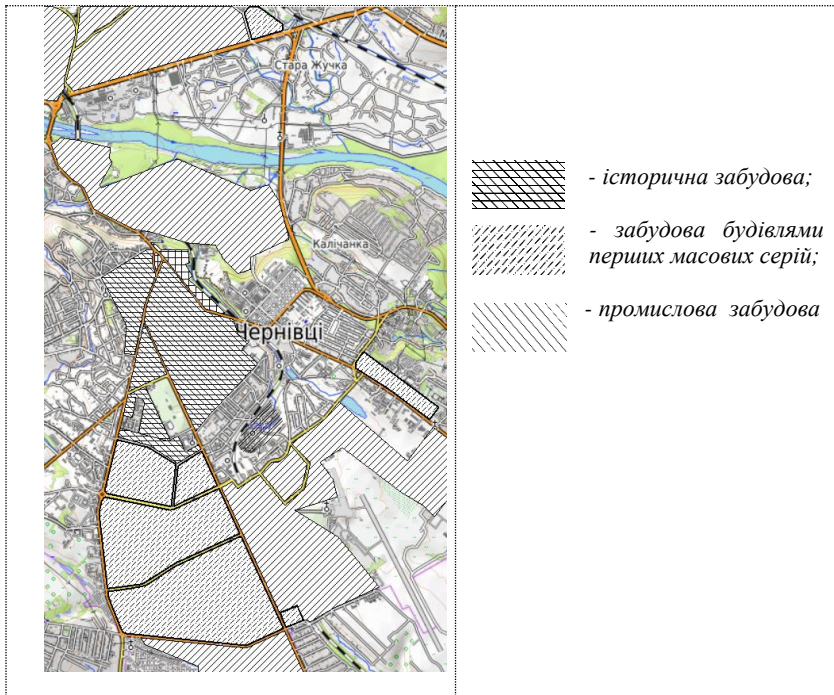


Рис. 3. Схема розподілу загальної площі міста Чернівці за основними різновидами міської забудови

Зони з промисловою та комерційною забудовою, що складає 10 % від загальної площі забудови.

Залишкова площа забудови складає – це малоповерхове будівництво, а нове будівництво впроваджується точково, що не завжди позитивно впливає на архітектуру кварталу чи району.

Будівлі перших масових серій перебувають на балансі у міських органів самоврядування, таких як Департамент житлово-комунального господарства, тобто все навантаження на обслуговування таких будівель передається на державу, що потребує значних витрат щорічно, рідше ці будівлі передаються на баланс безпосередньо людям, що проживають в них (ОСББ).

Таким чином можна зробити висновок, що наявність таких будівель несе суто негативний вплив, а люди проживають в такому житлі лише в умовах низької вартості житлової площі таких будівель. А питання необхідної реконструкції цих будівель може врахувати лише модернізацію, та аж ніяк не реконструкцію за державний кошт. Така реконструкція має місце при умові влиття інвестиційних коштів приватного сектору підприємницької діяльності.

Проблематика питання полягає в тому, що залучення приватного сектору не можливе, без відповідної фінансової привабливості, за інформацією Міністерства регіонального будівництва для створення фінансової привабливості ціна житлової площі повинна підвищитись що най менше на 30 % від вартості без вливання інвестицій в реконструкцію таких будівель.

Вирішення даного питання можна шляхом застосування сучасного досвіду реконструкції будівель перших масових серій іноземних держав.

За основу було прийнято приклад реконструкції будівлі в місті Москва будинку народного комісаріату фінансів «Дом Наркомфина» який був побудований в 1930 році, як один із перших будинків типу будинок-комуна за проектом архітекторів М. Гінсбурга та І. Мілініса і інженера С. Прохорова. Будівля розташована на Новинському бульварі під номером 25. Не дивлячись на те, що будівля територіально розташована за межею центрального кільця вартість квадратного метру житлової площі одна з найдорожчих в місті після проведення реставраційних робіт в будівлі. На сьогоднішній день вартість 1 м² в цій будівлі складає від 12 тис. дол. або 1 млн. рублів.

За період існування будівлі від 1930 по 2016 роки будівля ніколи не підлягала ремонтним роботам, що довело будівлю до знесення.



Рис. 4.а. Загальний вигляд будівлі Наркомфіна до її реконструкції



Рис. 4.6. Загальний вигляд будівлі Наркомфіна після її реконструкції



Рис. 5 Фотофіксації технічного стану та пошкоджень будівлі, що виконана під час її реконструкції



Рис. 6. Фотофіксації технічного стану фасадів будівлі

Конструктивна схема будівлі: «Залізобетонний каркас, статичне навантаження сприймали залізобетонні колони округлої форми із кроками 3,5 м та 4,5 в поперечному напрямку та 3,75 м в повздовжньому. Між собою колони зв'язані залізобетонними прогонами в обох напрямках. В поперечних напрямках виступають консолі з обох боків, що надає загальну глибину корпусу 10,15 м. Зовнішні стіни виготовлені із пустотілих шлакобетонних каменів типу «Крестьянин» в півтора каменя із засипкою між каменями 6 см шлаку. Загальна товщина зовнішніх стін 36 см [11].

«Перекрыття в будівлі виконане із блоків «холодного» бетонного каменю з двома крупними отворами для прокладки мереж, блоки влаштовувались на опалубку з певними кроками, в ці кроки влаштовувалась арматура, а перекрыття бетонувалось. В результаті була отримана плита товщиною 5 см із балками та проміжками, які були заповнені бетонним камінням [11].

На реалізацію проекту із реконструкції будівлі автори отримали грошеву позику в розмірі 855 млн. рублів [7], що на сьогоднішній день складає близько 317 млн. гривень, станом на 2017 рік ця сума в переводі в українську гривню складала орієнтовно 393,3 млн. грн.. На етапі реконструкції вартість квадратного метра складала 1 млн. рублів. На сьогоднішній день роботи із реконструкції завершені, та всі 4 000 м² продані, відповідно при вкладенні на виконання робіт було залучено близько 1 млрд. рублів або близько 460 млн. гривень, роботи були завершені в 2019 році, а загальна сума доходу складає 1 млрд. 248 млн. грн. близько 4,2 млрд. рублів. Тобто загальний прибуток складає близько 400 % від суми вкладень. Даного результату було досягнуто через вдале використання об'ємно-планувальних і конструктивних переваг існуючої будівлі та застосування сучасних технологій реконструкції будівель.

Планувальні рішення самих квартир було прийнято залишити, були проведені роботи із демонтажу мансардного поверху, який за першою редакцією проекту передбачався, як другий ярус квартири попереднього поверху. Дах передбачено експлуатований з скляними огорожами по периметру, всі квартири в будівлі виконані двоюрисними. На першому поверсі розміщено музей та ресторан.

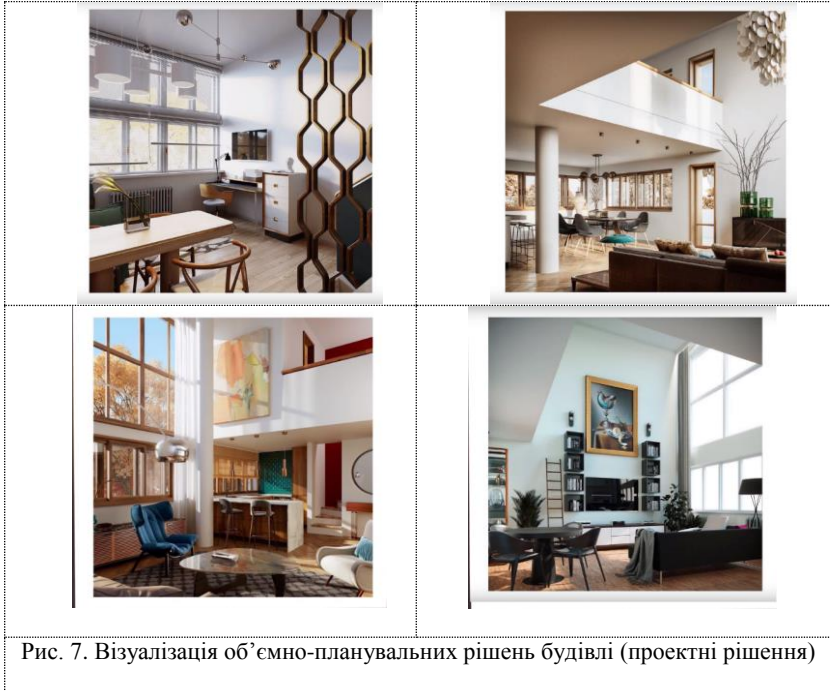


Рис. 7. Візуалізація об'ємно-планувальних рішень будівлі (проектні рішення)

Висновки. Виконаний аналіз і узагальнення практики реконструкції будівель житлового фонду свідчить, що існує можливість досягнення значних соціальних і економічних переваг, як що така реконструкція буде здійснюватися як масова та на основі широкого використання інноваційних методів її проектування і здійснення із застосування сучасних та налагоджених технологій.

Список літератури:

1. Дар'я Проказя. «Хрущовки» планують перебудувати у багатоповерхівки або модернізувати до 2040 року – Київрада. Громадське (16 грудня, 2019 року).
2. Осипов А.Ф. Реконструкція зданий. Проблемы и перспективы. Строительное производство. – К. : НИИСП, 2000. – Вып. 41. – С. 19–22.
3. Осипов О.Ф., Лека Д.Р. Проблеми реконструкції житлових будинків перших масових серій. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин 2019. Вип. 39. С. 139-145
4. Закон України «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду (ВВР), 2007 рік, №10 ст. 88, із змінами, внесеними згідно із Законом № 2581-VIII від 02.10.2018, ВВР, 2018, № 46, ст.37 № 132-IX від 20.09.2019}

5. Обговорення проекту Стратегічного плану розвитку міста Чернівців на 2012—2016 роки.

6. Буковинська резиденція митрополитів стала всесвітньою спадщиною ЮНЕСКО // Урядовий портал

7. Баталіна Е. Сбербанк выделит 855 млн рублей на реставрацию дома Наркомфина. Известия (22 августа 2017). Дата обращения 17 сентября 2017. Архивировано 18 сентября 2017 года.

8. Организационно-технологические правила производства бетонных и железобетонных работ по устройству фундаментов и заглубленных сооружений при реконструкции промышленных объектов / [Беляков Ю. И., Романушко Е. Г., Осипов А. Ф. и др.]. – К. : Минпромстрой УССР, 1986. – 212 с.

9. Осипов А. Ф. Эффективность функционирования организационно-технологических систем в условиях реконструкции промышленных предприятий: збір. наук. праць. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин / А. Ф. Осипов. – К. : КДТУБА, 1998. – Вип. 3. – С. 120–122.

10. Гинзбург М.Я. Жилище. М., 1934. С. 98.

References:

1. Daria Prokaza. 16 december, 2019 “Chruschovky” plan to rebuild into high-rise buildings or modernize by 2040 - Kyiv City Council. Hromadske

2. Osypov, O. F. (2000). Reconstruction of buildings. Problems and Prospects.. *Construction production*. Issue 41. - S. 19–22.

3. Osypov, O. F., Leka, D. R. (2019). Problems of reconstruction of residential buildings of the first mass series. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. Issue 39. pp. 139-145

4. Law of Ukraine "On comprehensive reconstruction of quarters (neighborhoods) of obsolete housing stock (VVR), 2007, B10 Art. 88, As amended in accordance with the Law № 2581-VIII of 02.10.2018, VVR, 2018, № 46, Article 37 № 132-IX of 20.09.2019}

5. Discussion of the draft Strategic Development Plan of Chernivtsi for 2012-2016.

6. Bukovinian residence of metropolitans has become a UNESCO World Heritage Site // Government portal

7. Batalina E., August 22, 2017. Sberbank will allocate 855 million rubles for the restoration of the house of the People's Commissariat of Finance.

8. Belyakov, Yu. I., Romanushko, E.G., Osipov, A.F. et al., (1986). Organizational and technological rules for the production of concrete and reinforced concrete works on the construction of foundations and buried structures during the reconstruction of industrial facilities. K.: Ministry of Industry and Construction of the Ukrainian SSR, 212 p.

9. Osipov, O.F. (1998). Efficiency of functioning of organizational and technological systems in the conditions of reconstruction of the industrial enterprises. Collection of scientific works: *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. Issue 3. - P. 120–122.

10. M. J. Ginzburg. Housing. M., 1934. S. 98.

А.Ф. Осипов, Д.Р. Лека

Социально-экономические предпосылки реконструкции жилых домов первых массовых серий

В статье рассматриваются нормативно-правовые, градостроительные, технические и технологические аспекты проблемы развертывания массовой реконструкции и модернизации жилых крупноблочных домов первых массовых серий. Анализ и обобщение практического опыта проектирования и осуществления массовой реконструкции жилых домов первых массовых серий в Украине и зарубежье

свидетельствует о том, что при условии внедрения инновационных подходов по проектированию объемно-планировочных и конструктивных решений, применения современных и налаженных технологий их реконструкции можно достичь значительных социальных и экономических преимуществ. Целесообразности разработки рациональных методов технологии реконструкции зданий первых массовых серий.

Ключевые слова: *технология, реконструкция, жилые, крупноблочные, социально-экономические предпосылки.*

A.F. Osipov, D.R. Lyeka

Socio-economic prerequisites for reconstruction of residential buildings of the first mass series

The article considers normative-legal, town-planning, technical and technological aspects of the problem of deployment of mass reconstruction and modernization of large-block residential buildings of the first mass series. Analysis and generalization of practical experience in the design and implementation of mass reconstruction of residential buildings of the first mass series in Ukraine and abroad shows that with the introduction of innovative approaches to the design of spatial planning and design solutions, application of modern and well-established technologies for their reconstruction economic, resource-saving, energy-saving, environmental protection and architectural and aesthetic benefits. The analysis of modern researches testifies to expediency of introduction of methods of reconstruction. An important aspect of mass reconstruction is the economic attractiveness for investors, this parameter is most widely discussed in this article. It is also important that the moral obsolescence of the building began much earlier than the physical, and the needs of people and the requirements for comfort increased significantly, which suggests the need for mass reconstruction of buildings of the first mass series. The condition for the deployment of mass reconstruction and modernization of large residential buildings of the first mass series is a comprehensive justification of its social, urban, regulatory and technological feasibility, as well as economic attractiveness for investors. This provision is taken as the task of this article. Analysis and generalization of normative-legal, social and technological aspects of reconstruction of large-block residential buildings of the first mass series and practical experience of designing and implementation of such reconstruction are accepted as the main research methods. On the example of the city of Chernivtsi the scheme of building of the city was developed and the percentage of building by buildings of the first mass series was calculated. This allows you to pay attention to the mass nature of the issue.

Keywords: *technology, mass reconstruction, residential, large-block houses, first mass series, socio-economic preconditions.*

Посилання на статтю

APA: Osipov, A.F. & Lyeka, D.R. (2020). Socio-economic prerequisites for reconstruction of residential buildings of the first mass series. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 37-45.

ДСТУ: Осипов О.Ф. Соціально-економічні передумови реконструкції житлових будинків перших масових серій [Текст] / О.Ф. Осипов, Д.Р. Лека // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 37-45.

УДК 330.322:69.001.6

Р.Я. Зельцер,

канд. екон. наук, старш. наук. співроб.

ORCID: 0000-0003-4433-6625

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ІНСТИТУЦІОНАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ПЕРЕДУМОВА ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВНИЦТВА

Законодавством України про регулювання містобудівної діяльності встановлені правові і організаційні основи містобудівної діяльності, які спрямовані на забезпечення сталого розвитку територій з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів. Відповідно до законодавчих актів розроблено низку урядових постанов, наказів Міністерства розвитку громад та територій України (раніше – Мінрегіону України), державні будівельні норми (нові або скореговані з числа діючих зараз).

Існує нагальна потреба аналізу стану і подальшого удосконалення законодавчого регулювання будівельної діяльності, зокрема дозвільних та узгоджувальних процедур організації і управління будівництвом згідно з вимогами законодавства та нормативної документації, адаптації регуляторної політики до Європейських стандартів як передумови удосконалення організаційно-технологічних процесів будівництва і визначення їх ефективності.

Виходячи із поставленої мети послідовно розглядається такий комплекс питань: підрядні відносини у капітальному будівництві; основні учасники будівництва – замовник і підрядник, інвестор, забудовник тощо; умови укладання договору підряду; строки виконання робіт (будівництва об'єкта); календарний графік виконання робіт; договірна ціна та кошторисна вартість будівництва; види підрядних контрактів та їх характеристики; права замовника і підрядника; договори підряду на проведення проектних і дослідницьких робіт; методи економічної оцінки варіантів організації технологічних процесів будівництва.

Наразі робота з удосконалення законодавства щодо організації будівельної діяльності, а саме: архітектурно-будівельний контроль і нагляд, дозвільні процедури у будівництві, ліцензування, саморегулювання у сфері містобудівної діяльності, електронні системи і BIM-технології, технічне регулювання у будівництві тощо, – триває. У зв'язку з цим діючі методичні положення будуть уточнюватися з виходом нових законодавчих та нормативних актів.

Ключові слова: *підрядні відносини у капітальному будівництві, умови укладання і предмет договору підряду, види договорів підряду, строки виконання робіт (будівництва об'єктів), договірна ціна, права замовника, договір підряду на проведення проектних і дослідницьких робіт, оцінка ефективності варіантів технологічних процесів будівництва об'єктів.*

Вступ. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» (від 17.02.2011р. №3038-VI зі змінами і доповненнями від 04.09.2018р.) встановлює правові і організаційні основи містобудівної діяльності і спрямований на забезпечення сталого розвитку територій з урахуванням державних, громадських

та приватних інтересів. На виконання закону розроблено низку урядових постанов, наказів Міністерства розвитку громад та територій України (раніше - Мінрегіону України), державних будівельних норм (нових або скорегованих з числа діючих зараз).

Виходячи із поставленої мети послідовно розглядається такий комплекс питань: підрядні відносини у капітальному будівництві; основні учасники будівництва – замовник і підрядник, інвестор, забудовник тощо; умови укладання договору підряду; строки виконання робіт (будівництва об'єкта); календарний графік виконання робіт; договірна ціна та кошторисна вартість будівництва; види підрядних контрактів та їх характеристики; права замовника і підрядника; договори підряду на проведення проектних і дослідницьких робіт; методи економічної оцінки варіантів організації технологічних процесів будівництва.

Аналіз досліджень і публікацій з проблеми. Проблемами удосконалення нормативної бази з питань організації і управління будівництвом займаються провідні науково-дослідні і проектно-технологічні підприємства, такі як Науково-дослідний інститут будівельного виробництва Міністерства розвитку громад та територій України, Науково-дослідний інститут інноваційного будівництва Української академії наук, Науково-дослідний і проектний інститут містобудування Міністерства розвитку громад та територій України та вищі навчальні заклади – Київський національний університет будівництва і архітектури, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Одеська державна академія будівництва та архітектури, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, Національний університет «Львівська політехніка», Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Вінницький національний технічний університет та інші.

Значний вклад у вирішення питань створення науково-методичної бази підвищення ефективності та організації будівництва внесли наступні українські та закордонні вчені: В.І. Анін, І.А. Аругюнян, І.В. Багрова, В. Бансал, Дж. Белман, Є.В. Бондаренко, М.С. Будніков, А. Ебнер, А.Д. Єсипенко, В. Кук, О.М. Лівінський, В.О. Поколенко, А.В. Радкевич, В.І. Садовський, Г.М. Тонкачєєв, В.І. Торкатюк, О.А. Тугай, Р.Б. Тянь, С.А. Ушацький, О.В. Федосова, В.К. Черненко, Ф. Холт та інші.

Постановка завдання. Стаття присвячена аналізу стану інституційного середовища інноваційного розвитку будівельного виробництва як передумови удосконалення організаційно-технологічних процесів будівництва і визначення їх ефективності.

Основна частина.

1. Підрядні відносини у капітальному будівництві. Загальні положення

Проведення робіт з нового будівництва, реконструкції будівель і споруд та технічного переоснащення діючих підприємств, з реставрації та капітального ремонту будівель і споруд, а також комплексів і видів робіт, пов'язаних з капітальним будівництвом об'єктів, які виконуються суб'єктами господарювання для інших суб'єктів або на їх замовлення, здійснюються за умов підряду.

Для здійснення цих робіт можуть укладатись договори підряду на капітальне будівництво (в тому числі субпідряду), на виконання проектних і дослідницьких робіт, на виконання геологічних, геодезичних та інших робіт, що необхідні для капітального будівництва, інші договори. Договори підряду в капітальному будівництві, в тому числі за участі іноземних суб'єктів господарювання,

укладаються в порядку передбаченому Цивільним [1] та Господарським кодексами України [2], Загальними умовами укладання та виконання договорів підряду в капітальному будівництві [3], Примірним договором підряду в капітальному будівництві, Рекомендаціями зі складання додатків до договору підряду в капітальному будівництві [4], що затверджені відповідними нормативними актами Кабінету Міністрів України та Міністерства громад і територій України (Мінрегіону України), іншими законодавчими документами.

Якщо у Міжнародному договорі України, який укладений у встановленому законом порядку, містяться інші правила, ніж ті, що встановлені Загальними умовами [3], застосовуються правила відповідного міжнародного договору.

2. Учасники будівництва

Основними учасниками будівництва є замовник і підрядник.

Замовник – юридична або фізична особа, яка замовляє виконання робіт, поставку продукції, надання послуг, пов'язаних з капітальним будівництвом, організовує проведення торгів (тендерів), укладає договори (контракти), контролює хід будівництва та здійснює технічний нагляд за ним, проводить розрахунки за поставлену продукцію, виконані роботи, надані послуги, приймає закінчені роботи.

Підрядник – сторона договору підряду, яка виконує та передає замовнику закінчені роботи (об'єкт будівництва), передбачені договором підряду.

Генеральний підрядник – підрядник, який залучає до виконання робіт третіх осіб (субпідрядників), залишаючись відповідальним перед замовником за результати їх роботи.

Головний підрядник – це підрядник, який відповідає за виконання частини робіт на об'єкті, здає їх генеральному підряднику або замовнику і забезпечує координацію діяльності субпідрядників. У тексті іменується «підрядник».

Субпідрядник – підрядник, який у порядку, визначеному договором підряду, та на підставі договору субпідряду, укладеному з генеральним підрядником, залучається до виконання робіт.

Інвестори – це суб'єкти інвестиційної діяльності, які приймають рішення про внесення власних, кредитних і залучених майнових та інтелектуальних цінностей в об'єкти інвестування. Інвестори можуть виступати в ролі вкладників, кредиторів, покупців, а також виконувати функції будь-якого учасника інвестиційної діяльності.

Забудовник – це фізична або юридична особа, яка отримала право на забудову території, будівництво об'єкта та виконує функції замовника.

Сторонами багатостороннього підрядного договору можуть бути також інші учасники будівництва – проектні організації, постачальники устаткування, конструкцій і матеріалів, банки тощо.

3. Умови укладання і предмет договору підряду

За договором підряду підрядник зобов'язується за завданням замовника на свій ризик виконати та здати йому в установлений договором підряду строк закінчені роботи (об'єкт будівництва), а замовник зобов'язується надати підряднику будівельний майданчик (фронт робіт), передати дозвільну документацію, а також затверджену в установленому порядку проектну документацію (у разі, коли цей обов'язок повністю або частково не покладено на підрядника), прийняти від підрядника закінчені роботи (об'єкт будівництва) та оплатити їх. Договір підряду укладається у письмовій формі. Істотними умовами

договору підряду є: найменування та реквізити сторін, місце і дата укладання договору підряду, предмет договору підряду, договірна ціна, строки початку і закінчення робіт (будівництва об'єкта), права та обов'язки сторін, порядок забезпечення виконання зобов'язань за договором підряду, умови страхування ризиків випадкового знищення або пошкодження об'єкта будівництва (за домовленістю сторін), порядок забезпечення робіт проектною документацією, ресурсами та послугами, порядок залучення субпідрядників, вимоги до організації робіт, порядок здійснення замовником контролю за якістю ресурсів, умови здійснення авторського та технічного нагляду за виконанням робіт, джерела та порядок фінансування робіт (об'єкта будівництва), порядок розрахунків за виконання робіт, порядок здачі-приймання закінчених робіт (об'єкта будівництва), гарантійні строки якості закінчених робіт (експлуатації об'єкта будівництва), порядок усунення недоліків, відповідальність сторін за порушення умов договору підряду, порядок врегулювання спорів, порядок внесення змін до договору підряду та його розірвання.

У договорі підряду сторони можуть передбачати інші важливі для регулювання взаємовідносин умови. Договір підряду може бути укладений за результатами проведених торгів (тендеру) або переговорів сторін. Рішення про спосіб укладання договору підряду приймає замовник відповідно до законодавства.

Закупівля робіт за рахунок державних коштів здійснюється в порядку та за умов, що визначені законодавством. Договір підряду, що укладається на підставі державного замовлення, повинен відповідати умовам цього замовлення.

До договору підряду додаються: календарний графік виконання робіт, план фінансування будівництва, графіки передачі замовником підряднику проектної документації, матеріалів, встаткування, робочої сили.

Договір підряду вважається укладеним з моменту підписання сторонами і скріплення підписів печатками, а також нотаріального посвідчення, якщо це передбачено законом або домовленістю сторін.

Предметом договору підряду є роботи, пов'язані з будівництвом об'єкта, обов'язок щодо виконання яких покладається на підрядника.

Якщо згідно з умовами договору підряду власником виконаних робіт (об'єкта будівництва) до їх передачі замовнику є підрядник, право власності на закінчені роботи (об'єкт будівництва) переходить до замовника з моменту підписання сторонами акту про виконані роботи.

4. Строки виконання робіт (будівництва об'єкта)

Строки виконання робіт (будівництва об'єкта) встановлюються договором підряду і визначаються датою їх початку та закінчення. Невід'ємною частиною договору підряду є календарний графік виконання робіт, в якому визначаються дати початку та закінчення всіх видів (етапів, комплексів) робіт, передбачених договором підряду [5].

Один з можливих варіантів графіка наведений в табл. 1.

Датою закінчення робіт (будівництва об'єкта) вважається дата їх прийняття замовником. Виконання робіт (будівництва об'єкта) може бути закінчено достроково тільки за згодою замовника.

Замовник може приймати рішення про уповільнення темпів виконання робіт (будівництва об'єкта), їх зупинення або прискорення з внесенням відповідних змін у договір підряду.

Таблиця 1

Календарний графік виконання робіт

Перелік видів робіт	Виконавці робіт	Обсяг робіт			Обсяг робіт, передбачений до виконання в окремі періоди (кількість/кошторисна вартість)				
		Одиниця виміру	Кількість	Кошторисна вартість	січень	лютий	березень	I кв.	I т.д.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Договірна ціна і основні види будівельних контрактів

Договірна ціна у договорі підряду визначається на основі кошторису як приблизна (динамічна) або тверда (фіксована). Договірна ціна вважається твердою, якщо інше не встановлено договором.

Вартість будівництва визначається, як правило, ресурсним методом, що базується на нормативно-розрахункових показниках і поточних цінах на трудові та матеріальні ресурси. Нормативним показником є витрати трудових і матеріально-технічних ресурсів, які визначаються на підставі державних ресурсних елементних кошторисних норм. На підставі цих норм, поточних цін на трудові та матеріально-технічні ресурси визначаються прямі витрати. Інші витрати визначаються не за нормами, а розрахунково.

Основними нормативними документами з ціноутворення у будівництві є: «Правила визначення вартості будівництва» (ДСТУ Б Д.1.1-1:2013) [6]; ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи (РЕКН) (ДСТУ БД.2.2); ресурсні елементні кошторисні норми на монтаж устаткування (РЕКНМУ) (ДСТУ БД.2.3); ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи (РЕКНр) (ДСТУ БД.2.4); ресурсні елементні кошторисні норми на реставраційно – відновлювальні роботи (РЕКНрв) (ДСТУ БД.2.5); ресурсні елементні кошторисні норми на пусконаладжувальні роботи (РЕКНпн) (ДСТУ БД.2.6); ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів (РКНЕМ) (ДСТУ БД.2.7). Крім того, в Україні існують ресурсні елементні кошторисні норми – стандарти організацій України (СОУ – відомчі нормативи) та індивідуальні ресурсні кошторисні норми.

Згідно з Наказом Мінрегіону «Про внесення змін до Порядку розрахунку розміру кошторисної заробітної плати, який враховується при визначенні вартості будівництва об'єктів» від 27.07.2018 № 196 визначення розміру кошторисної заробітної плати при складанні ціни пропозиції учасника (підрядника) конкурсних торгів (договірної ціни) здійснюється учасником виходячи із середньомісячної заробітної плати одного працівника в режимі повної зайнятості, яку учасник планує отримувати на об'єкті будівництва.

При взаєморозрахунках за обсяги виконаних будівельних робіт розмір кошторисної заробітної плати визначається, виходячи з розміру, передбаченого у договірній ціні.

Уточнення розміру кошторисної заробітної плати здійснюється відповідно до умов договору підряду.

Якщо договір підряду укладається за результатами переговорів сторін, рішення про застосування приблизної або твердої ціни, порядку погодження кошторису та проведення розрахунків приймаються за домовленістю сторін.

У разі коли роботи (будівництво об'єкта) фінансуються із залученням державних коштів, договірна ціна визначається відповідно до вимог нормативних документів у сфері ціноутворення у будівництві.

Якщо під час укладання договору підряду через невизначеність витрат чи інші обставини остаточно встановити договірну ціну неможливо, сторони у договорі підряду визначають приблизну договірну ціну, а також порядок її корегування в процесі виконання робіт (будівництва об'єкта). Приблизна договірна ціна може уточнюватися в міру виконання робіт, здійснення витрат підрядника тощо.

Основні види підрядних контрактів та їх характеристики, що суттєво впливають на реалізацію проектів і формування необхідного пакету документів, наведені нижче.

1. *Договір з твердою ціною.* Це найбільш поширений вид контракту, що передбачає угоду виконати проект за фіксовану ціну, включаючи накладні витрати і прибуток підрядника.

Перевагою такої угоди є знання вартості будівництва з самого початку (за умови, що проектна документація не буде змінена) та невеликі витрати на бухгалтерію та аудит.

До недоліків відносяться: затримка з початком робіт до повного закінчення проекту, ускладнення процедури внесення змін в проектну документацію, що призводить до додаткових витрат для обох сторін.

2. *Договір з гарантованим максимумом вартості.* У межах даного проекту повністю оплачуються фактичні витрати підрядника плюс оплата за управління будівництвом. Підрядник гарантує, що максимум не буде перевищений. Якщо вартість вища, то перевищення йде за рахунок підрядника. Якщо нижча – ділиться між підрядником (як преміальні) і замовником.

Переваги і недоліки, в принципі, ті ж, що і в контракті з фіксованою ціною.

3. *Проектно-будівельний договір.* Підрядник забезпечує проектування і будівництво за одним контрактом. При цьому будівельна частина контракту може виконуватися на основі контрактів з гарантованим максимумом вартості або з фіксованою ціною.

Перевагою такої угоди є можливість почати будівництво до повного закінчення оформлення проектною документації, що веде до економії часу. Недоліками – вибір кваліфікованого підрядника набагато складніший. Основна концепція даного контракту – фірма має в своєму складі все необхідне і володіє досвідом в плануванні, проектуванні і будівництві. Дані контракти є найбільш популярними в приватному секторі.

4. *Договір «під ключ».* Це різновид проектно-будівельного контракту. Підрядник бере на себе монтаж устаткування і всі роботи із забезпечення технологічного процесу виробництва, готового до передачі в експлуатацію власникові.

Переваги і недоліки, в принципі, ті ж, що і в проектно-будівельному контракті, замовник має справу тільки з однією організацією з усіх питань.

5. *Договір з оплатою за фактичними витратами.* До фактичної ціни на матеріали і роботи додається фіксований відсоток доплати (компенсаційний).

Переваги – не потрібна проектна документація, можливо почати вести будівництво, навіть коли невизначені всі вимоги, що пред'являються до об'єкта, гнучкість під час внесення змін.

Недоліки – остаточна ціна не гарантована, обмежена кількість на ринку генпідрядників з необхідними знаннями і досвідом, велика робота для бухгалтерії та інженерного складу як замовника, так і підрядника.

6. *Контракт на будівельний менеджмент.* Оплата послуг тільки по управлінню – «Консультаційний контракт».

7. *Контракт на швидкісне будівництво.* Основа контракту – зобов'язання в найкоротші терміни виконати постачання і монтаж. Досягається за рахунок високої кваліфікації в організації виробництва, знання ринку матеріалів (наявність на складі), поєднання будівельних, монтажних і проектних робіт і застосування інноваційних технологій. По суті – різновид проектно-будівельного контракту.

8. *Контракт за одиницю робіт.* Вартість визначається кількістю одиниць. Застосовується, коли об'єм робіт остаточно не визначений і роботи однотипні. Дані контракти найчастіше супроводжують крупні об'єкти. У комерційному будівництві практично не застосовуються.

Договірні зобов'язання замовника щодо фінансового забезпечення будівництва конкретизуються в плані фінансування будівництва, у якому зазначені умови договору щодо джерел фінансування будівництва та розрахунків за виконані роботи, а також розподіл фінансових ресурсів у часі за кожним джерелом фінансування. Дотримання зазначеного плану замовником забезпечує дотримання підрядником строків будівництва, інших умов договору.

План фінансування будівництва доцільно складати по будові в цілому та в розрізі окремих об'єктів (комплексів, черг) за роками, а на поточний рік – також за місяцями, із визначенням у ньому загальних обсягів капітальних вкладень на будівництво, їх джерел та напрямів фінансування (видів витрат). Примірні форми фінансування будівництва на весь період будівництва і на поточний рік наведено в табл. 2 та 3.

Таблиця 2

План фінансування будівництва (на весь період будівництва), тис. грн.

Джерела капітальних вкладень	Усього	За роками				
		20__ р.	20__ р.	20__ р.	20__ р.	20__ р.
1	2	3	4	5	6	7
Державний бюджет						
Місцевий бюджет						
Кошти замовника (забудовника), у тому числі:						
-власні кошти						
-кредити банків						
Кошти інших інвесторів						
Усього:						

Таблиця 3

План фінансування будівництва(на поточний рік)

Періоди поточного року	Капітальні вкладення (тис. грн.)	
	Усього	На фінансування будівельних і монтажних робіт
1	2	3
Січень		
Лютий		
Березень		
I квартал і т.д.		
Усього на рік:		

Підставою для коригування плану фінансування будівництва є зміни умов договору, які визначають основні показники цього плану, зокрема, перегляд строків будівництва, проектної документації щодо вартості робіт, графіків виконання робіт, порядку розрахунків тощо.

План фінансування будівництва складається замовником. За необхідності, він отримує від підрядника інформацію, потрібну для виконання цієї роботи, зокрема, щодо обсягів коштів для оплати виконаних робіт згідно з календарними графіками виконання робіт та умовами розрахунків, надання авансів тощо.

За умов договору в узгодженні плану фінансування будівництва, крім замовника та підрядника, можуть брати участь інвестори.

6. Договір підряду на проведення проектних і дослідницьких робіт

За договором підряду на проведення проектних і дослідницьких робіт підрядник зобов'язується розробити за завданням замовника проектну документацію або виконати обумовлені договором проектні та дослідницькі роботи, а замовник зобов'язується прийняти і оплатити їх.

Підрядник несе відповідальність за недоліки проекту, в тому числі виявлені в процесі його реалізації та експлуатації побудованого за даним проектом об'єкта.

У разі виявлення недоліків проекту підрядник зобов'язаний безоплатно переробити проект, а також відшкодувати замовнику збитки, що спричинені недоліками проекту.

Позив про відшкодування цих збитків може бути заявлено протягом десяти років, а якщо збитки замовнику завдано протиправними діями підрядника, які призвели до руйнувань, аварій, обрушень – протягом тридцяти років з дня прийняття побудованого об'єкта.

7. Оцінювання ефективності варіантів технологічних процесів будівництва об'єктів

Визначення порівняльної ефективності варіантів організації і технології будівництва виконують зіставленням приведених витрат при застосуванні нових методів і методів, що підлягають заміні [7, с. 11-13]:

Суми приведених витрат (П) застосовуються, коли при порівнянні варіанти відрізняються один від одного інвестиційними вкладеннями (К) та експлуатаційними (С, поточними) витратами:

$$П = C_i + E_n K_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності, який до 2000 р. встановлювався Міністерством економіки на певний період, а у даний час може прийматись інвестором на рівні середньогалузевого рівня рентабельності або планового рівня ефективності витрат.

Той проект вважається найкращим з економічної точки зору, при якому сума приведених витрат є мінімальною.

Якщо у результаті застосування нових методів організації і технології будівництва скорочуються терміни введення в дію виробничих об'єктів, то додатково враховують ефект у сфері експлуатації:

$$E = E_n \Phi_o (T_\phi - T_n). \quad (2)$$

де T_ϕ і T_n – відповідно нормативна (проектна) і фактична тривалість будівництва; Φ_o - вартість введених в експлуатацію основних засобів.

При порівнянні варіантів організації і технології будівництва об'єктів з різною тривалістю необхідно витрати приводити до року початку будівництва.

У цьому випадку приведені витрати П за весь період будівництва визначають за формулою:

$$\Pi = \sum_{t=1}^T \Pi_t \frac{1}{(1+E_n)^{t-1}}, \quad (3)$$

де Π – річні приведені витрати по порівнюваним варіантам;

t – період часу приведення в роках;

T – тривалість будівництва в роках.

Визначення порівняльної ефективності варіантів впровадження заходів по удосконаленню організації і технології будівництва виконується шляхом співставлення приведених витрат при застосуванні нових методів і тих, що підлягають заміні. Розрахунок приведених витрат виконують за формулою 1.

Якщо впровадження зазначених заходів не потребує додаткових вкладень, оцінювання економічного ефекту обмежується порівнянням собівартості будівельних робіт по новому рішенню і тому, що підлягає заміні. При розробці заходів по окремим бригадам зменшення собівартості виконується шляхом визначення суми економії по елементам витрат, які змінюються.

Укрупнений розрахунок зменшення собівартості будівельних робіт у результаті підвищення продуктивності праці може виконуватися за формулою:

$$E_c = \left(1 - \frac{100 + \Pi_3}{100 + \Pi_n}\right) B, \quad (4)$$

де E_c – зменшення собівартості будівельних робіт, %;

B – доля основної заробітної плати робітників в собівартості робіт, % (по варіанту, що підлягає заміні);

Π_3 – приріст середньої заробітної плати, що викликаний збільшенням продуктивності праці, %;

Π_n – приріст продуктивності праці, обумовлений впровадженням заходів, %.

Економічний ефект удосконалення технології і організації будівельного виробництва визначається за формулою [8, с.15]:

$$E = A[(C_1 - C_2) + E(\Phi_1 - \Phi_2)], \quad (5)$$

де A – річний обсяг робіт;

C_1 і C_2 – собівартість одиниці виконуваних робіт при техніці, що підлягає заміні, і новій техніці;

Φ_1 і Φ_2 – питома фондомісткість при техніці, що підлягає заміні, і новій техніці.

Висновки. Удосконалення законодавства та нормативної бази, що регулює будівельну діяльність, є одним з важливих напрямків забезпечення ефективності та безперервності технологічних процесів в будівництві.

Наразі робота з удосконалення законодавства щодо організації будівельної діяльності триває. У зв'язку з цим методичні положення будуть уточнюватися з виходом нових законодавчих та нормативних актів.

Список літератури:

1. Цивільний кодекс України від 16.01.2003 № 435 – IV (Редакція станом на 04.11.2018 р.).
2. Господарський кодекс України від 16.01.2003 № 436 – VI (Редакція станом на 10.11.2018.).
3. Загальні умови укладання та виконання договорів підряду в капітальному будівництві. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 01.08.2005 р. № 668. З урахуванням змін, внесених згідно з Постановою № 1390 від 28.12.2011 р. «Про внесення змін до деяких актів Кабінету Міністрів України».
4. «Рекомендації зі складання додатків до договору підряду в капітальному будівництві». Додаток до наказу Мінрегіонбуду від 13.01.2009 р. № 2.
5. ДБН А.3.1.-5-2016. Організація будівельного виробництва. Чинні з

01.07.2016 р.

6. ДСТУ БД. 1-1-1:2013. «Правила визначення вартості будівництва». Чинні з 01.01.2014 р. (Зміна № 2 від 16 квітня 2018 року).

7. Инструкция по определению годового экономического эффекта, получаемого в результате внедрения новой техники в строительстве. СН 248-63: Утв. 6 июля 1963 г. / Госстрой СССР. М., 1965. 67 с.

8. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. СН 423-71. : Утв. 31.05.1971 г. / Госстрой СССР. М: Стройиздат, 1979. 40 с.

References:

1. Tsyvil'nyy kodeks Ukrainy vid 16.01.2003 № 435 – IV (Redaktsiya stanom na 04.11.2018 r.).

2. Hospodars'kyu kodeks Ukrainy vid 16.01.2003 № 436 – VI (Redaktsiya stanom na 10.11.2018.).

3. Zahal'ni umovy ukladannya ta vykonannya dohovoriv pidryadu v kapital'nomu budivnytstvi. Zatverdzheno Postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 01.08.2005 r. № 668. Z urakhuvanniam zmin, vnesenykh z-hidno z Postanovoyu № 1390 vid 28.12.2011 r. «Pro vnesennya zmin do deyakykh aktiv Kabinetu Ministriv Ukrainy».

4. «Rekomendatsiyi zi skladannya dodatkov do dohovoru pidryadu v kapital'nomu budivnytstvi». Dodatok do nakazu Minrehionbudu vid 13.01.2009 r. № 2.

5. DBN A.3.1.-5-2016. Orhanizatsiya budivel'noho vyrobnytstva. Chynni z 01.07.2016 r.

6. DSTU BD. 1-1-1:2013. «Pravyla vyznachennya vartosti budivnytstva». Chynni z 01.01.2014 r. (Zmina № 2 vid 16 kvitnya 2018 roku).

7. Ynstruktsyya po opredelenyyu hodovoho ékonomycheskoho éffekta, poluchaemoho v rezul'tate vnedrennyy novoy tekhnky v stroytel'stve. SN 248-63: Utv. 6 yulya 1963 h. / Hosstroy SSSR. М., 1965. 67 s.

8. Ynstruktsyya po opredelenyyu ékonomycheskoy éffektyvnosti kapytal'nykh vlozheniy v stroytel'stve. SN 423-71: Utv. 31.05.1971 h. / Hosstroy SSSR. М: Stroyzdat, 1979. 40 s.

Р.Я. Зельцер

Институциональная среда как предусловие усовершенствования технологических процессов строительства

В статье рассмотрены вопросы законодательного регулирования строительной деятельности, усовершенствования разрешительных и согласовательных процедур организации и управления строительством согласно требованиям действующего законодательства и нормативной документации, адаптации регуляторной политики к Европейским стандартам и оценки эффективности вариантов технологических процессов строительства объектов.

Ключевые слова: подрядные отношения в капитальном строительстве, условия заключения и предмет договора подряда, виды договоров подряда, сроки выполнения работ (строительства объектов), договорная цена, права заказчика, договор подряда на проведение проектных и исследовательских работ, оценка эффективности вариантов технологических процессов строительства объектов.

R. Zeltser

Institutional environment as a precondition for improving the technological progress of construction

The legislation of Ukraine on the regulation of urban planning activities establishes the legal and organizational foundations of urban planning activities, which are aimed at ensuring sustainable development of territories, taking into account State, public and private interests. In accordance with the legislative acts, a number of government decrees, orders of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine (formerly - the Ministry of Regional Development of Ukraine), state building codes (new or amended from among the current ones) have been developed.

There is an urgent need to analyze the situation and further improve the legal regulation of construction, including permitting and approval procedures for the organization and management of construction in accordance with legislation and regulations, adaptation of regulatory policy to European standards as a prerequisite for improving organizational and technological processes of construction and determining their effectiveness.

Based on this goal, the following set of issues is consistently considered: contractual relations in capital construction; main participants in the construction - the customer and contractor, investor, developer, etc .; conditions for concluding a contract; terms of performance of works (construction of object); calendar schedule of works; contract price and estimated cost of construction; types of contracts and their characteristics; the rights of the customer and the contractor; contracts for design and research work; methods of economic evaluation of options for the organization of technological processes of construction.

Currently, work is underway to improve the legislation on the organization of construction activities, namely: architectural and construction control and supervision, permitting procedures in construction, licensing, self-regulation in urban planning, electronic systems and BIM-technology, technical regulation in construction and more. In this regard, the current guidelines will be clarified with the release of new laws and regulations.

Keywords: contractual relations in capital construction, conditions for concluding and the subject of a contract, types of contracts, terms of performance of work (construction of facilities), contract price, customer's rights, contract for design and research work, assessment of the effectiveness of options for technological processes of construction of facilities.

Посилання на статтю

APA: Zeltser, R. (2020). Institutional environment as a precondition for improving the technological progress of construction. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 46-56.

ДСТУ: Зельцер Р.Я. Інституціональне середовище як передумова вдосконалення технологічних процесів будівництва [Текст] / Р.Я. Зельцер // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 46-56.

УДК 332

Ю.С. Рябініна,

магістр

ORCID: 0000-0003-4024-2314

Т.Ю. Цифра,

канд. екон. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-7891-0467

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ВІКОННІ СИСТЕМИ: ВИДИ, РОЗВИТОК, ПОРІВНЯННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Тенденція використання природних копалин зменшується, на перші позиції виходять енергозбереження та екосистеми. Тому використання скляного оздоблення будівель стало відправною точкою у пошуку нових технологій збереження використання електроенергії, зменшення потреб у кондиціонуванні та додатковому освітленні. Розроблене смарт-скло є вдосконаленим типом скла, яке здатне змінювати прозорість в залежності від різних умов, або переробляти сонячне світло в електроенергію, якою можливо користуватись на потреби людини. В роботі досліджується поява перших видів смарт-вікон, та подальшої розробки смарт-вікон з використанням різних плівок, хімічних та органічних сполук. Перспективність використання розумного скла для поліпшення природного освітлення в різних сферах та майбутні можливості пов'язаних технологій методами порівняння декількох видів смарт-скла. Наведено основні види смарт-вікон: фотохромне вікно, термохромне вікно, електрохромне вікно, рідкокристалічні вікна, вікна на основі зважених частинок, вікно з використанням «Теплового дзеркала». На основі наведеної характеристики різних технологій смарт-скла виявлено його переваги та недоліки, також пов'язані з ними складності, які в перспективі повинні бути дозволені. Сформована класифікація смарт-вікон за типом використання в них плівок, та їх переваги та недоліки використання. Описується основні новітні технології поглинання сонячного світла поверхню вікна, та конвертацією світла в електроенергію, проблематика досягання прозорості склом, та тенденція розв'язання цього питання. На конкретних прикладах розглянуто області застосування скла з керованою прозорістю, та отримані економічні показники при його використанні в будівлях. Розглянуто технологію використання сонячних батарей у виді жалюзів та їх вплив на забезпечення будівлі енергією.. Виявлено, що з розвитком техніки та технології виробництва смарт-скла відбулося поліпшення деяких його оптичних властивостей, що сприяло зменшенні його вартості, що веде до збільшення доступності даного матеріалу.

Ключові слова: *енергоефективність, смарт-вікна, оздоблювальні озородження, електроенергія, кондиціонування, розумне скло, будівельні технології.*

Вступ. За останні 20 років ми стали свідками великого прогресу. Сучасні технології вражають. Людина намагається зробити своє життя більш привабливим, різноманітним, простим та розумним. Як не дивно, але стан нашої

планети в цілому впливає на розвиток технологій: нові проблеми, катаклізми, а з ними й нові потреби людини прямо залежні один від одного. Потреба людини в ресурсах нескінченно збільшується, але запаси природних невідновлюваних копалин зменшуються. Тому тенденція використання природних копалин для споживання людиною почала виходити на останні позиції, на перші позиції виходять енергозбереження та екосистеми. За даними International Energy Agency (IEA) у світовому вимірі постачання первинної енергії за період з 1973 по 2015 роках збільшилися у 2,2 раза, а споживання - у 2,0 рази. При цьому на частку нафти довелося 31,7%, вугілля - 28,1% і газу - 21,6% [1].

Зі швидким розвитком альтернативних видів виробітку енергії, таких як сонячна та вітрова електроенергія, та переважно легким їх впровадженням у наше життя з різних боків, ми отримали нові способи використання цих видів енергії в будівництві та архітектурі. Особливо важливі для України програми енергозбереження, яка імпортує енергоносії. Причому в нашій країні понад 30% кінцевої енергії споживають будівлі. Водночас, через відсутність належної енергоефективності втрати тепла в них складають 47%. При цьому, наприклад, в панельних п'ятиповерхових будинках структура втрат тепла формується таким чином, у %: інфільтрація - 35, стіни - 30, вікна - 23, підлогу 1-го поверху - 7, перекриття горища - 5 [2]. Тому, питання збереження тепла та зменшення використання енергії стало гостро актуальним. Одночасно, розробки нових ефективних огороджувальних конструкцій стали первинною потребою задля збереження тепла.

Зростання кількості населення збільшилося за останні 20 років на 28,5%. Щільність населення в містах стала значно збільшуватися, а з нею і потреба в новій житлоплощі. Міста почали рости вгору, а не вишир. Хмарочоси є результатом даної проблеми. Постала потреба в легких та ефективних огороджувальних конструкціях. Тому використання скла в будівництві, як провідного матеріалу в нових технологіях оздоблювання будівель, стало провідним. А додавши питання обслуговування цих будівель, їх опалення та потреби в електроенергії, було вирішено почати розробку нових технологій використання скляних огороджувальних конструкцій та пошук розв'язання питань зі зменшення використання опалення, потреби в кондиціонуванні та навіть використання електроенергії. Скління будівель стало ще одним влучним рішенням, бо скло є недорогим та естетично привабливим, завдяки якому, можливо використовувати його у різному виді, та надавати йому певних властивостей для конкретного виду використання. Скло стало матеріалом завдяки якому ми маємо змогу економити електроенергію за природне освітлення. Крім того, широке коло видів скла та їх характеристик, сприяли розвитку його різноманітного використання.

В статті розглянути декілька видів скла та технологій використання сонячного світла, які надалі було б можливо використовувати задля економії електроенергії, зменшення обсягів використання кондиціонування, та додаткового освітлення. Наведено їх порівняння та висновки.

Аналіз досліджень і публікацій. Публікація американської компанії SolarWindow Technologies, яка розробляє амбітний проект генерації сонячної енергії, вважає, що скоро ми зможемо замінити сонячні батареї на дахах звичайним склом з додатковим спеціальним покриттям. Розроблена технологія нанесення розчину з азоту, водню, кисню та вуглецевого матеріалу, що застигає при низьких температурах, та являє собою тонку прозору органічну плівку, що

здатна виробляти більш енергії, ніж сонячні батареї.

Організація National Renewable Energy Laboratory (NREL) розробила прототип вікон, що здатні зменшувати температуру будівлі завдяки можливості зміни прозорості, та генерують електроенергію. Дослідження описує використання матеріалу перовскиту для надання склу цих властивостей. Також наведені результати розрахунків зменшення потреби в опаленні, вентиляції, а також особливості використання даної технології та ККД вікон.

Італійський стартап Glass to Power розробив люмінесцентні сонячні концентратори (LSC), які можуть бути інтегровані в вікна, а також ряд інших активних архітектурних елементів. Компанія стверджує, що досягла ефективності перетворення 3,2% при ступені прозорості видимого спектра близько 80%.

Український підприємець Євген Ерік розробив технологію використання сонячних панелей як жалюзі, що за розрахунками можуть забезпечити будівлю повністю електроенергією, та значно знизити затрати на кондиціонування будівлі.

Дирка Йодике (Dirk Jodicke) та Хартмута Витткопфа (Hartmut Wittkopf) зробили доклад про повне оновлення першого покоління електрохромних вікон, виготовлення скління 2-го покоління та реалізації їх в проєктах.

А.Е. Донцова, А.В. Калініна провели дослідження перспективності використання скління для поліпшення природного освітлення в різних сферах методом порівняння трьох видів смарт-вікон, виявлення їх переваг, недоліків, складнощів, та темпи їх подальших вирішень.

А.В. Лобовку провів дослідження тенденцій, стану та перспектив розвитку та використання енергозберігаючих віконних систем. Зібрав історичні дані про розвиток смарт-вікон різних держав.

Постановка завдання. Метою роботи є виявлення перспектив використання смарт-вікон, порівняння принципів їх роботи та впливу їх використання на подальший розвиток будівництва в цілому. Задачі:

- Розгляд видів та технологій виготовлення смарт-скла;
- Аналіз переваг та недоліків матеріалу;
- Оцінка перспективи використання «розумного скла».

Методи дослідження полягають в аналізі наявних видів смарт-вікон, їх порівнянні.

Основна частина. Вікна - це особлива частина будівлі, це її очі. Достатня проникність світла в будівлю необхідна для нормального існування людини. З часом вчені змогли порахувати скільки потрібно світла та часу мінімально заповнювати простір в приміщенні, та розробили будівельні та санітарні норми, й інші галузеві норми.

Природне освітлення житлових приміщень прямими сонячними променями, за ДБН В.2.5-28:2018 «Природне та штучне освітлення», повинно бути не менше трьох годин на добу, а для громадських будівель інсоляція приміщень небажана через виникнення сонячних відблисків на моніторах і робочих поверхнях. Також зі зростанням щільності забудови міст, розпочався пошук нових ідей та технологій задля розв'язання цих питань.

Полягають, що перший етап в розробці енергоефективних віконних конструкцій настав ще в 1865 році, коли Томас Стетсон (Thomas D. Stetson) отримав патент США на віконний блок зі двома скляними панелями [1]. Звісно, цей патент потребував значного перевороту у сфері віконного виробництва: додаткових технологій виготовлення та монтажу. Тому реалізація і подальший

розвиток буди не швидкими.

Другим етапом у створенні енергозберігаючих віконних конструкцій стала розробка в 50-х роках ХХ століття низькоемісійних плівок на базі металополімерних композитних покриттів скла. Це дало змогу надати значну кількість додаткових і різноманітних властивостей склу, що й сприяло всебічному розвитку технологій виготовлення віконних систем та розширення сфер використання, насамперед, завдяки збільшенню експлуатаційних властивостей віконних конструкцій. Механізм дії низькоемісійних плівок (Low-E), використовуючи в віконних системах, складається в блокуванні значної кількості теплопередачі від сонячного випромінювання, тип самим зменшуючи вхідний тепловий потік в приміщення будівлі. Плівки виготовляють з композита, що являє собою метали, напівпровідники та діелектрики.

Третій етап розпочався при використанні низькоемісійних самоклеючих плівок, що наносився на звичайне скло вікна. Прикладом такого товару є плівки торгової марки EnerLogic від американської компанії Solutia Inc. У 2010 році на ринок була введена «Низькоемісійна віконна плівка EnerLogic 35», яка трансформує одношарове вікно у двошарове, а однокамерний склоблок - в тришаровий. За даними розробника плівка «EnerLogic 35» має коефіцієнт теплопровідності (U) 0,589 взимку і 0,424 влітку при коефіцієнті теплового опору (R) 1,974. Подальший розвиток і технічні ідеї компанії були реалізовані у 2012 році у продукті EnerLogic 70, який забезпечує передачу до 70% видимого світла і є енергоефективним [5,6].

Наступним етапом, розпочинаючи з 2009 року, ринок смарт-вікон значно розширюється шляхом росту популярності та попиту на вікна з регульованою прозорістю. Ці інноваційні властивості скла дозволять електроенергетиці вийти на новий рівень розвитку та значно знизити потребу будівель та загалі людства в сировинних ресурсах, завдяки змозі регулювати прозорість скла, обирати як і коли використовувати його властивості задля збереження тепла, зменшення потреб у кондиціонуванні будівель, та додатковому освітленні приміщень.

Таблиця 1

Основні види смарт технологій віконних систем [13-16]

Види Smart - вікон	Конструктивні рішення	Виконуючі функції	Країни-виробники комерційної продукції
1	2	3	4
Фотохромне (photochromic) вікно	Використання добавок, поглинаючих сонячну енергію	Реагує на зміну світлового потоку	-
Термохромне (thermochromic) вікно	Скло з термохромним покриттям	Регулює світловий потік в залежності від навколишньої температури	-
Електрохромне (electrochromic) вікно	В основному використовується оксид вольфраму між двома склами	Змінює прозорість під впливом керуючого електричного сигналу	Німеччина, Нідерланди, США, Швеція,

Закінчення табл. 1

1	2	3	4
Рідкокристалічні (Liquid crystal-based) вікна	Зміна орієнтації рідкокристалічних молекул між двома провідними електродами	Змінює прозорість під впливом керуючого електричного сигналу	Іспанія, США, Франція, Японія
Вікна на основі зважених частинок (suspended-particle devices)	Складаються з 3-5 шарів, активний шар адсорбує дипольні голкоподібні або сферичні частинки	Поглинання світла в вимкненому стані, і пропускання світла при додаванні електричного поля	Німеччина, Ірландія, Іспанія, США
Вікно з використанням «Теплового дзеркала» (Heat Mirror)	Тонка прозора тканина, змонтована усередині склопакета	Взимку відбивають випромінювання опалювального приладу всередину приміщення, а влітку - сонячне випромінювання назовні вікна.	США

Смарт-скло, яке вміє змінювати прозорість при зміні макропараметрів [3]:

1. Полімерний рідкокристалічний шар (PDLC - Polymer Dispersed Liquid Crystals). У полімерних рідкокристалічних пристроях суміш рідких полімерних кристалів диспергують в рідкий полімер, після чого тверднуть. У цьому процесі рідкі кристали стають несумісними з твердим полімером і формують вкраплення в полімері, що призводить до зміни властивостей смарт-скла. Без напруги, рідкі

кристали не впорядковані, що призводить до розсіювання паралельних променів світла і створення непрозорої матово-білої структури. При подачі напруги на провідні шари рідкі кристали приймають положення, перпендикулярне площині електропровідного шару і забезпечують прозорість.

2. На зважених частинках (SPD - suspended particle devices). Між двома шарами скла поміщається тонка плівка шаруватих матеріалів стержнеобразних за структурою частинок, зважених в рідині. Якщо напругу не докладено, зважені частинки орієнтовані випадково і поглинають світло, так, що скло набуває темно-синій, сірий або чорний відтінок. Якщо напругу докладено, зважені частинки вирівнюються і скло стає прозорим. Відмінністю даного скла є те, що воно оптично проникливе в будь-якому стані.

3. Електрохромний шар (ECD - ElectroChromatic Devices). Змінний шар в даній технології складається з напилювання іонів літію. Прозорість матеріалу регулюється подачею напруги, при цьому контролюється кількість світла, що пропускається і тепла і стан змінюється між кольоровим, напівпрозорим станом і прозорим. Подача напруги необхідна тільки для зміни ступеня прозорості, а для підтримки досягнутого стану необхідність в електроживленні відсутня.

При влаштуванні електрохромних вікон замість звичайних з тонуванням, потреби в кондиціонуванні можливо знизити до 49%, знизити пікове напруження в мережі до 16%, знизити витрати на освітлення на 51%. Як результат, взимку вони не випускають тепло назовні, відбивши його всередину приміщень. Це знижує витрати тепла в 4,5 рази у порівнянні зі звичайним склопакетом. До того ж,

дивлячись на те, що робота цих вікон потребує електричного струму, потреба не значна. Щоб використовувати електрохромні вікна загальною площею 140 кв.м знадобиться стільки ж електричного струму, скільки потрібно для роботи 60-ваттної лампи розжарювання. [4].

Кожен з цих видів має свої плюси та мінуси, що приводить до різних сфер їх використання: від влаштування в офісних приміщеннях до автомобільного скла та алюмініаторів літаків.

Таблиця 2

Класифікація за типом використання плівок

Вид плівки	Переваги	Недоліки
Етіленвінілацетатна плівка (EVA).	<ul style="list-style-type: none"> - володіє хорошим зчепленням до пластику і скла, - низька вартість як плівки, так і обладнання для її виготовлення. 	<ul style="list-style-type: none"> - висока каламутність при багатошаровому ламінуванні, - чутливість до вологості та низьких температур, - високу ймовірність розшарування.
Полівінілбутиральна плівка (PVB).	<ul style="list-style-type: none"> - володіє хорошим зчепленням зі склом, - при низькій вартості даної технології готовий продукт має досить високу якість. 	<ul style="list-style-type: none"> - володіє низьким зчепленням зі пластиком, - чутливість до вологості.
Плівка з термопластичного поліуретану (TPU).	<ul style="list-style-type: none"> - володіє високим зчепленням з пластиком і склом, - не впливає вологість, механічні навантаження і дії агресивних середовищ. - висока якість, - змога використання для виробництва виробів скління для аерокосмічної галузі. 	<ul style="list-style-type: none"> - висока вартість плівки і обладнання.

Смарт розробки.

Підтримка спонсорів та інвесторів дозволяє не зупиняючись розвивати данні технології. Але технологічні можливості ще не вичерпані.

Як приклад, було розроблено технологію поглинання сонячного світла поверхнею вікна, та конвертацією світла в електроенергію, що можливо використовувати для потреб будівлі. Так, організація National Renewable Energy Laboratory (NREL) достатньо давно працює над створенням ефективного прототипу вікон зі склом, що грає роль сонячних батарей. Тобто, вони служать як термометр для приміщення – можуть змінювати їх температуру завдяки зміні своєї прозорості, та генераторами електроенергії з сонячного світла. Зараз ККД цього типу вікон 11,3%. Чим прозорість такого скла нижча, тим більше енергії конвертують вікна. При освітленні фототермічне нагрівання активізує шар поглинача, що складається з комплексної сполуки - перовскит-метиламінового галогеніда, з прозорого стану (68% видимого пропускання) в поглинаючий «фотовольтаїчний кольоровий» стан (пропускає менш як 3% видимого випромінювання) через дисоціації метиламіну. Після охолодження комплекс метиламін відновлюється, повертаючи шар абсорбера в прозорий стан, в якому пристрій діє як звичайне вікно, пропускає видиме світло. Сучасна панель здатна

робити впродовж 25 років (приблизно 9000 циклів) [7].

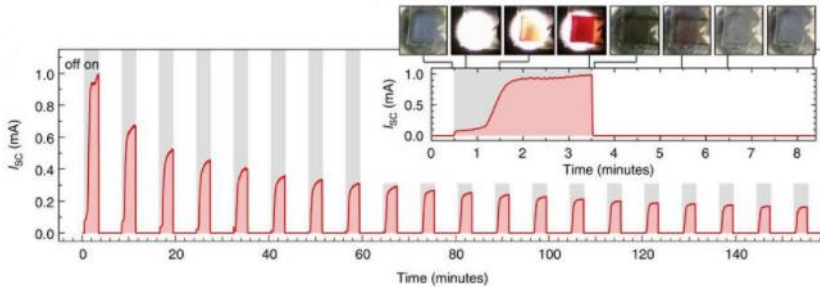


Рис. 1. Зображення графіку збільшення виробітку енергії при зміні стану скла від повністю прозорого до непрозорого стану

Як зазначають розробники, зараз максимальна продуктивність скла можлива лише при першому циклі, над чим і працюють вчені. Також, регулювання прозорості скла в даній технології є ще неможливою, що звужує коло використання даних віконних систем. Можливе влаштування таких вікон по черзі зі звичайними, задля збереження більшої кількості світла за потреби, або в місцях де постійна потреба у світлі не є актуальною.

Вчені з Мічиганського університету змогли розв'язувати питання з прозорістю скла при конвертуванні сонячного світла в електроенергію. В даному випадку, вони розробили технологію «сонячного концентрату»: органічні солі поглинають ультрафіолетові та інфрачервоні випромінювання, концентруючись всередині панелі вони переходять в інфрачервоний діапазон, відображаючись від поверхонь панелей всередині переходять до краю панелі, та завдяки розташованим там вузьких смужок зі звичайних фотовольтаїчних панелей, які поглинають світло, виробляється енергія. На жаль ККД таких вікон досягає зараз лише 1%, і не може повністю використовуватись в повсякденному житті [8].

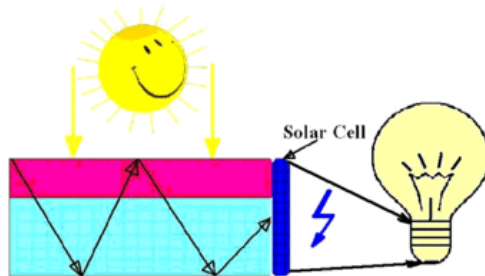


Рис. 2. Рух випромінювання в технології «сонячний концентрат»

Щодо актуальності такої технології навіть з таким маленьким ККД у 1%, можемо розрахувати скільки така панель буде давати кВт. Нехай наш хмарочос має розміри 380 x 130 метрів, як Empire State Building. Площа поверхні скління, таким чином – 49 400 кв.м, приймаємо 50 000 кв.м. Кут падіння сонячних

променів буде змінюватися весь день, прийємо, 60 градусів. Падаючий потік в сонячний день при максимальній освітленості при чистому небі (освітленість 100 000 лк): $100\ 000 \times 50\ 000 \times \cos 60 = 2\ 500\ 000\ 000\ \text{Вт} = 2\ 500\ \text{МВт}$. У похмурий день буде на порядок менше (освітленість 2000 лк): $2\ 000 \times 50\ 000 \times \cos 60 = 50\ 000\ 000\ \text{Вт} = 50\ \text{МВт}$. При ефективності в 1% така панель буде давати 25 МВт в сонячний день і 0,5 МВт у похмурий.

Американська компанія SolarWindow Technologies у 2016 році виходить на ринок генерації сонячної енергії з досить амбітним проектом. Вони продовжили розробку колег з Мічиганського університету технології «сонячний концентрат». Як вважають його автори, сонячні батареї на дахах будинків цілком можуть бути замінені склом звичайних вікон. На скло наноситься спеціальне рідке покриття, яке потім засихає під впливом низьких температур. Вона виконана з вуглецевого матеріалу, водню, азоту і кисню. В результаті формується тонка прозора органічна плівка. Процес вимагає нанесення декількох шарів, один з яких - так званий, активний шар - виробляє електрику. Для передачі електрики в покритті SolarWindow використовуються мікроскопічні канали (зліва), які в два рази тонше за людську волосину (праворуч).

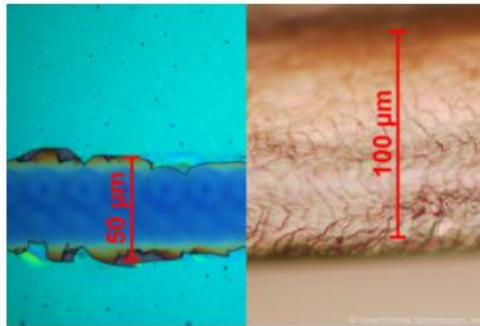


Рис. 3. Для передачі електрики в покритті SolarWindow використовуються мікроскопічні канали (зліва), які у два рази тонше за людську волосину (праворуч) [9]

Технологія може застосовуватися двома способами. Покриття можна нанести як на вже встановлені вікна, так і на склопакети до їх монтажу - знадобляться лише послуги електрика, який проведе необхідні дроти. Розробники стверджують, якщо покрити всі скляні поверхні сучасного хмарочоса складом від SolarWindow, то 30-50% необхідної будівлі енергії можна буде отримувати від сонця. Витрати на установку сонячних панелей в 50-поверховому будинку окупляться через рік. У компанії також стверджують, що за допомогою «сонячних» вікон можна виробляти в 50 раз більше енергії, ніж від фотоелектричних установок на даху. При цьому покриття виробляє електрику не тільки від сонячного світла, але і від штучного.

Головна проблема технології SolarWindow - це неможливість зробити вікна повністю прозорими. Вуглецевий шар робить скло затемненим, а підвищення енергоефективності робить тонування ще більш помітною. Стартуп вже 7 років удосконалює технологію, але максимум, якого вдалося досягти, - це 80%

прозорість [9]. Технологія, розроблена стартапом, може також застосовуватися в автомобільній індустрії. Люк в автомобілі з відкритим верхом, лобове скло і бічні дзеркала можна також перетворити в систему збору сонячної енергії. Методика підійде для розробок у військовій, аерокосмічній і текстильній галузях.

SolarWindow не єдина компанія на ринку, яка планує перетворити хмарочоси в сонячні електростанції. Подібні продукти розробляють також британська Oxford PV, американські Solaria і Ubiquitous Energy, іспанська Onyx Solar.

Дослідники, очолювані Ян-Яном Сонгом з Північно-Східного університету в Шеньяні, Китай, та Сінь-Хуа Ся з Нанкінського університету в Нанкіні, Китай, опублікували статтю про нове стерильне розумне вікно. Як пояснюють дослідники, інтеграція декількох функцій в одне розумне вікно представляє складність, оскільки кожна функція зазвичай вимагає різного складу матеріалу. Наприклад, одним із найбільш широко використовуваних матеріалів для розумних вікон, що контролюють пропускання видимого світла, є WO_3 (триоксид вольфраму). Як електрохромний матеріал, WO_3 може оборотно змінювати свій оптичний коефіцієнт пропускання у відповідь на електрохімічний заряд і розряд. З іншого боку, у розумних вікнах, які перетворюють ближнє інфрачервоне сонячне випромінювання в тепло, як правило, беруть участь наночастинки металу. Також широкий спектр матеріалів має протимікробні властивості, особливо мідь. Поки що, однак, поєднання всіх цих властивостей в одному матеріалі залишалося проблемою.

У своєму дослідженні вчені спроектували електрохромно-фототермічну плівку, складену з 3D WO_3 , у структурі, подібній до стільників, вкленої в наночастинки золота та нанородів. Поки WO_3 контролює кількість видимого світла, яке проходить через вікно, золоті наноструктури перетворюють надходять сонячне світло в теплову енергію для опалення інтер'єру будівлі. Ця стратегія досягає чудового фототермічного перетворення за рахунок оптимізації сонячного підсилення на електрохромних плівках, і, що важливо, ефективність фототермічного регулювання під час оптичної передачі [10].

Дослідники продемонстрували, що вікно може змінитись із повністю прозорого на темно-чорний протягом декількох хвилин. Крім того, вони показали, що інфрачервоний лазер підвищує температуру вікна на $24^\circ C$ приблизно за п'ять хвилин. Щоб дослідити антимікробні властивості вікна, дослідники обробили його кишковою паличкою та опромінили ближньо-інфрачервоним лазером. Вони виявили, що бактерицидний ефект був найсильнішим, коли вікно було в темному стані, в якому воно могло знищити практично всі бактерії. Навпаки, ефект був набагато слабкішим для вікон у прозорому стані, а також для вікон, виготовлених лише з WO_3 або лише золоті наноструктури, а не обидва матеріали разом узяті [10]. Результати дозволяють припустити, що більшість бактерицидних ефектів зумовлені фототермічними властивостями вікна. Стерильне розумне вікно буде особливо корисним у літаках, а також у лікарнях.

Джеремі Мандей та його колеги звернули увагу на те, що більшість наявних розумних вікон, що працюють на сонячних батареях, розроблені для автоматичного реагування на мінливі умови, такі як світло або тепло. Але це означає, що в прохолодні або похмурі дні споживачі не можуть натиснути перемикач і тонувати вікна для забезпечення конфіденційності. Крім того, ці пристрої часто працюють на частку світлової енергії, якій вони піддаються, тоді як решта поглинається вікнами. Це нагріває їх, що може додати тепла приміщенню,

яке вікна повинні допомагати зберігати прохолоду. Тому дослідники вирішили усунути ці обмеження, та створили нове розумне вікно, закріпивши між двома скляними панелями полімерну матрицю, що містить мікрокапельки рідкокристалічних матеріалів, і аморфний шар кремнію - тип, який часто використовують у сонячних елементах. Коли вікно "вимкнено", рідкі кристали розсіюють світло, роблячи скло непрозорим. Кремнієвий шар поглинає світло і забезпечує низьку потужність, необхідну для вирівнювання кристалів, щоб світло могло проходити крізь нього і робити вікно прозорим, коли вікно вмикається користувачем. Додаткова енергія, яка не спрямовується на роботу з вікном, збирається і може бути перенаправлена на живлення інших пристроїв, таких як світло, телевізори або смартфони [11].

Український підприємець Євген Ерік пропонує досить оригінальне і відносно недороге рішення використання сонячного світла задля економії потреб в кондиціонуванні та додатковому отриманні енергії для забезпечення будівель: енергогенеруючі сонячні жалюзі. Стандартне вікно, обладнане таким незвичайним пристроєм, зможе виробляти (при оптимальних умовах) до 100 кВт електрики на місяць. Вартість таких фотоелектричних жалюзів становитиме приблизно 300 доларів (з монтажем). Пристрій SolarGaps є фотоелектричні елементи, які монтуються на віконні жалюзі з внутрішньої або зовнішньої частини віконного отвору. Ці модулі перетворюють сонячне випромінювання в теплову та електричну енергію, роблячи приміщення незалежним від зовнішніх електричних мереж.

Потужність SolarGaps на квадратному метрі віконного отвору досягає 150 Ватт при зовнішньому розміщенні жалюзі і до 100 Ватт при внутрішньому. Тож підрахувати, що жалюзі SolarGaps, встановлені в трикімнатній квартирі з вікнами, що виходять на південь, здатні виробляти до 600 Ватт на годину або близько 4 кВт в день, а це 100 кВт на місяць, при споживанні квартири від 100 до 250 кВт в місяць. Економія тільки на кондиціонуванні за рахунок блокування прямих сонячних променів може досягати 90% [12]. Тож, одержувану енергію можна використовувати для роботи комп'ютерів, побутової техніки та освітлення.

Висновки. Були розглянуті різні види смарт-скла, що відрізняються один від одного оптичними характеристиками, такими, як ступінь прозорості та матовість, властивостями, цілями використання, методами використання, та основною технологією виготовлення. Ці властивості визначаються будовою шару смарт-плівки, прикріплюється до скла. Було виявлено, що скло на зважених частинках більше підходить для установки на скло автомобілів, а скло з електрохромним шаром - для житлових і офісних приміщень, оскільки воно не потребує подачі напруги для підтримки прозорості. Недоліками смарт-скла нині залишаються висока вартість і енерговитратність, не 100% прозорість при виробітку електроенергії. Необхідно враховувати, що дані проблеми знаходяться на стадії рішення, так як розвиток техніки і технології стрімкий, а також існує достатньо багато фінансових вкладень в досліджувану сферу. Ми можемо сміливо говорити про такі позитивних якостях даного матеріалу, як естетична виразність і багатофункціональність, адже даний матеріал одночасно поєднує в собі функції звичайного скла, світлового затвора і проєкційного екрана. Широкий ряд переваг скла з керованою прозорістю забезпечує матеріалу перспективність і широку сферу використання. Смарт-вікнам було знайдено застосування не тільки у сфері цивільного будівництва, а й авіабудівної та автомобільній галузях, а також у

рекламній індустрії. Використання скла з регульованою прозорістю показує рівень розвитку техніки та технології в сучасному світі, а також вказує на те, що з плином часу цей тип скла поліпшується, що призводить до збільшення його доступності. Дослідження нової й нової змоги вчених розробити ще кращі сполуки, ще кращі варіанти поєднання матеріалів, пошук нових технологій говорить про стрімкий розвиток даної сфери, що у свою чергу призводить до появи різних схожих технологій, як смарт-жалюзі. Використання сонячних батарей в різних формах залучає суспільство економити на додатковому опаленні, кондиціонуванні та освітленні приміщень.

Список літератури:

1. Лобовку А.В. Энергозберігаючі віконні системи: стан, тенденції та перспективи / А.В. Лобовку // Молодий вчений. – 2018. – № 18 (204). – С. 75-80. – URL: <https://moluch.ru/archive/204/49863/>
2. Лапа М. Забезпечення енергоефективності будівель / М. Лапа, М. Двоглазова, І. Печонкін, Ю. Лапа // Технічні науки та технології. 2017. № 1 (7). С. 225–233.
3. Донцова А.Е. Стекло с управляемой прозрачностью (smart window) в гражданском строительстве / А.Е. Донцова, А.В. Калинина // Alfabuild. 2018. № 4. С. 73-82.
4. Електронна науково-технічна база з питань енергосбереження, інвестиційних і інноваційних проєктів.
5. Steve DeBusk. A Review and Examination of EnerLogic™ Window Film Performance Claims. / 8p. // <http://www.luxivision.dk/assets/EnerLogic-White-Paper>
6. Solutia Launches Industry-Changing EnerLogicR /70 Low-E Window Film. Jan. 25, 2012. URL: http://www.eastman.com/Company/About_Eastman/History/2012/Pages/Solutia_Launches_Industry_Changing_EnerLogic_70Low_EWindow_Film.aspx
7. Агаджанов М. КПД частинно прозорих окон с солнечными батареями превысил 11% / М.Агаджанов / Хабр. 2017. URL: <https://habr.com/ru/post/408789/>
8. Hui Huang et al. Solvothermal synthesis of Sb:SnO₂ nanoparticles and IR shielding coating for smart window / *Materials & Design* (2015). // DOI: [10.1016/j.matdes.2015.09.013](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.09.013)
9. Авельсник Н. SolarWindow навчили звичайні вікна виробляти електроенергію // Хайтек. 2016. URL: https://hightech.fm/2016/09/02/solar_window
10. Jingwen Xu et al. "Electrochromic-Tuned Plasmonics for Photothermal Sterile Window." // *ACS Nano*. 2018 // DOI: [10.1021/acsnano.8b02292](https://doi.org/10.1021/acsnano.8b02292)
11. Joseph Murray et al. Electrically Controllable Light Trapping for Self-Powered Switchable Solar Windows // *ACS Photonics* (2016). // DOI: [10.1021/acsp Photonics.6b00518](https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.6b00518)
12. SolarGaps: жалюзі з сонячними батареями забезпечать квартиру безкоштовної електроенергією. / Екотехніка. 2016. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1188-solargaps-zhalyuzi-s-solnechnymi-batareyami-obespechat-kvartiru-besplatnoj-elektroenergiej.html>
13. Коваль О.В., Мурзін А.В., Наумець І.І. Застосування монохромного Смарт-скла при проєктуванні закладів готельного господарства. // Современная научная идея. 2017. 7с. URL: www.sworld.com.ua.
14. Закируллин Р. С. Перспективы применения Смарт – окон в архитектуре и

строительстве. 8с. URL: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/1105/1/368-375.pdf>

15. Ruben Baetens, Bjorn Petter Jelle, Arild Gustavsen. Properties, Requirements and Possibilities of Smart Windows for Dynamic Daylight and Solar Energy Control in Buildings // State-of-the-Art. 2010. 29 p. URL: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2436360/Properties+Requirement+s+and+Possibilities+of+Smart+Windows+for+Dynamic+Daylight+and+Solar+Energy+Control+in+Buildings+-+State-of-the-Art+-+Article++Submitted+Version.pdf?sequence=3>

16. Marco Casini. Smart windows for energy efficiency of buildings. 2017. p.273–281. URL: <https://afterglass.ca/wp-content/uploads/2017/08/energy-report.pdf>

References:

1. Lobovku, A.V. (2018). Enerhozberihayuchi vikonni systemy: stan, tendentsiyi ta perspektyvy. *Molodyy vchenyy*. № 18 (204), pp. 75-80. URL: <https://moluch.ru/archive/204/49863/>

2. Lapa, M., Dvoyehlazova, M., Pechonkin, I., Lapa, Yu. (2017). Zabezpechennya enerhoefektyvnosti budivel'. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi*. № 1 (7), pp. 225–233.

3. Dontsova, A.E., Kalynyna, A.V. (2018). Steklo s upravlyaemoy prozrachnost'yu (smart window) v hrazhdanskom stroitel'stve. *Alfabuild*. № 4, pp. 73-82.

4. Elektronna naukovo-tekhnichna baza z pytan' enerhosbrezhennya, investytsiynykh i innovatsiynykh proektiv.

5. Steve DeBusk. A Review and Examination of EnerLogic™ Window Film Performance Claims. 8p. URL: <http://www.luxivision.dk/assets/EnerLogic-White-Paper>

6. Solutia Launches Industry-Changing EnerLogicR /70 Low-E Window Film. URL: http://www.eastman.com/Company/About_Eastman/History/2012/Pages/Solutia_Launches_Industry_Changing_EnerLogic_70Low_EWindow_Film.aspx

7. Ahadzhanov, M. (2017). KPD chastychno prozrachnykh okon s solnechnymy batareyamy prevysyl 11% URL: <https://habr.com/ru/post/408789/>

8. Hui Huang et al. (2015) Solvothermal synthesis of Sb:SnO₂ nanoparticles and IR shielding coating for smart window. *Materials & Design*. DOI: 10.1016/j.matdes.2015.09.013]

9. Avel'snyk, N. (2016). SolarWindow navchyly zvychnayni vikna vyroblyaty elektroenerhiyu. URL: https://hightech.fm/2016/09/02/solar_window

10. Jingwen Xu et al. (2018). "Electrochromic-Tuned Plasmonics for Photothermal Sterile Window." *ACS Nano*. DOI: 10.1021/acsnano.8b02292]

11. Joseph Murray et al. (2016) Electrically Controllable Light Trapping for Self-Powered Switchable Solar Windows. *ACS Photonics*. DOI: 10.1021/acsp Photonics.6b00518]

12. SolarGaps: zhalyuzi z sonyachnymy batareyamy zabezpechat' kvartyru bezkoshtovnoyi elektroenerhiyevu. (2016). *Ekotekhnika*. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1188-solargaps-zhalyuzi-s-solnechnymi-batareyami-obespechat-kvartiru-besplatnoj-elektroenergiej.html>

13. Koval', O.V., Murzin, A.V., Naumets', I.I. (2017) Zastosuvannya monokhromnoho Smart-skla pry proektuvanni zakladiv hotel'noho hospodarstva. *Sovremennaya nauchnaya ydeya*. URL: www.sworld.com.ua.

14. Zakyryullyn, R.S. Perspektivy pryimenenyya Smart – okon v arkhitekture y stroitel'stve. URL: <http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/1105/1/368-375.pdf>

15. Ruben Baetens, Bjorn Petter Jelle, Arild Gustavsen (2010).. Properties, Requirements and Possibilities of Smart Windows for Dynamic Daylight and Solar Energy Control in Buildings. *State-of-the-Art*. URL: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2436360/Properties+Requirement+s+and+Possibilities+of+Smart+Windows+for+Dynamic+Daylight+and+Solar+Energy+Control+in+Buildings++State-of-the-Art+-+Article+-+Submitted+Version.pdf?sequence=3>
16. Marco Casini (2017). Smart windows for energy efficiency of buildings. Pp. 273–281. URL: <https://afterglass.ca/wp-content/uploads/2017/08/energy-report.pdf>

Ю.С. Рябинина, Т.Ю. Цифра

Енергозберігаючі оконні системи: види, розвиток, порівняння і перспективи

Тенденція використання природних ископаємих зменшується на перші позиції виходять енергозбереження і екосистеми. Тому використання скляної обробки будівель стало отправною точкою в пошуку нових технологій збереження використання електроенергії, зменшення потребностей в кондиціонуванні і додатковому освітленні. Розроблене смарт-скло є вдосконалим типом скла, яке може змінювати прозорість в залежності від різних умов, або переробляти сонячний світ в електроенергію, якою можна користуватися на потреби людини. В роботі досліджується поява перших видів смарт-окон, і подальші розробки смарт-окон з використанням різних плівок, хімічних і органічних сполучень. Перспективність використання розумного скла для збільшення природного освітлення в різних сферах і будівлях можливістю зв'язаних технологій методами порівняння декількох видів смарт-скла. Приведені основні види смарт-окон: фотохромні вікна, термохромні вікна, електрохромні вікна, жидкокристалічні вікна, вікна на основі взвешених частинок, вікно з використанням «теплового дзеркала». На основі викладеної характеристики різних технологій смарт-скла виявлено його переваги і недоліки, а також зв'язані з ними складності, які в перспективі повинні бути розв'язані. Складена класифікація смарт-окон за типом використання в них плівок, їх переваги і недоліки використання. Описуються основні новітні технології поглинання сонячного світла поверхнею вікна, і конвертацією світла в електроенергію, проблематика досягнення прозорості склом, і тенденція рішення цього питання. На конкретних прикладах розглянуті області застосування скла з управляємою прозорістю, і отримані економічні показники при його використанні в будівлях. Розглянута технологія використання сонячних батарей в вигляді жалюзі і їх вплив на забезпечення будівлі енергією. Встановлено, що з розвитком техніки і технології виробництва смарт-скла відбулося покращення деяких його оптичних властивостей, сприяло зменшенню його вартості, що веде до збільшення доступності даного матеріалу.

Ключові слова: енергоефективність, смарт-вікна, оброблені вікна, електроенергія, кондиціонування, розумне скло, будівельні технології.

Yu.S. Riabinina, T.Yu. Tsyfra

Energy-saving window systems: types, development, comparisons and perspectives

The tendency to use natural resources is decreasing; energy conservation and ecosystems are taking the first positions. Therefore, the use of glass finishing of buildings has become a starting point in the search for new technologies to save energy use, reduce the need for air conditioning and additional lighting. The developed smart glass is an advanced type of glass that can change transparency depending on different conditions, or convert sunlight into electricity that can be used for human needs. The work examines the appearance of the first types of smart windows, and further development of smart windows using various films, chemical and organic compounds. The prospect of using smart glass to improve natural lighting in various fields and the future possibilities of related technologies by comparing several types of smart glass. The main types of smart windows are presented: photochromic window, thermochromic window, electrochromic window, liquid crystal windows, windows based on suspended particles, window using a "thermal mirror". On the basis of the given characteristics of various technologies of smart glass, its advantages and disadvantages, as well as the associated difficulties, which should be resolved in the future, are revealed. The existing classification of smart windows by the type of use of films in them and their advantages and disadvantages of using. The main newest technologies of absorption of sunlight by the surface of the window and the conversion of light into electricity, the problem of achieving transparency by glass, and the tendency of solving this issue are described. On specific examples, the areas of application of glass with controlled transparency are considered, and the economic indicators obtained when it is used in buildings. The technology of using solar panels in the form of blinds and their influence on providing the building with energy is considered. improvement of some of its optical properties, contributed to a decrease in its cost, which leads to an increase in the availability of this material.

Key words: energy efficiency, smart windows, decorative fences, electricity, air conditioning, smart glass, building technologies.

Посилання на статтю

APA: Riabinina, Yu.S. & Tsyfra, T.Yu. (2020). Energy-saving window systems: types, development, comparisons and perspectives. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 57-70.

ДСТУ: Рябініна Ю.С. Енергозберігаючі віконні системи: види, розвиток, порівняння та перспективи [Текст] / Ю.С. Рябініна, Т.Ю. Цифра // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – 57-70.

УДК 69.003:658.15.011.46

І.А. Шатрова,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-3566-8794

О.О. Демидова,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0003-4736-1535

Київський національний університет будівництва і архітектури

ДОСВІД І НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБГРУНТУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ У БУДІВНИЦТВІ

В статті наведений аналіз своєчасності виконання робіт у будівництві та досвіду і наукових досліджень з обґрунтування тривалості виконання робіт у будівництві. Досвід свідчить, що у будівництві, в тому числі і житловому будівництві, має місце значне відхилення фактичної тривалості робіт від запроєктованої, що призводить до несвоєчасного введення житлових будинків в експлуатацію. Підвищення надійності обґрунтування тривалості виконання робіт у будівництві в умовах імовірного характеру будівельного виробництва, як свідчить досвід і наукові дослідження, може бути здійснено на основі резервування часу для компенсації негативного впливу мікро- і макросередовища. В цей же час, як свідчить досвід, визначення тривалості виконання будівельно-монтажних робіт, у більшості випадків, здійснюється із застосуванням детермінованих методів, що орієнтовані на використання установлених нормативів без урахування впливу випадкових факторів, обумовлених імовірнісним характером будівельного виробництва. Інші методики, які тим чи іншим чином ураховують імовірнісний характер будівельного виробництва, не надають можливості при обґрунтуванні тривалості робіт житлового будівництва визначити оптимальний рівень резервування часу, необхідного для ліквідації наслідків негативного впливу на хід виконання робіт великої кількості випадкових факторів. Отже, розробка науково-обґрунтованої методологічної основи оптимізації тривалості виконання робіт житлового будівництва і ринкової економіки, є актуальною проблемою, що має наукове і практичне значення. Визначення оптимальної тривалості виконання робіт житлового будівництва ґрунтується на теоретичних і методологічних системних засадах, які надають можливість визначити оптимальний рівень резервування часу і дослідити його залежність від окремих організаційно-технологічних факторів з урахуванням специфіки будівельного виробництва і умов ринкової економіки.

Ключові слова: *тривалість робіт, аналіз організаційно-технологічних умов, характеристики виконання будівельних і монтажних робіт, імовірнісний характер будівельного виробництва.*

Постановка проблеми. Підвищення рівня обґрунтованості тривалості робіт житлового будівництва обумовлює необхідність розробки методики оптимізації тривалості робіт з урахуванням імовірного характеру будівельного виробництва, організаційно-технологічних умов їхнього виконання, а також ринкових відносин.

Аналіз досліджень і публікацій. В умовах ринкової економіки значний обсяг житлового будівництва здійснюється за рахунок коштів населення, що зменшує надійність своєчасного фінансування виконання обсягів робіт і обумовлює необхідність залучення банківських кредитів для забезпечення необхідних оборотних коштів. Це призводить до додаткових економічних втрат, що пов'язані з платою за користування банківським кредитом.

Підвищення рівня обґрунтованості тривалості робіт житлового будівництва може бути досягнуто на основі урахування імовірнісного характеру будівельного виробництва, організаційно технологічних умов їх виконання і ринкових відносин.

Як свідчить досвід [1, 2, 3], визначення тривалості виконання будівельно-монтажних робіт, у більшості випадків, здійснюється із застосуванням детермінованих методів, що орієнтовані на використання установлених нормативів без урахування впливу випадкових факторів, обумовлених імовірнісним характером будівельного виробництва. Ряд методик [4, 5, 6, 7], що у разі визначення тривалості виконання будівельно-монтажних робіт до певної міри враховують імовірнісний характер будівельного виробництва, орієнтовані на організацію зведення об'єктів в умовах централізованого планування адміністративно-командної системи управління будівництвом. За цими методиками не можна визначити оптимальну тривалість будівельно-монтажних робіт з урахуванням організаційно-технологічних умов їхнього виконання і ринкових відносин.

Мета статті. Зростання обсягів житлового будівництва обумовлює необхідність дослідження ефективності процесу виконання будівельно-монтажних робіт з метою забезпечення своєчасного введення житлових будинків в експлуатацію і підвищення ефективності використання капітальних вкладень. Одним із шляхів досягнення цієї мети є своєчасне введення житлових будинків в експлуатацію.

Методи дослідження. Визначення тривалості виконання будівельно-монтажних робіт при розробці організаційно-технологічної документації на будівництво об'єктів у більшості випадків, здійснюють із застосуванням детермінованих методів, що орієнтовані на використання установлених нормативів.

Основна частина. Підвищення ефективності капітальних вкладень при зведенні житлових будинків в значній мірі залежить від своєчасного введення їх в експлуатацію. В той же час досвід [1, 3, 5] свідчить, що при зведенні об'єктів, у багатьох випадках, має місце відхилення фактичної тривалості виконання будівельно-монтажних робіт від запроєктованої її величини, що призводить до несвоєчасного введення об'єктів в експлуатацію.

Результати аналізу, який наведено в роботах [7, 8, 10] свідчать, що через негативний вплив великої кількості випадкових факторів, обумовлених імовірнісним характером будівельного виробництва, має місце відхилення фактичних організаційно-технологічних параметрів процесу виконання будівельно-монтажних робіт від запроєктованих. В роботі [4] наведена класифікація цих факторів. В роботі [9] пропонується фактори ризику розподіляти згідно з такими ознаками: по відношенню до фази проекту – проектування, реалізація, експлуатація; по відношенню до учасників проекту – замовник, підрядна організація, інвестор, інші зацікавлені сторони; за способом дії – зовнішні, внутрішні; за способом попередження – резервування, розподіл ризику,

страхування, розробка плану дій у надзвичайних ситуаціях. На основі експертних оцінок і методу статистичного моделювання виконана кількісна оцінка впливу факторів ризику на тривалість робіт по проєктах, а також встановлені середні значення та межі невизначеності (відхилення від нормативної тривалості) у разі дії перерахованих факторів ризику. Встановлено, що на практиці найчастіше зустрічаються чотири фактори ризику: неадекватне уявлення про проєкт, перешкоди фінансування, несвоєчасне постачання, недостатня кількість запланованих ресурсів.

На стадії будівництва відхилення фактичної тривалості робіт від запроєктованої в значній мірі залежить від причин, що пов'язані з: труднощами у взаємодії з субпідрядниками; низькою кваліфікацією робітників; недосконалим галузевим законодавством; змінами в проєктах; погодними умовами; браком при виконанні робіт; непродуктивною роботою через низький рівень організації праці і виробництва; втратами на пускових об'єктах через невиправдану концентрацію трудових ресурсів; хворобою робітників; виробничим травматизмом; прогулами; відпустками з дозволу адміністрації; простоями фронту робіт, нестабільним фінансуванням [6]. В роботі [9] зазначається, що очікуване відхилення є функція несвоєчасності, яка визначається за результатами раніше виконаних проєктів і залежить від типу і масштабу проєкту. Аналіз впливу факторів невизначеності на результати виконання проєктів в металургійній галузі свідчить, що з імовірністю 0,95 строки завершення робіт по проєктам можуть бути перевищені від 1,7 до 10,5 місяців.

Практичний досвід житлового будівництва також свідчить про значне відхилення фактичної тривалості робіт від запроєктованої через негативний вплив значної кількості випадкових факторів. Ці причини наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Основні причини відхилення фактичної тривалості будівельно-монтажних робіт від запроєктованої її величини при зведенні житлових будинків

№ п/п	Причини відхилення фактичної тривалості будівельно-монтажних робіт від запроєктованої її величини
1	Простої робітників
2	Брак, що допущено при виконанні робіт 2.1) зміни проєкту в процесі виконання робіт 2.2) порушення технології виконання робіт
3	Непродуктивна робота через низький рівень організації праці і виробництва
4	Втрати на пускових об'єктах через невиправдану концентрацію трудових ресурсів
5	Хвороба робітників
6	Виробничий травматизм
7	Прогоули
8	Відпустки з дозволу адміністрації
9	Простої фронту робіт

Дані про кількість випадків відхилення фактичної тривалості робіт від запроєктованої величини за різними причинами у відсотках від загальної кількості випадків за період 2008-2019 років при зведенні житлових будинків наведено на рис. 1.

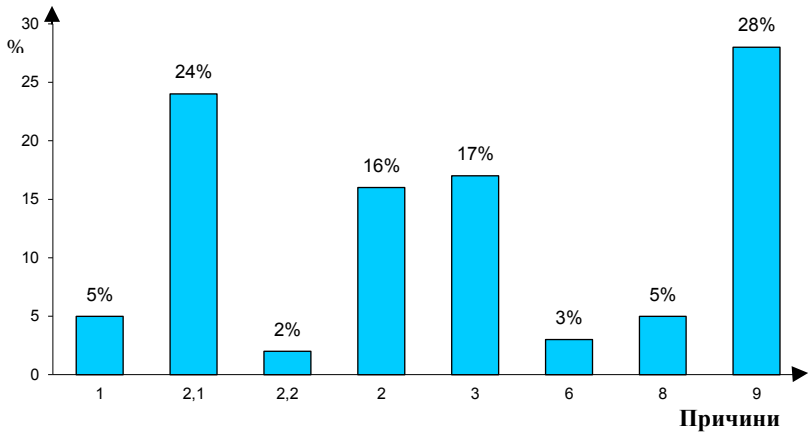


Рис. 1. Кількість випадків відхилення фактичної тривалості робіт від запроєктованої величини за різними причинами

Причини простоїв робітників (п.1) обумовлені: відсутністю електроенергії; несправністю машин; відсутністю фронту робіт; порушенням трудової дисципліни.

Причини виробничого травматизму (п.6) обумовлені: несправністю машин; порушенням технології робіт; використанням робітників не за спеціальністю; порушенням особистої техніки безпеки.

Простої фронту робіт при зведенні житлових будинків (п.9), у більшості випадків, обумовлені призупиненням будівництва об'єктів згідно закону України "Про основи містобудування" [11], а також через несвоєчасне фінансування будівництва житлових будинків.

Законом України "Про основи містобудування" [11] передбачено врахування законних інтересів та вимог власників або користувачів земельних ділянок та будівель, що оточують місце будівництва. Ці вимоги полягали в необхідності: ремонту дворової системи каналізації та опалення; ремонту будинку, що межує з будівельним майданчиком; спорудження дитячого майданчика, виконання робіт з благоустрою території, що межує з будівництвом житлового будинку; виконання робіт по устрою додаткового проїзду, або закриттю проїзду між дворами будинків, що межують з будівельним майданчиком та інше. В окремих випадках мешканці житлових будівель, що оточують місце будівництва, вимагали виконувати деякі роботи тільки в одну зміну. Такі вимоги виникали на протязі всього терміну зведення житлових будинків, що призводило до простоїв фронту робіт і економічних втрат.

Дані про кількість випадків простоїв фронту робіт через виконання вимог і урахування інтересів мешканців будинків, що оточували місце будівництва за роками у % до загальної кількості випадків за період 2008-2019 років при зведенні житлових будинків наведено на рис. 2.

Несвоєчасне фінансування житлового будівництва обумовлено тим, що в теперішній час значний обсяг будівництва здійснюється за рахунок коштів населення, про що свідчать дані табл. 2.

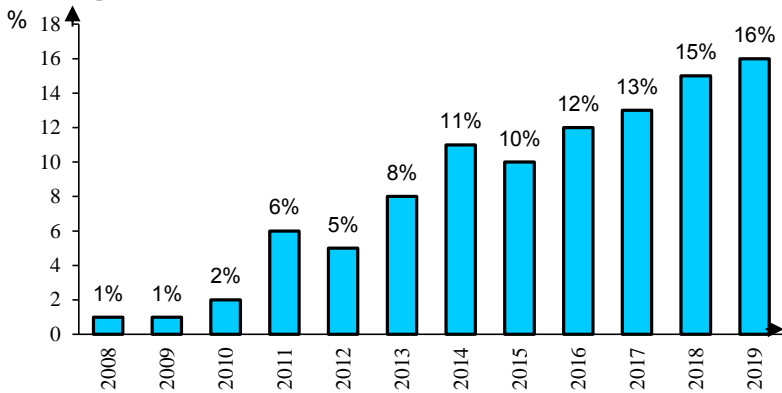


Рис. 2. Кількість випадків простоїв фронту робіт через виконання вимог і інтересів мешканців житлових будинків, що оточували місце будівництва

Відсутність досконалих схем довгострокового кредитування і велика кількість комерційних банків, що приймають участь у фінансуванні будівництва, призводить до подорожчання будівництва, непередбаченості і неритмічності надходження коштів, що не сприяє стійкій фінансовій основі. Практичний досвід свідчить, що вищезазначені недоліки фінансування будівництва призводять до частих перебоїв фінансування житлового будівництва. Це обумовлює необхідність залучення будівельними організаціями банківських кредитів для забезпечення оборотних коштів.

Таблиця 2

Динаміка введення в експлуатацію житла підприємствами і організаціями – забудовниками всіх форм власності України за 2011-2019 роки, тис.м²

Показники	Роки								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обсяг введення житла підприємствами і організаціями всіх форм власності	14125	12311	10096	8662	6753	6368	5855	6151	5558
у % до попереднього року	97,2	87,2	82,1	85,8	77,9	94,3	91,9	105,1	90,4
Питома вага в загальному обсязі введення житла, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100
у тому числі Державна власність	837	6374	4666	302	1720	1296	1147	1243	926

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Питома вага в загальному обсягу введення житла, %	59,3	51,8	46,2	34,9	25,5	20,4	19,6	20,2	16,7
Колективна власність	2505	2403	1846	1741	1543	1536	1372	1550	1238
питома вага в загальному обсягу введення житла, %	17,7	19,5	18,3	20,1	22,8	24,1	23,4	25,2	22,3
Приватна власність	3244	3533	3583	3892	3484	3503	3321	3333	3385
питома вага в загальному обсягу введення житла, %	23	28,7	35,5	44,9	51,6	55	56,8	54,2	60,9
Власність міжнародних організацій і юридичних осіб інших держав	-	0,2	0,2	7,2	5,7	32,5	13,5	23,9	7,8
питома вага в загальному обсягу введення житла, %	-	0	0	0,1	0,1	0,5	0,2	0,4	0,1

Дані про кількість випадків залучення банківського кредиту через несвоєчасне фінансування будівництва при зведенні житлових будинків наведено на рис. 3.

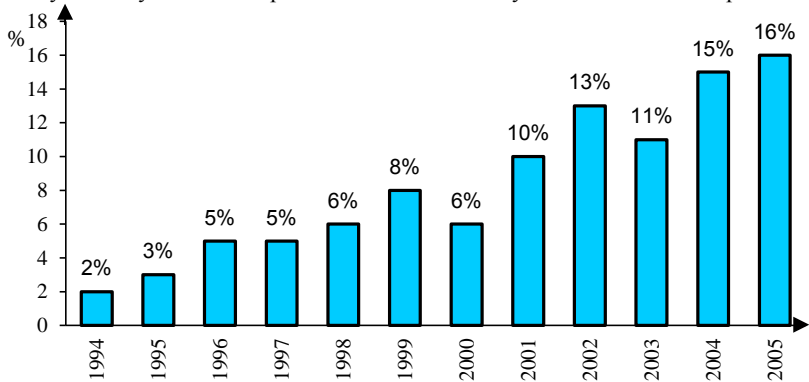


Рис. 3. Кількість випадків залучення банківського кредиту через несвоєчасне фінансування будівництва

Висновки.

1. Аналіз своєчасності виконання робіт у будівництві свідчить, що через негативний вплив на процес виконання будівельно-монтажних робіт великої кількості випадкових факторів, у багатьох випадках, має місце відхилення фактичної тривалості виконання робіт від запроєктованої величини. Це призводить до несвоєчасного введення об'єктів в експлуатацію і, як наслідок, до

зростання собівартості робіт і зниження конкурентоспроможності будівельних організацій.

2. Підвищення рівня обґрунтованості тривалості виконання робіт і, завдяки цьому, строків зведення об'єктів житлового будівництва може бути здійснено на основі оптимізації тривалості робіт шляхом визначення оптимального рівня резервування часу з урахуванням імовірнісного характеру будівельного виробництва, організаційно-технологічних умов їхнього виконання і ринкових відносин.

Список літератури:

1. Литвинов Ф.Л. Теорія систем масового обслуговування: навч. посібник / А.Л. Литвинов: Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім.О.М.Бекетеова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М.Бекетеова, 2018. – 141с.
2. Демидова О.О., Новак Є.В. Причини відхилень параметрів будівельного процесу у житловому будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. Вип.35. С. 24-27
3. Жаров Я.В. Организационно-технологическое проектирование при реализации инвестиционно-строительных проектов. *Вестник МГСУ*, 2013. №5. С. 176-184
4. Савенко В.І., Шатрова І.А., Доценко С.І. та ін. Менеджмент якості в будівництві і геном ділової досконалості організації: монографія / за ред. В.І. Савенка, Київ: Центр учбової літератури, 2018. С. 230
5. Недавий О.І., Базилевич С.В., Кузнецов С.М. Оценка организационно-технологической надежности строительства объектов. *Системы. Методы. Технологии*. 2013. №2. С. 137-141
6. Савенко В.І., Шатрова І.А., Доценко С.І. та ін. Дослідження і математичне моделювання організаційних структур та виробничих процесів будівельних організацій комбінатного типу: монографія / за ред. В.І. Савенка, Київ: Центр учбової літератури, 2018. С. 124
7. Абдуллаев Г.И. Основные направления повышения надежности строительных процессов. *Инженерно-строительный журнал*. 2010. №4(14). С. 59-60
8. Голотина Ю.И., Рыжова А.А., Арутюнян М.С. Факторы, влияющие на сроки строительства. *Научные труды КубГТУ*. 2018. №9. С.65-73
9. Ковалев В.В., Кирнос О.В. Современные подходы к предварительной оценке инвестиционно-строительных проектов с учетом стохастичности процес сов. *Нові технології в будівництві*. 2018. № 34. С. 39-42
10. Организационно-технологическая и экономическая надежность в строительстве: монография / В.Р. Млодецкий, Р.Б. Тянь, В.В. Попова, А.А. Мартыш. – Днепрпетровск: Наука и образование, 2013. 194 с.
11. Закон України "Про основи містобудування" // Відомості Верховної ради. К.; 1992. №52. 683 с.

References:

1. Litvinov, F.L. (2018) Theory of queuing systems: textbook. manual. Kharkiv: KhNUMG named after OM Beketov.
2. Demidova, O.O., Novak, E.V. (2018) The reasons for deviations of the parameters of the construction process in housing construction. *Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations*. 35, 24-27.
3. Zharov, Ya.V. (2013) Organizational and technological design in the implementation of investment and construction projects. *Vestnik MGSU*, 5,176-184.

4. Savenko, V.I., Shatrova, I.A., Dotsenko, S.I. et al. (2018). *Quality management in construction and the genome of business excellence of the organization*. Kyiv, Center for Educational Literature.
5. Recent, O.I., Bazilevich, S.V., Kuznetsov, S.M. (2013) Assessment of the organizational and technological reliability of the construction of objects. *Systems. Methods. Technology*. 2, 137-141.
6. Savenko, V.I., Shatrova, I.A., Dotsenko, S.I. (2018) *Research and mathematical modeling of organizational structures and production processes of construction companies of the combine type*. Kyiv, Center for Educational Literature.
7. Abdullaev, G.I. (2010) The main directions of increasing the reliability of building processes. *Engineering and construction journal*. 4 (14), 59-60.
8. Golotina, Yu.I., Ryzhova, A.A., Arutunyan, M.S. (2018) Factors influencing the construction time. *Scientific works of KubGTU*. 9, 65-73.
9. Kovalev, V.V., Kirnos, O.V. (2018) Modern approaches to preliminary assessment of investment and construction projects taking into account the stochasticity of processes. *New technologies in Budivnistvi*. 34, 39-42.
10. Mlodetskiy, V.R., Tyan, R.B., Popova, V.V., Marta, A.A. (2013) Organizational, technological and economic reliability in construction. Dnepropetrovsk. Science and education.
11. Law of Ukraine "On the Fundamentals of Urban Development" (1992) Information of the Verkhovna Rada. Kiev. 52, 683 p.

И.А. Шатрова, Е.А. Демидова

Опыт и научные исследования по обоснованию выполнения работ в строительстве

В статье приведен анализ своевременности выполнения работ в строительстве и опыта и научных исследований по обоснованию продолжительности выполнения работ в строительстве. Опыт показывает, что в строительстве, в том числе и жилищном строительстве, имеет место значительное отклонение фактической продолжительности работ от запроектированной, что приводит к несвоевременному вводу жилых домов в эксплуатацию. Повышение надежности обоснования продолжительности выполнения работ в строительстве в условиях вероятностного характера строительного производства, как показывает опыт и научные исследования, может быть осуществлено на основе резервирования времени для компенсации негативного влияния микро- и макросреды. В это же время, как показывает опыт, определения продолжительности выполнения строительно-монтажных работ, в большинстве случаев, осуществляется с применением детерминированных методов, ориентированных на использование установленных нормативов без учета влияния случайных факторов, обусловленных вероятностным характером строительного производства. Другие методики, которые тем или иным образом учитывают вероятностный характер строительного производства, не предоставляют возможности при обосновании продолжительности работ жилищного строительства определить оптимальный уровень резервирования времени, необходимого для ликвидации последствий негативного воздействия на ход выполнения работ большого количества случайных факторов. Таким образом, разработка научно-обоснованной методологической основы оптимизации продолжительности выполнения работ жилищного строительства и рыночной экономики, является актуальной проблемой, имеющей научное и практическое значение. Определение оптимальной продолжительности выполнения работ жилищного строительства основывается на теоретических и методологических

системных началах, которые предоставляют возможность определить оптимальный уровень резервирования времени и исследовать его зависимость от отдельных организационно-технологических факторов с учетом специфики строительного производства и условиям рыночной экономики.

Ключевые слова: продолжительность работ, анализ организационно-технологических условий, характеристики выполнения строительных и монтажных работ, вероятностный характер строительного производства

I.A. Shatrova, E.A. Demidova

Experience and scientific research to substantiate the performance of work in construction

The article provides an analysis of the timeliness of work in construction and experience and research to justify the duration of work in construction. Experience shows that in construction, including housing construction, there is a significant deviation of the actual duration of work from the projected one, which leads to untimely commissioning of residential buildings. Increasing the reliability of justifying the duration of work in construction in conditions of the probabilistic nature of construction production, as experience and research shows, can be carried out on the basis of time reservation to compensate for the negative impact of the micro- and macroenvironment. At the same time, as experience shows, the determination of the duration of construction and installation works, in most cases, is carried out using deterministic methods focused on the use of established standards without taking into account the influence of random factors due to the probabilistic nature of construction production. Other methods, which in one way or another take into account the probabilistic nature of construction production, do not provide an opportunity, when justifying the duration of housing construction work, to determine the optimal level of time reservation required to eliminate the consequences of a negative impact on the progress of work from a large number of random factors. Thus, the development of a scientifically based methodological basis for optimizing the duration of housing construction and a market economy is an urgent problem of scientific and practical importance. Determination of the optimal duration of housing construction work is based on theoretical and methodological systemic principles, which make it possible to determine the optimal level of time reservation and study its dependence on individual organizational and technological factors, taking into account the specifics of construction production and the conditions of a market economy.

Keywords: *duration of work, the analysis of izational and technological conditions, the characteristics of construction and erection works, probabilistic nature of construction production.*

Посилання на статтю

APA: Shatrova, I.A. & Demidova, E.A. (2020). Experience and scientific research to substantiate the performance of work in construction. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 71-79.

ДСТУ: Шатрова І.А. Досвід і наукові дослідження з обґрунтування тривалості виконання робіт у будівництві [Текст] / І.А. Шатрова, О.О. Демидова // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 71-79.

УДК 536.6+624.014.2

А.О. Попаленко,
ORCID: 0000-0002-5615-7117

С.В. Колесніченко,
канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0001-5087-8354

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОГРАФІЧНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТРІЩИН У СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЯХ

У статті наведені результати дослідження можливості використання термографічного неруйнівного контролю для пошуку тріщин у сталевих конструкціях. Основою неруйнівного теплового контролю є реєстрація змін теплового поля, що виникає під час порушення термодинамічної рівноваги об'єкта із оточуючим середовищем, яке з'являється на поверхні, та характер якого дозволяє отримати необхідну інформацію. Метод теплового контролю базується на взаємодії теплового поля об'єкта із термодинамічними чутливими елементами (термопара, фотоприймальник, рідкокристалічний елемент, болометр), що перетворюють параметри поля (інтенсивність, температурний градієнт, контрастність, променистість) в електричний сигнал реєструючого пристрою. Описано експеримент що доводить можливість застосування теплового неруйнівного контролю для виявлення тріщини у сталевих конструкціях. У якості вимірвальних приладів для проведення експерименту використовувалися тепловізори із різною роздільною здатністю матриці ІЧ-зображення (термічного зображення), інфрачервоний термогігрометр, люксметр. Зазначені проблеми, що виникають під час використання способу теплового неруйнівного контролю та можливі способи їх вирішення. Автори роблять висновки про те, що спосіб термографічного контролю може бути використаний під час обстеження сталевих конструкцій для якісного оцінювання наявності тріщин.

Ключові слова: *сталеві конструкції, тріщина, термографія, інфрачервона камера, неруйнівний контроль.*

Вступ. Питання виконання вимог нормативних документів щодо експлуатації сталевих конструкцій є основним для забезпечення нормального виробничого процесу та гарантування безпеки персоналу промислових підприємств, особливо через великий відсоток конструкцій, що експлуатуються за межами свого проектного ресурсу, що призводить до збільшення кількості випадків техногенних аварій [1].

Виникнення аварійних ситуацій спричинених металевими конструкціями пов'язано з багатьма факторами, але практично завжди обумовлено утворенням пошкоджень в елементах цих конструкцій. Самим небезпечним пошкодженням для сталевих конструкцій є тріщини. Використання конструкцій із тріщиною заборонено нормами [2] у зв'язку із неможливістю прогнозування їх розвитку, що призводить до подальшого руйнування конструкції.

Під час проведення технічного обстеження сталевих будівельних конструкцій використовують наступні методи неруйнівного контролю: візуальний, ультразвуковий, рентгенівський, вимірювальний, електромагнітний, капілярний, тощо. Всі ці методи дозволяють вирішити задачу виявлення і визначення параметрів дефектів та пошкоджень, однак, як правило, вимагають досить трудомістких робіт, тривалих технологічних перерв у виробництві при проведенні контролю. Також, їх використання у виробничих умовах ускладнене у зв'язку з необхідністю ви-конання жорстких вимог до підготовки поверхні, що потребує часу та значних матеріальних витрат. Враховуючи обмеження: неможливість доступу до всієї поверхні конструкції, обмежена кількість працівників, неможливість стаціонарного електропостачання - більшість площі конструкції не може бути обстеженою, що призводить до відповідних допущень у висновках за результатами обстеження, та наявності великих ризиків можливості розвитку невиявлених дефектів та пошкоджень.

Неруйнівний термографічний контроль [3] може використовуватися під час виробництва деталей для автоматичного виявлення відхилення геометричних показників виробів та наявності поверхневих дефектів [4]. Для виявлення поверхневих дефектів сталевих конструкцій може використовуватися сканування поверхні конструкції що нагрівається за допомогою лазерного променя, відхилення форми теплової точки буде свідчити про наявність дефекту поверхні [5].

Аналіз досліджень і публікацій. Розробка методик і апаратури термографічного контролю (ТК), орієнтованих на діагностику стану і дослідження теплофізичних характеристик різних матеріалів, здійснюється в провідних наукових лабораторіях США, Канади, Німеччині, Франції, Фінляндії, Росії, а в останні роки Індії та Китаю.

Перші дослідження по ТК були виконані ще в 70-ті роки минулого століття Н.А. Бекешко, В.П. Вавілов, Ю.А. Поповим, Д.А. Рапопортом, П.Н. Будаїним, Б.Н. Епіфанцевим. В останні роки проблемі ТК присвячено дослідження Е.В. Абрамова, А.Н. Чепрасова, В.А. Захаренко, В.Г. Торгунакова.

Більша частина уваги у вищезазначених дослідженнях приділяється методам та приладам термографічного контролю, що націлені на виявлення пошкоджень під час їх виникнення. Зокрема, у своїй роботі В.В. Котельников [7], розглядає методи і пристрої ТК, ґрунтуючись на тому, що під час виникнення деформацій у сталевих конструкціях, під впливом механічних напружень, виділяється певна кількість енергії (тепла), котра фіксується за допомогою інфрачервоної камери такий метод теплового неруйнівного контролю називається пасивним і не дає змогу виявляти дефекти після їх утворення.

Постановка завдання. Основою неруйнівного теплового контролю є реєстрація змін теплового поля, що виникає під час порушення термодинамічної рівноваги об'єкта із оточуючим середовищем, яке з'являється на поверхні, та характер якого дозволяє отримати необхідну інформацію. Метод теплового контролю базується на взаємодії теплового поля об'єкта із термодинамічними чутливими елементами (термопара, фотоприймальник, рідкокристалічний елемент, болометр), що перетворюють параметри поля (інтенсивність, температурний градієнт, контрастність, променистість) в електричний сигнал реєструючого пристрою.

В термографічному способі контролю у якості енергії використовується теплова енергія, що розповсюджується у об'єкті контролю. Температурне поле поверхні є джерелом інформації особливостей процесу теплопередачі, які, в свою чергу, залежать від наявності внутрішніх дефектів (пошкоджень).

Умовно розрізняють пасивний тепловий неруйнівний контроль (ПТНК), активний (АТНК) та комбіновані способи термографічного контролю [6]. Пасивний не потребує зовнішнього теплового впливу, активний, навпаки, передбачає нагрів об'єкта дослідження зовнішнім теплом. Комбіновані методи потребують додаткового використання інших методів неруйнівного контролю.

Пасивним методом контролюють виникнення дефектів та пошкоджень під час роботи та (або) експлуатації об'єкта. Це найбільш поширені методи, що використовуються під час енергетичного аудиту, контролю приладів, що працюють під електричною напругою.

Активний метод використовують, коли під час експлуатації об'єкта не видляється достатня кількість теплового випромінювання для виконання обстеження. В цьому випадку об'єкт додатково нагрівають зовнішнім джерелом тепла [8].

Найбільш поширеними приладами теплового контролю є інфрачервоні камери (тепловізори). Прилади обладнані інфрачервоними датчиками (болометрами) та спеціальним цифровим дисплеєм, де відображається картина теплового поля. Як правило, всі тепловізори мають спеціальне програмне забезпечення для обробки отриманих термограм. Також існує розподілення на наглядові та вимірювальні тепловізори, але перші не мають широкого спеціального використання, тому що, як правило, контролюється значення температур поверхня об'єкта.

Теплопровідність — здатність речовини переносити теплову енергію, а також кількісна оцінка цієї здатності: фізична величина, що характеризує інтенсивність теплообміну в речовині, яка дорівнює відношенню густини теплового потоку до градієнта температури. Явище теплопровідності полягає в тому, що кінетична енергія атомів й молекул, яка визначає температуру тіла, передається атомам і молекулам у тих областях тіла, де температура нижча.

Найбільшу теплопровідність мають речовини, в яких тепло переноситься вільними електронами, що зумовлено їхньою малою масою. Саме тому теплопровідність металів зазвичай висока. В нагрітій області речовини є більше електронів із високою енергією, вони легко мігрують в холодніші області, й втрачають там енергію, розсіюючись на коливаннях кристалічної ґратки.

У структурно однорідних тілах розповсюдження тепла шляхом теплопровідності (тепловий градієнт) відбувається рівномірно у всі сторони від найгарячішої точки (рис. 1), у випадку коли тіло має структурні неоднорідності або пошкодження (наприклад тріщину), виникає помітна “ступінчастість” теплового градієнта (рис. 2), що помітна на термограмах, отриманих під час проведення тепловізійного обстеження.

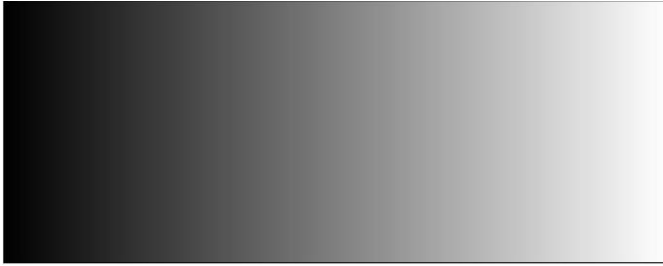


Рис. 1. Тепловий градієнт однорідної металевої пластини

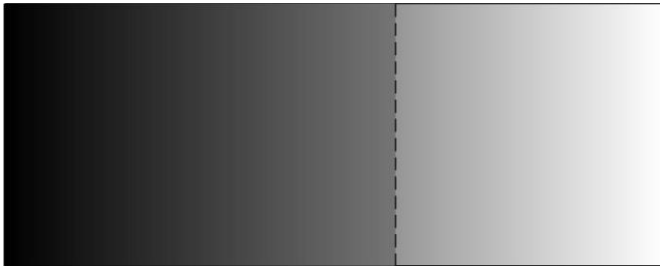


Рис. 2. Тепловий градієнт однорідної металевої пластини з тріщиноподібним дефектом

Також АТНК можна розподілити на контроль під час нагрівання, та контроль під час охолодження. АТНК під час нагрівання доцільно використовувати для виявлення ділянок неоднорідності в переважно однорідних тілах, АТНК під час охолодження дозволяє виявити чужорідні включення (наприклад ділянки корозійного ураження, коли замість металу присутній його оксид), виконувати контроль зварних з'єднань оскільки матеріал зварного шва відрізняється від матеріалу конструкції він охолоджується з іншою (відносно матеріалу конструкції) швидкістю.

Завданням дослідження є експериментальне визначення можливості та ефективності використання АТНК для пошуку та ідентифікації візуально невизначених тріщин у сталевих конструкціях

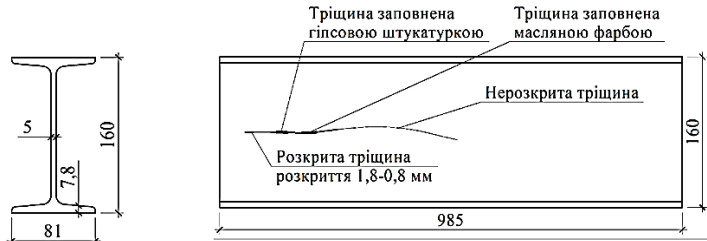
Методи дослідження. У якості вимірювальних приладів для проведення експерименту використовувалися тепловізори FLIR C2 із роздільною здатністю матриці ІЧ-зображення (термічного зображення) 80x60 пікселів та FLIR E8 із роздільною здатністю матриці ІЧ-зображення 320x240 пікселів, інфрачервоний термогігрометр, люксметр.

Задачі експериментальних досліджень включали:

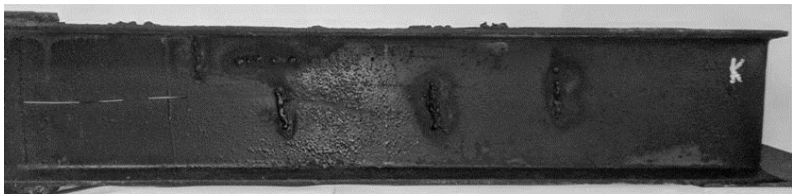
1. Вивчення можливостей принципового застосування термографічного способу контролю для обстеження сталевих конструкцій.
2. Пошук вирішення можливих проблем роботи із приладами.
3. Розробка методики виконання робіт при проведенні обстеження способом термографічного контролю з урахуванням реального стану конструкцій.

Для проведення експерименту у якості об'єктів дослідження було використано зразки металевих конструкцій та їх частин на яких було імітовано тріщину що пододала 60-80% товщини металу та розриви металу, далі приведено опис зразків що досліджувалися.

Зразок № 1 – балка сталевая двотаврова №16, імітація тріщини що переходить у розрив з розкриттям 0,8-1,8 мм, розрив заповнений фарбою та гіпсовою штукатуркою, ділянки уражені корозією (рис. 3).



а) Схематичне зображення зразка 1



б) Загальний вигляд зразка № 1

Рис. 3. Зразок 1

Зразок № 2 – Труба сталевая, товщина 4 мм, діаметр 103 мм, імітація розриву з розкриттям 0,2-3,0 мм (рис. 4).

Зразок № 3 – Балка сталевая коробчастого перетину 80x80 мм, товщина стінки 3 мм, імітація розриву з розкриттям 0,3-1,0 мм (рис. 5)

Зразок № 4 – Сталевий лист товщиною 5 мм, імітація тріщин що переходять у розриви з розкриттям до 1,5 мм (рис. 6).

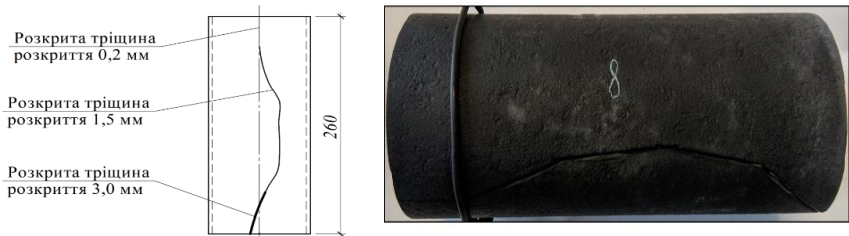


Рис. 4. Схематичне зображення та загальний вигляд зразка № 2

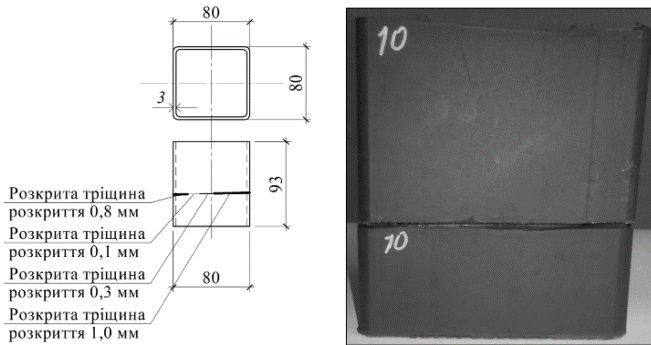


Рис. 5. Схематичне зображення та загальний вигляд зразка № 3

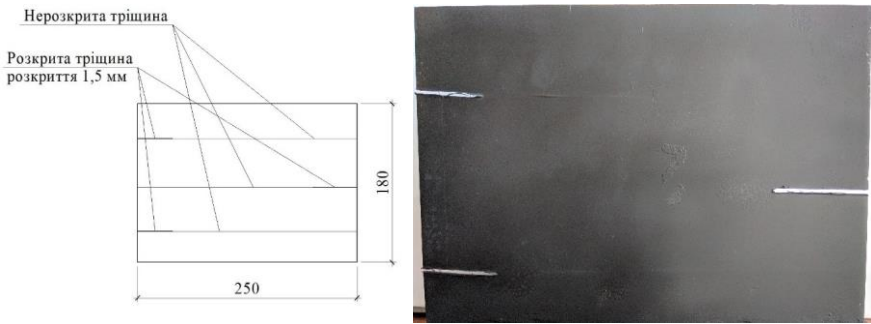


Рис. 6. Схематичне зображення та загальний вигляд зразка № 4

Методика проведення досліджень включала наступні основні операції:

1. Огляд та попередня оцінка зразків металевих конструкцій, що мають дефекти та пошкодження, визначення яких візуальним методом ускладнене або неможливе.
2. Визначення кліматичних параметрів зони проведення дослідження (температура, відносна вологість, природня освітленість).
3. Нагрів зразків до температури $\approx 100^{\circ}\text{C}$.
4. Сканування та запис термограм на інфрачервоні камери Flir C2 та Flir E8 при природному охолодженні зразків до температури $\approx 50^{\circ}\text{C}$.
5. Обробка даних з термограм за допомогою програмного комплексу Flir Tools.
6. Порівняння даних, отриманих за допомогою інфрачервоних камер Flir C2 та Flir E8.
7. Визначення місць пошкоджень на термограмах із формуванням зразків термограм.

Нагрів досліджуваного зразку виконувався різними шляхами: конвективний нагрів, нагрів випроміненням, контактний нагрів.

Основна частина. В результаті проведення експерименту було підтверджено що термографічний спосіб контролю може бути використаний під час обстеження сталевих конструкцій для якісного оцінювання наявності прихованих дефектів та пошкоджень. На рис. 7 показано компіляцію цифрового та інфрачервоного зображення ділянки двотаврової сталеві балки товщиною 6мм, на інфрачервоному зображенні видно приховану тріщину, вона виглядає як різка зміна теплового поля.



Рис. 7. Компіляція цифрового та інфрачервоного зображення досліджуваного зразку №1

На рис. 8 показано цифрове (а) та інфрачервоне (б) зображення зразка № 5, так-само приховані тріщини виглядають як різкі зміни теплового поля.

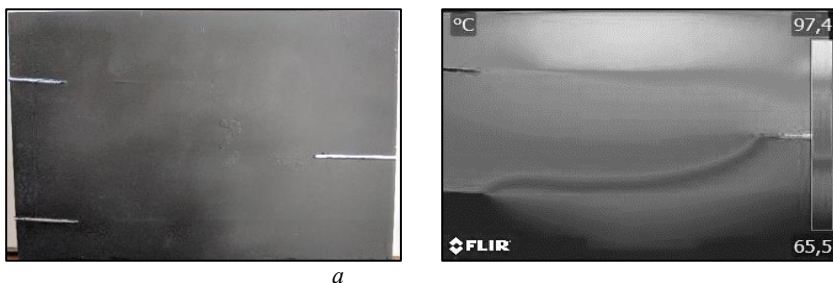
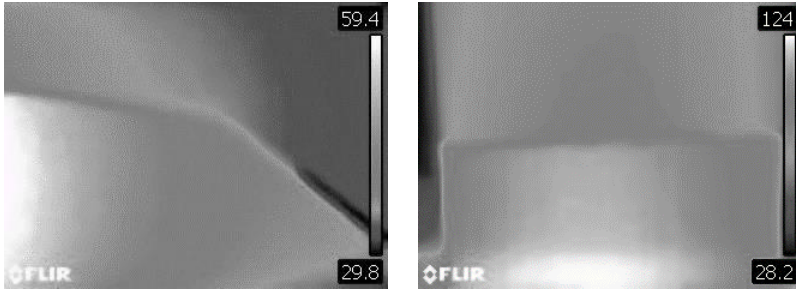


Рис. 8. Цифрове (а) та інфрачервоне (б) зображення зразка № 5

На рис. 9 зображено інфрачервоні зображення зразків 2 і 3 на них видно що ділянки металу що розділені розривами різко відрізняються за поверхневою температурою, на інфрачервоному зображенні зразка 2 (рис. 9 а) видно перехід тріщини в розрив.

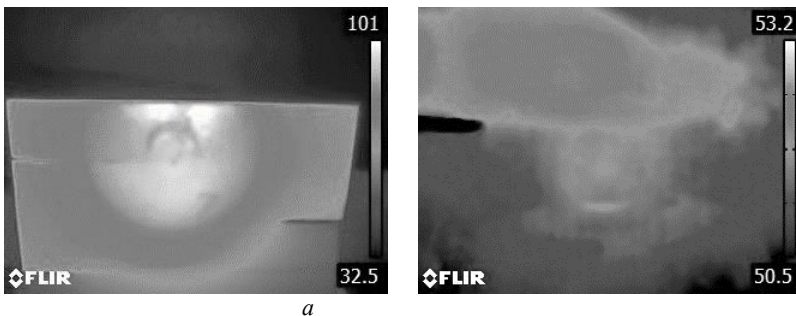


а
б
Рис. 9. Інфрачервоні зображення зразків 2 (а) та 3 (б)

Таким чином для отримання достовірних даних при використанні методу активної термографії необхідно враховувати наступні параметри:

- температура повітря навколишнього середовища;
- вологість повітря;
- кут нахилу оптичної осі вимірювального приладу до поверхні досліджуваного об'єкта;
- природна освітленість об'єкта дослідження;
- наявність в полі зору тепловізора високотемпературних об'єктів.

Значною мірою на якість термограм впливає ступінь блиску поверхні досліджуваного об'єкта. Властивий металевим конструкціям високий ступінь блиску може суттєво впливати на достовірність отриманих даних, на Рис. 10 приведено приклади термограм на яких видно вплив блиску досліджуваних зразків.



а
б
Рис. 10. Приклади термограм з відображеннями джерела інфрачервоного випромінювання (а) і оператора та об'єктива інфрачервоної камери (б)

Для зниження ступеню блиску поверхню досліджуваного об'єкту необхідне нанесення спеціального покриття з високим коефіцієнтом випромінення.

Висновки. Метод теплового контролю не потребує високоточного інфрачервоного обладнання. Під час проведення експерименту не було знайдено принципової різниці застосування тепловізорів із різними типами ІЧ матриць. При використанні більш точного Flir E8 теплограма мала чіткіше визначення температури поверхні, порівняно із Flir C2. Ця особливість може стати у нагоді для кількісного визначення дефектів – наприклад, глибини та розмірів тріщини під шаром фарби, але принципово, для якісного знаходження дефектів та пошкоджень, використання більш точного обладнання не є обов'язковою умовою.

Оптимальним методом нагріву виявився контактний нагрів оскільки він дозволяє точно локалізувати зону нагріву зразка.

На достовірність результатів теплового контролю значною мірою може впливати ступінь блиску поверхні досліджуваної конструкції.

Із вищезазначених даних випливає те, що використання теплового неруйнівного способу контролю значно збільшує імовірність знаходження місць розташування небезпечних прихованих дефектів та пошкоджень та підвищує якість результатів проведення обстеження технічного стану металевих конструкцій.

Список літератури:

1. Thoft-Christensen, P. (2001). Risk Analysis in Civil Engineering. Aalborg: Dept. of Building Technology and Structural Engineering. Structural Reliability Theory, No. 224, Vol. R0163. – p.24.
2. Eurocode 3: ENV 1993-1-1, Design of Steel Structures, Part 1.1: General rules and rules for the buildings. CEN, Brussels, 2005.
3. A. Killey, J. P. Sargent, “Analysis of thermal nondestructive testing”, 22(1):216, 2000.
4. Beate Oswald-Tranta, Paul O'Leary, “Fusion of geometric and thermographic data for automated defect detection”, April 2012, Journal of Electronic Imaging 21(2):1108.
5. S.E. Burrows, S. Dixon, Simon Gideon Pickering, Teng Li, D.P. Almond, “Thermographic detection of surface breaking defects using a scanning laser source”, November 2011, NDT & E International 44(7):589-596.
6. European Standart EN 16714-1 Non-destructive testing – Thermographic testing – Part 1: General principles.
7. Котельников В. В. Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук «Разработка методики теплового контроля и диагностики технического состояния металлоконструкций мостовых кранов». МГУ ім Н. С. Баумана. Москва, 2009. С. 35.
8. M. Belkacemi, C. Stolz, A. Mathieu, G. Lemaître, J. Massich, O. Aubreton, “Nondestructive testing based on scanning-from-heating approach: Application to nonthrough defect detection and fiber orientation assessment”, Journal of Electronic Imaging, 24(6):061112, 2015.
9. Патент України на корисну модель № 117575 від 26.06.2017.Спосіб безконтактної дефектоскопії металевих конструкцій. Колесніченко С.В., Шарабарін О.Г., Точонов І.В., Ковтун С.В., Мнацаканян К.Б., Путілін С.В., Попаденко А.О.
10. Патент України № 125968. Спосіб безконтактної дефектоскопії металевих конструкцій. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні

моделі 25.05.2018. // Кравець В.А., Колесніченко С.В., Точонов І.В., Мнацакян К.Б., Шарабарін О.Г., Гололобов Б.Д., Попаденко А.О.

References:

1. Thoft-Christensen, P. (2001). Risk Analysis in Civil Engineering. *Aalborg: Dept. of Building Technology and Structural Engineering. Structural Reliability Theory*, No. 224, Vol. R0163. Pp. 24.
2. Eurocode 3: ENV 1993-1-1, Design of Steel Structures, Part 1.1: General rules and rules for the buildings. CEN, Brussels, 2005.
3. Killey, A., Sargent, J.P. (2000). "Analysis of thermal nondestructive testing", 22(1):216.
4. Beate Oswald-Tranta, Paul O'Leary, "Fusion of geometric and thermographic data for automated defect detection", April 2012, *Journal of Electronic Imaging* 21(2):1108.
5. Burrows, S.E., Dixon S., Pickering, Simon Gideon, Teng Li, Almond, D.P. (2011). "Thermographic detection of surface breaking defects using a scanning laser source", *NDT & E International* 44(7):589-596.
6. European Standard EN 16714-1 Non-destructive testing – Thermographic testing – Part 1: General principles.
7. Kotelnikov, V.V. (2009). *Razrabotka metody teplovoho kontrolya y dyagnostyky tekhnicheskoho sostoyaniya metallokonstruktsyy mostovykh kranov*. [Development of a technique of thermal control and diagnostics of a technical condition of a metalwork of bridge cranes]. Ph.D. Thesis: Bauman Moscow State University. Moscow.
8. Belkacemi, M., Stolz, C., Mathieu, A., Lemaître, G., Massich, J., Aubreton, O. (2015). "Nondestructive testing based on scanning-from-heating approach: Application to nonthrough defect detection and fiber orientation assessment", *Journal of Electronic Imaging*, 24(6):061112.
9. Kolesnichenko, S.V., Sharabarin, O.H., Tochonov, I.V., Kovtun, S.V., Mnatsakanyan, K.B., Putilin, S.V., Popadenko, A.O. (2017). Patent Ukrayiny na korynsnu model' No 117575. Sposib bezkontaktnoyi defektoskopiyi metalevykh konstruktsiy.
10. Kravets', V.A., Kolesnichenko, S.V., Tochonov, I.V., Mnatsakanyan, K.B., Sharabarin, O.H., Hololobov, B.D., Popadenko, A.O. (2018). Patent Ukrayiny No 125968. Sposib bezkontaktnoyi defektoskopiyi metalevykh konstruktsiy.

А.А. Попаденко, С.В. Колесниченко

Экспериментальное исследование термографическими контроля для выявления трещин в стальных конструкциях

В статье приведены результаты исследования возможности использования термографического неразрушающего контроля для поиска трещин в стальных конструкциях. Основой неразрушающего теплового контроля является регистрация изменений теплового поля, возникающего при возбуждении термодинамического равновесия объекта с окружающей средой, которое появляется на поверхности, и характер которого позволяет получить необходимую информацию. Метод теплового контроля базируется на взаимодействии теплового поля объекта с термодинамическими чувствительными элементами (термопара, фотоприемник, жидкокристаллический элемент, болометр), превращающих параметры поля

(интенсивность, температурный градиент, контрастность, лучезарность) в электрический сигнал регистрирующего устройства. Описан эксперимент доказывающий возможность применения теплового неразрушающего контроля для выявления трещины в стальных конструкциях. В качестве измерительных приборов для проведения эксперимента использовались тепловизоры с различной разрешающей способностью матрицы ИК-изображения (термического изображения), инфракрасный термогигрометр, люксметр. Указанные проблемы, возникающие при использовании способа теплового неразрушающего контроля и возможные способы их решения. Авторы делают выводы о том, что способ термографического контроля может быть использован при обследовании стальных конструкций для качественной оценки наличия трещин.

Ключевые слова: *стальные конструкции, трещина, термография, инфракрасная камера, неразрушающий контроль.*

S. Kolesnichenko, A. Popadenko

Experimental research of thermographic control for detection of cracks in steel structures

The paper presents the results of experimental research of the possibility of using thermographic non-destructive testing for the search of cracks in steel structures. The basis of non-destructive thermal control is the registration of changes in the thermal field that occurs in the case of disturbance of the thermodynamic equilibrium of object with an environment that appears on the surface, and parameters of which allows to obtain the necessary information. The thermal control method is based on the interaction of the thermal field of object with thermodynamically sensitive elements (thermocouple, photodetector, liquid crystal element, bolometer) that convert the field parameters (intensity, temperature gradient, contrast, variability) into the electrical signal of the recording device. An experiment is described which proves the possibility of using thermal nondestructive testing for the detection of cracks in steel structures. As measuring instruments for the experiment were used thermal imagers with different resolution of the matrix of the IR image (thermal image), infrared thermohygrometer, luxmeter. The problems encountered during the use of thermal non-destructive testing and possible solutions are indicated. The authors conclude that the thermographic control method can be used in the examination of steel structures for the qualitative assessment of cracks.

Keywords: *steel structures, crack, thermography, infrared camera, non-destructive testing.*

Посилання на статтю

APA: Kolesnichenko, S. & Popadenko, A. (2020). Experience and scientific research to substantiate the performance of work in construction. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 80-90.

ДСТУ: Попаденко А.О. Експериментальне дослідження термографічного контролю для виявлення тріщин у сталевих конструкціях [Текст] / А.О. Попаденко, С.В. Колесніченко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 80-90.

УДК 621.87:338.517.2

В.С. Добровольський,

студент

ORCID: 0000-0001-9406-204X

С.В. Матвієвський,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-5458-3764

Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БАШТОВИХ КРАНІВ У БУДІВНИЦТВІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ

Серед публікацій і досліджень, присвячених експлуатації баштових кранів та засобів механізації, проблема їх раціонального вибору та техніко-економічного аналізу експлуатації розкрита недостатньо повно. На основі проведеного комплексного дослідження баштових кранів українського та іноземного виробництва, порівняння технічних характеристик, ринкової вартості експлуатації та встановлених зв'язків між цими параметрами, були розроблені рекомендації щодо раціонального застосування кранів в залежності від умов будівництва. У роботі використовуються методи емпіричного та теоретичного дослідження. Матеріали дослідження отримано шляхом спостереження, вимірювання та вільного інтерв'ю. Отримана інформація та гіпотези авторів проаналізовані і сформовані у вигляді графічної моделі. Для дослідження було обрано моделі КБ-674(676) та Liebherr 280 EC-H12 Litronic. По даним технічного паспорту крану КБ-674(676) в характеристиках виявилось недостатньо інформації для прямого порівняння з аналогічними в Liebherr 280 EC-H12. У зв'язку з цим проведено спостереження за роботою крану КБ-674, що знаходиться на будівельному майданчику ЖК «Одеський бульвар», с. Новосілки. За результатами спостереження було виявлено залежність швидкості роботи крану від маси вантажу.

Вартість експлуатації баштових кранів прямо залежить від часу їх використання та умов їх експлуатації. Параметри баштових кранів, такі як їх висота, «ступінь новизни» та ін., прийматимемо однаковими для обох моделей. Базуючись на отриманих даних, складено спрощені формули розрахунку вартості експлуатації КБ-674 та Liebherr 280EC-H 12. За допомогою програмного комплексу Microsoft Excel, отримано результати розрахунку в табличній і графічній формах. В результаті нашого дослідження встановлено, що використання баштових кранів КБ-674(676) доцільно переважно при крупнопанельному будівництві будинків висотою не більше 80 м та на час робіт не більше 2,5 роки. Модель крану КБ-674 потребує подальшої модернізації експлуатаційних характеристик, адже різниця у складності завдань, для яких він був створений, і потребами сучасного будівництва поступово збільшується.

Ключові слова: баштовий кран, висотне будівництво, вибір засобів механізації, техніко-економічний аналіз, ефективність експлуатації.

Вступ. Висотне будівництво – один з найрозповсюдженіших і найактуальніших видів будівництва, який є сьогодні тенденцією більшості світових мегаполісів та чіткою ознакою розвитку цивілізованих країн [7].

У зв'язку із зростанням вартості і зменшення кількості дільниць під забудову в межах міста, виникає потреба підвищення поверховості новобудов [1]. Як наслідок, виникає потреба в раціональному виборі засобів механізації для організації будівельного виробництва [8, 10]. І тут, у випадку висотного будівництва, неможливо оминати питання комплектації будівельного майданчика баштовими кранами та техніко-економічного порівняння експлуатації наявного парку моделей.

В радянські часи парк баштових кранів складався винятково із вітчизняної продукції. З тих пір і до сьогодні, залишається актуальною модель КБ-674 та його модифікації, особливо КБ-676. Сконструйований у 1960 році та досі присутній в продуктовому ряді Нікопольського кранобудівного заводу, цей механізм широко використовується у сучасному будівництві в країнах колишнього СРСР. І не дарма, адже КБ-674 підіймає вантажі 12,5 т. на висоту до 71 м., а версія КБ-676 – до 83 м.

Проте, за останні 10-15 років цей ринок заповнили моделі іноземного виробництва. Лідерські позиції сьогодні займають європейські та китайські компанії – Liebherr, Jaso, Potain, Zoomlion [3]. Вони значно випереджують в технологічності та якісних показниках «нашого» виробника. Але реальна ціна такого «апгрейду» залишається невідомою, адже ціни на баштові крани встановлюють самі виробники і, як правило, ситуаційно. Через це не завжди зрозуміло, варто збільшувати інтенсивність капітальних вкладень для використання імпоротної техніки чи це лише призведе до зайвих витрат?

Аналіз досліджень і публікацій. Серед публікацій і досліджень, присвячених експлуатації баштових кранів та засобів механізації, проблема їх раціонального вибору та техніко-економічного аналізу експлуатації розкрита недостатньо повно. Закордонні дослідники присвячують увагу в своїх роботах темам концептуального та технологічного характеру (VR-технології, дистанційне керування і т. д.), переважно, а на теренах країн колишнього радянського союзу взагалі робіт присвячених дослідженню питань ефективної експлуатації існуючого парку будь-якого виду будівельної техніки бракує [7, 8, 9].

Постановка завдання. Провести комплексне дослідження баштових кранів українського та іноземного будівництва, порівняти технічні характеристики, ринкову вартість експлуатації кранів (станом на лютий 2020 р.), дослідити залежність цих параметрів від умов будівництва та створити універсальну модель, яка б відображала у собі результати проаналізованих даних, демонструвала різницю порівнюваних варіантів та вказувала найраціональніший вибір в різних умовах будівництва.

Методи досліджень. У роботі використовуються методи емпіричного та теоретичного дослідження. Матеріали дослідження отримано шляхом спостереження, вимірювання та вільного інтерв'ю. Отримана інформація та гіпотези авторів були проаналізовані, сформовані у вигляді формул та відображені у графічній моделі.

Основна частина. Для дослідження було обрано моделі кранів КБ-674(676) та Liebherr 280 EC-H12 Litronic. Кран нікопольського виробництва є досить універсальним та, через те, популярним. Вибір моделі німецького крану

обґрунтований його показниками вильоту стріли та вантажопідйомності, адже вони практично співпадають із такими у КБ-674(676) (див. рис. 1. та рис. 2).

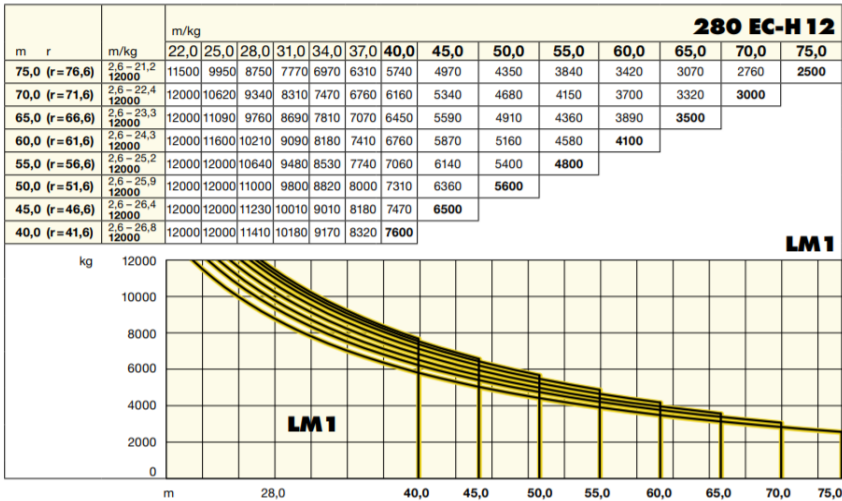


Рис. 1. Графік вантажопідйомності Liebherr 280 EC-N12 Litronic [4]

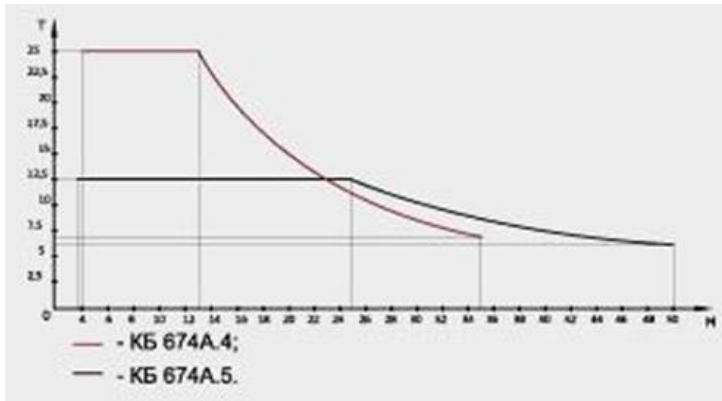


Рис. 2. Графік вантажопідйомності КБ-674(676) [5]

З усієї інформації, яка доступна в технічних характеристиках моделей, принципово відрізняється швидкість роботи кранів, підйому/опускання вантажів. По даним технічного паспорту крану КБ-674(676) в характеристиках виявилось недостатньо інформації для прямого порівняння з аналогічними в Liebherr 280 EC-N12 [5]. Німецький виробник дає зрозуміти швидкість підйому/опускання у вигляді графіку [4]. У зв'язку з цим було проведено спостереження за роботою крану, що знаходиться на будівельному майданчику ЖК «Одеський бульвар»,

с. Новосілки. За результатами спостереження було виявлено, що швидкість роботи крану залежить від маси вантажу. Результати спостереження занесено до табл. 1.

Таблиця 1

Залежність швидкості від маси вантажу (авторська розробка)

Маса вантажу, кг	800	1400	2400	2600	3150	3700	3900	4250	4800	5300	5600	5850	6500	6950	7600	8000
Шв.№1, м/хв	92	82	66	60	55	48	47	44	41	40	35	35	33	32	28	28
Шв.№2, м/хв	94	85	63	63	52	49	46	44	42	38	40	33	35	31	31	27
Шв.№3, м/хв	95	84	64	59	53	45	48	45	41	39	37	36	33	32	29	28

Маючи результати замірів, порівняємо швидкість Liebherr з КБ [4, 5].

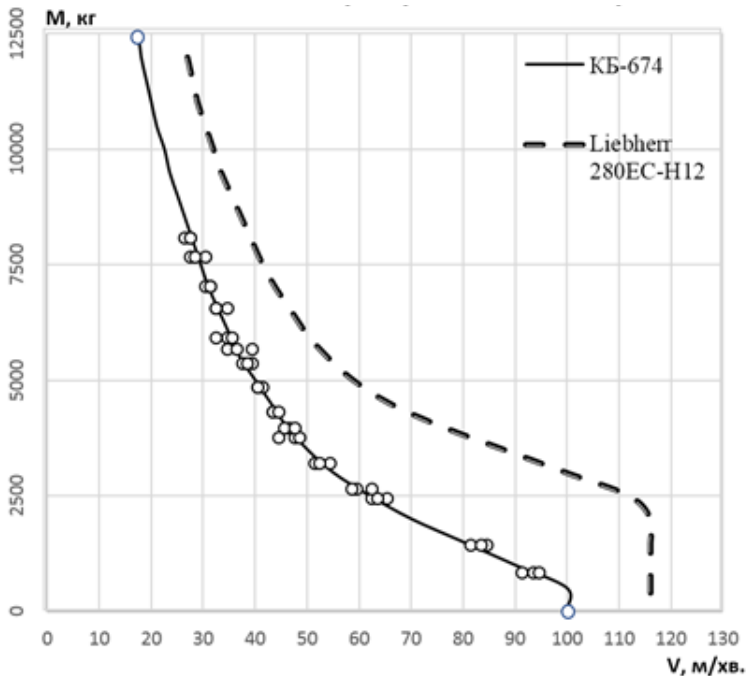


Рис. 3. Залежності швидкості від маси вантажу (авторська розробка) [4, 5]

Як відомо, велике значення у роботі крану має технологія, за якою зводиться будівля. На сьогоднішній день в українській масовій забудові переважає

монолітно-каркасне будівництво, а також крупнопанельне будівництво. Принциповою різницею між цими двома варіантами, з точки зору організації роботи крану, є маса вантажу, з якою він працює. Залізобетонні панелі в середньому важать приблизно в 2 рази більше, ніж типовий вантаж монолітно-каркасних будівель [3, 9]. На основі цього та отриманого графіку, ми можемо зробити висновок, що відносна різниця в швидкості роботи кранів буде змінюватись залежно від типу будівництва. Порівняння винесемо у табл. 2.

Таблиця 2

Відносна різниця в швидкості роботи кранів (авторська розробка)[4][5]

Монолітно-каркасне буд.				Крупнопанельне буд.			
Маса, кг	Шв. КБ, м/хв	Шв. Liebherr, м/хв	+ Δt , %	Маса, кг	Шв. КБ, м/хв	Шв. Liebherr, м/хв	+ Δt , %
5000	40.00	59	47.5	9000	25.00	35.5	42.0
4500	43.00	66	53.5	8500	26.50	37.5	41.5
4000	46.00	76	65.2	8000	28.00	39.5	41.1
3500	50.00	88	76.0	7500	29.50	41.5	40.7
3000	55.00	100	81.8	7000	31.00	44	41.9
2500	62.00	112	80.6	6500	33.00	47	42.4
2000	70.00	116	65.7	6000	35.00	50	42.9
сеп. %			67.2	сеп. %			41.8

Отримані результати говорять про те, що імпорتنі крани мають перевагу в обох випадках та однаковий обсяг роботи з КБ виконуватимуть швидше, проте ця швидкість відрізнятись залежно від поставленої задачі.

Вартість експлуатації баштових кранів прямо залежить від того, скільки часу ми їх використовуємо і що необхідно для їх роботи, та це питання комплексне і на поверхні воно не лежить. Вартість баштового крану залежить від таких показників, як його висота, новий чи б/в, відстань та умови транспортування, вартість монтажу і т. д.. Якщо кран купується б/в, то також додаються параметри втрати металу, року випуску, перевантажень і т. п., а якщо новий, то можлива ситуація потреби у спец. проект, що також збільшить витрати на кран [2]. Тому у нашому розрахунку фігуруватимуть числа, що основані на пропозиціях ринку б/в, середній вартості послуг профільних організацій та спеціалістів. Для певності нашого дослідження, питання ціноутворення було обговорено з фахівцями компанії «Liebherr» та «НКЗ», які залюбки поділилися деякою інформацією щодо ринку будівельної техніки. Параметри баштового крану, такі як їх висота, «ступінь новизни» та ін., прийматимемо однаковими для обох моделей. Варто позначити, що базова висота кранів на ринку складає 52 м, а крани Liebherr не потребують спеціального проекту при своїй висоті до 189 м, а КБ-674 та 676 – потребують після відмітки 83 м [6]. Вартість, станом на лютий 2020, приблизно наступна:

1) Вартість купівлі:

КБ-674 – 100000 \$ (до 83 м); 150000 \$ (83 м та вище); Liebherr 280EC-H 12 – 250000\$;

2) Вартість оренди:

КБ-674 – 2000 \$/міс. (до 83 м); Liebherr 280ЕС-Н 12 – 8000\$/міс.;

3) Вартість роботи кранівника та монтажників: 4000 \$/міс.;

4) Вартість обслуговування крану: приблизно однакова – 1000 \$/міс.;

5) Підвищення вартості крану при нарощенні (в середньому):

КБ-674 – 16000\$/10 м.(до 83 м); 19000 \$/10 м.:(83 м та вище); Liebherr 280ЕС-Н 12 – 22000 \$/10 м.;

6) Підвищення вартості оренди нарощеного крану:

КБ-674 – 400\$/(10м.*міс) (до 83 м); Liebherr 280ЕС-Н 12 – 600\$/(10м.*міс)

Для складання спрощеної формули розрахунку вартості експлуатації кранів, передбачимо в ній порівняння вартості оренди та покупки крану та вибір найвигіднішого варіанту.

При перепродажу вартості кранів та їх секцій будуть нижчі за початкові, а сам процес принесе нам додаткові витрати. Тож, визначимо наші витрати при такому варіанті:

1. Вартість купівлі :

КБ-674 – 40000 \$ (до 83 м); 60000 \$ (83 м та вище); Liebherr 280ЕС-Н 12 – 100000\$;

2. Підвищення вартості крану при нарощенні (в середньому):

КБ-674 – 5000\$/10 м.(до 83 м); 8000 \$/10 м.:(83 м та вище); Liebherr 280ЕС-Н 12 – 6000 \$/10 м.;

Базуючись на отриманих даних, складемо спрощені формули розрахунку вартості КБ-674 та Liebherr 280ЕС-Н 12:

$$P_{KB} = \begin{cases} \min ((2+4+1+(H-52)/10*0.4)*T_1; 40+(H-52)*5/10+ (4+1)*T_1), \text{ при } H < 83 \text{ м} \\ 60+(H-52)*8/10+ (4+1)*T_1, \text{ при } H \geq 83 \text{ м} \end{cases}$$

$$P_{LB} = \min ((8+4+1+(H-52)/10*0.6)*T_2; 100+(H-52)*6/10+ (4+1)*T_2) , \text{ при цьому}$$

P_{KB} – вартість експлуатації КБ-674 (676), тис. дол.;

P_{LB} – вартість експлуатації Liebherr 280ЕС-Н 12, тис. дол.;

H – необхідна для роботи висота крану;

T_1 – тривалість роботи КБ-674(676) на об'єкті;

T_2 – тривалість роботи Liebherr 280ЕС-Н 12 на об'єкті.

При монолітно-каркасному буд., $T_2 = T_1/1,672$, а крупнопанельн. - $T_2=T_1/1,418$.

За допомогою програмного комплексу Microsoft Excel, отримуємо результати розрахунку в табличній і графічній формах. Відмітимо в таблиці поля тих випадків, коли імпортований баштовий кран має перевагу.

Таблиця 3

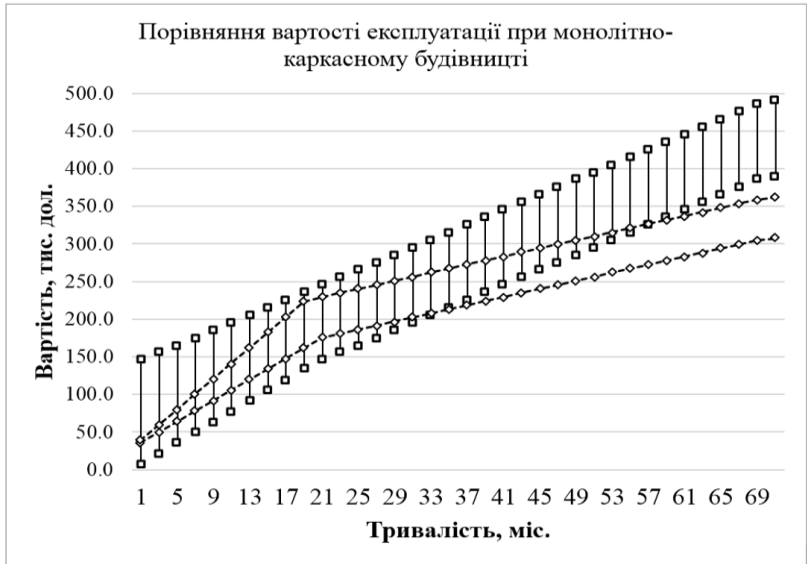
Вартість експлуатації кранів в залежності від часу та висоти

КБ-674(676) $T_1 \rightarrow$											
H↓	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66
50	42	84	126	160	190	220	250	280	310	340	370
70	46.8	93.6	140	170	200	230	260	290	320	350	380
90	122	152	182	212	242	272	302	332	362	392	422
110	138	168	198	228	258	288	318	348	378	408	438
130	154	184	214	244	274	304	334	364	394	424	454
150	170	200	230	260	290	320	350	380	410	440	470
Liebherr, при моноліт.-карк. буд. $T_2 \rightarrow$											
H↓	3.6	7.2	10.8	14.4	17.9	21.5	25.1	28.7	32.3	35.9	39.5
50	46.7	93.3	140	171.8	189.7	207.7	225.6	243.5	261.5	279.4	297.4
70	51	101.9	152.9	183.8	201.7	219.7	237.6	255.5	273.5	291.4	309.4
90	55.3	110.5	165.8	195.8	213.7	231.7	249.6	267.5	285.5	303.4	321.4
110	59.6	119.1	178.7	207.8	225.7	243.7	261.6	279.5	297.5	315.4	333.4
130	63.9	127.8	191.6	219.8	237.7	255.7	273.6	291.5	309.5	327.4	345.4
150	68.2	136.4	204.5	231.8	249.7	267.7	285.6	303.5	321.5	339.4	357.4
Liebherr, при крупнопан. буд. $T_2 \rightarrow$											
H↓	4.2	8.5	12.7	16.9	21.2	25.4	29.6	33.9	38.1	42.3	46.5
50	55	110	163.5	184.6	205.8	226.9	248.1	269.3	290.4	311.6	332.7
70	60.1	120.2	175.5	196.6	217.8	238.9	260.1	281.3	302.4	323.6	344.7
90	65.2	130.3	187.5	208.6	229.8	250.9	272.1	293.3	314.4	335.6	356.7
110	70.2	140.5	199.5	220.6	241.8	262.9	284.1	305.3	326.4	347.6	368.7
130	75.3	150.6	211.5	232.6	253.8	274.9	296.1	317.3	338.4	359.6	380.7
150	80.4	160.8	223.5	244.6	265.8	286.9	308.1	329.3	350.4	371.6	392.7

Джерело: авторська розробка.

Висновки. В результаті нашого дослідження було виявлено, що використання баштових кранів КБ-674(676) доцільно переважно при крупнопанельному будівництві будинків висотою не більше 80 м та на час робіт не більше 2,5 років. В інших випадках, ту саму роботу зробить швидше і дешевше Liebherr 280EC-H 12.

Аналізуючи результати розрахунку, можна дійти висновку, що модель крану КБ-674 потребує подальшої модернізації експлуатаційних характеристик. Баштовий кран, який розроблений 60 років тому, сьогодні з труднощами витримує конкуренцію з «іноземцями», адже відрив складності між задачами, для яких він був створений, і потребами сучасного будівництва все збільшується.



KB-674 – - Н = 150 м
 - Н = 50 м ; Liebherr 280EC-H12 – - Н = 150 м
 - Н = 50 м

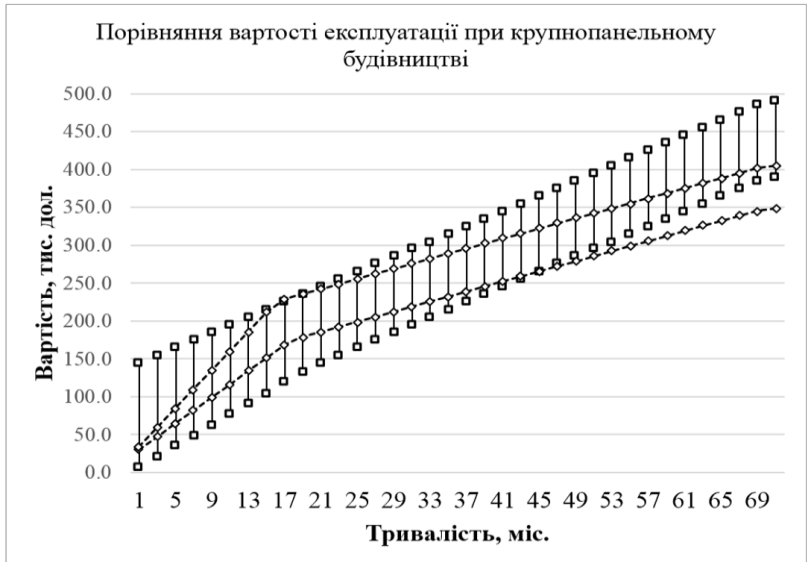


Рис. 4, 5. Вартість експлуатації кранів в залежності від часу та висоти при монолітно-каркасному та крупнопанельному буд. (Джерело: авторська розробка)

В подальших дослідженнях необхідно звернути увагу на достовірність вихідних даних для обґрунтування ефективності обраних варіантів механізації робіт. Збираючи все більше інформації, стане можливим створення системи подібних аналітично-розрахункових модулів, що будуть поєднані між собою та включатимуть у свій розрахунок значно більше факторів. Отримана система зможе миттєво аналізувати прийняті рішення, порівнювати їх між собою і навіть пропонувати свої, користуючись такими інструментами, як «Пошук рішень» в Microsoft Excel, наприклад.

Список літератури:

1. Висотні будівлі. Основні положення: ДБН В.2.2-41:2019. – [Чинний від 2020-01-01]. – Київ: Мінрегіон України, 2019. – С. 1-37.
2. Правила визначення вартості будівництва: ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – с. 9-50 (Національний стандарт України).
3. Ловейкін В.С. Оптимізація режиму зміни вильоту і підйому вантажу баштового крана: монографія. / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Шумілов Г.В.– Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2013. – С. 5-21.
4. Характеристики вироблюваної будівельної техніки [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Біберах-ан-дер-Піс: Liebherr-International Deutschland GmbH, 1998-2020. – Режим доступу: www.liebherr.com/ (дата звернення 20.02.2020) – Назва з екрана.
5. Баштовий кран КБ-674 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ: БООКП, 2001-2013. – Режим доступу: <http://kranplus.com.ua/> (дата звернення 20.02.2020) – Назва з екрана.
6. Сервіс оцінки будівельних машин LECTURA Analytics [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Нюрнберг : LECTURA GmbH Verlag, 1984-2019. – Режим доступу: <https://lectura-analytics.com> (дата звернення 20.02.2020). – Назва з екрана.
7. Паркер М. Tower Cranes and Organization Studies / Паркер М.// Organization Studies – 2017. – Вид. 7. – С. 989-1004.
8. From the Point of a Tower Crane Operator's View: Use of an Eye-Tracker in Construction Sites: праці конф. екон. та проект. [“Proceedings of The 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design”]/ Улутас Б. Х., Озкен. Н. Ф. – Сеул: ЕОУ, 2017. – С. 616-617.
9. Ловейкін В. Аналіз динаміки зміни вильоту вантажа баштового крана. / Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Стехно О. В. – Київ: НУПІБУ, 2018 – С.76-82.
10. Амір Т. A Real-time Crane Service Scheduling Decision Support System (css-dss) For Construction Tower Cranes : дис. доктора філ./ Амір Торк. – Орландо, 2013 – С. 105-108.

References:

1. *Visotni budivli. Osnovni polojenia.* [High-rise buildings. Main provisions]. (2019). DBN V.2.2-41:2019. Minregion Ukraine. Kyiv. Ukraine.
2. *Pravila viznachenia vartosti budivnictva.* [Rules for determining the cost of construction]. (2013). DSTU B D.1.1-1:2013. Minregion Ukraine. Kyiv. Ukraine.
3. Loveikin, V.S., Romasevych, Yu.O., Shumilov, H.V. (2013). *Optimizatsiya rezhymu zminy vyl'otu i pidyomu vantazhu bashtovoho kрана.* [Tower crane regimes of lifting and derricking optimization]. NULES of Ukraine. TsP «KOMPRINT».

4. Liebherr-International Deutschland GmbH (1998-2020) “Characteristics of construction machinery”, www.liebherr.com (from 20.02.2020)
5. BOOOKP (2001-2013). “Tower crane KB-674”, <http://kranplus.com.ua/> (from 20.02.2020)
6. LECTURA GmbH Verlag (1984-2019), “LECTURA Analytics”, <https://lectura-analytics.com> (from 20.02.2020)
7. Parker, M. (2017). “Tower Cranes and Organization Studies”, *Organization Studies*, 38(7), 989-1004
8. Berna H. Ulutas, N.Firat Ozkan (2017). “From the Point of a Tower Crane Operator's View: Use of an Eye-Tracker in Construction Sites”, *Proceedings of The 2nd Asian Conference on Ergonomics and Design 2017*, 16, 616-617.
9. Loveikin, V.S., Romasevych, Yu.O., Stekhno, O.V. (2018). “Analysis of dynamics of luffing cargo crane tower”, *NULES of Ukraine, TsP «KOMPRINT»*. 76-82.
10. Tork, Amir (2013). “A Real-time Crane Service Scheduling Decision Support System (css-dss) For Construction Tower Cranes”, *Electronic Theses and Dissertations*. 2799, 105-108.

В.С. Добровольский, С.В. Матвиевский

Эффективность использования башенных кранов в строительстве многоэтажных домов

Среди публикаций и исследований, посвященных эксплуатации башенных кранов и средств механизации, проблема их рационального выбора и технико-экономического анализа эксплуатации раскрыта недостаточно. На основании проведенного комплексного исследования башенных кранов украинского и иностранного производства, сравнения технических характеристик, рыночной стоимости эксплуатации и установленных связей между этими параметрами, были разработаны рекомендации по рациональному применению кранов в зависимости от условий строительства. В работе используются методы эмпирического и теоретического исследования. Материалы исследования получены путем наблюдения, измерения и свободного интервью. Полученная информация и гипотезы авторов проанализированы и сформированы в виде графической модели. Для исследования были выбраны модели KB-674 (676) и Liebherr 280 EC-H12 Litronic. По данным технического паспорта крана KB-674 (676) в характеристиках оказалось недостаточно информации для прямого сравнения с аналогичными в Liebherr 280 EC-H12. В связи с этим проведено наблюдение за работой крана KB-674, что находится на строительной площадке ЖК «Одесский бульвар», с. Новоселки. По результатам наблюдения установлено зависимость скорости работы крана от массы груза.

Стоимость эксплуатации башенных кранов напрямую зависит от времени их использования и условий их эксплуатации. Параметры башенных кранов, такие как их высота, «степень новизны» и др., приняты одинаковыми для обеих моделей. Основываясь на полученных данных, составлены упрощенные формулы расчета стоимости эксплуатации KB-674 и Liebherr 280EC-H 12. С помощью программного комплекса Microsoft Excel, получены результаты расчета в табличной и графической формах. В результате нашего исследования было установлено, что использование башенных кранов KB-674 (676) целесообразно преимущественно при крупнопанельном строительстве зданий высотой не более 80 м и на время работ не более 2,5 лет. Модель крана KB-674 нуждается в дальнейшей модернизации эксплуатационных характеристик, так как разница в

сложности задач, для которых он был создан, и потребностями современного строительства постепенно увеличивается.

Ключевые слова: башенный кран, высотное строительство, выбор средств механизации, технико-экономический анализ, эффективность эксплуатации.

V.S. Dobrovolskyi, S.V. Matvyevskyi

Efficiency of using tower cranes in the construction of multi-storey buildings

Among publications and studies on the exploitation of tower cranes and mechanization, the problem of their rational choice and a techno-economic analysis of the exploitation is not disclosed sufficiently. Based on a comprehensive study of tower cranes of Ukrainian and foreign production, a comparison of technical characteristics, market value of exploitation and established relationships between these parameters, recommendations were developed on the rational use of tower cranes depending on the construction conditions. The work uses empirical and theoretical research methods. The research materials were obtained by observation, measurement and unstructured interview (knowledge transfer interview). The obtained information and hypotheses of the authors were analyzed and formed in the graphic model. For the study, the KB-674 (676) and Liebherr 280 EC-H12 Litronic models were selected. According to the technical passport of the KB-674 (676) tower crane, the specifications did not have enough information for comparison with similar ones in the Liebherr 280 EC-H12. In this regard, the operations of the KB-674 crane located at the construction site of the residential complex "Odessa Boulevard", v. Novoselki were explored and studied. According to the results of the observation, the dependence of the hoist speed on the mass of the load was revealed.

The cost of exploiting tower cranes directly depends on the time of their use and the conditions of their exploitation. The parameters of the tower crane, such as their height, "degree of novelty", etc., are accepted the same for both models. Based on the data obtained, simplified formulas for calculating the cost of exploitation of KB-674 and Liebherr 280 EC-H 12 were compiled. Using the Microsoft Excel software package, we obtain the calculation results in tabular and graphical forms. As a result of our research, it was found that the use of tower cranes KB-674 (676) is advisable mainly for building large-panel type construction with a height of not more than 80 m and for the duration of work no more than 2.5 years. The KB-674 crane model needs further modernization of operational characteristics, because of the gradually growing in complexity of the purposes it was created for and demands of modern construction is growing.

Keywords: tower crane, high-rise construction, choice of mechanization, technical and economic analysis, operational efficiency.

Посилання на статтю

APA: Dobrovolskyi, V.S. & Matvyevskyi, S.V. (2020). Efficiency of using tower cranes in the construction of multi-storey buildings. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 91-101.

ДСТУ: Добровольський В.С. Ефективність використання баштових кранів у будівництві багатоповерхових будинків [Текст] / В.С. Добровольський, С.В. Матвієвський // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 91-101.

УДК 691.32:69.057.1

Г.М. Тонкачєв,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0002-6589-8822

К.В. Носач,
аспірант
ORCID: 0000-0002-4408-4627

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОННОЇ СУМІШІ НА ТЕХНОЛОГІЮ ВЛАШТУВАННЯ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ

У статті виконано аналіз підбору бетонної суміші для влаштування стовпчастого фундаменту під колону каркасної споруди. Залежно від технології влаштування – монолітної, збірної, збірно-монолітної – визначено головні чинники, що впливають на вибір.

Каркасні споруди активно зводять із початку ХХ ст., із розвитком індустріального будівництва. Перевагами каркасних споруд є уніфікованість елементів конструкцій, можливість використання збірних елементів, універсальне планування споруди, її довговічність. За призначенням будівлі можуть бути складськими, заводськими та торговими площами. При зведенні каркасної споруди постає питання не лише у виборі технології влаштування тих чи інших елементів, а й підборі матеріалів, зокрема бетонної суміші.

При влаштуванні каркасних споруд частіше використовують готові елементи конструкцій із збірного залізобетону або металу. Це дозволяє зменшити тривалість будівництва, і, відповідно, зменшити витрати праці та час роботи механізмів. При використанні збірних елементів практично невеличесь погодний вплив на хід будівельних робіт. Залізобетонні та металеві конструкції, що виготовлені в заводських умовах, як правило, відповідають необхідним характеристикам якості.

Що стосується технології влаштування фундаментів, зокрема стовпчастих, то часто постає питання про їх зведення раціональним способом. Вартість конструкцій збірних фундаментів вище ніж монолітних із-за заводських, вантажно-розвантажувальних та транспортних витрат. Але ж, за такою технологією фундаменти монтуються в короткі строки. Технологія влаштування монолітних фундаментів залежить від погодних умов, характеризується підвищеними витратами праці і за тривалістю процесу програв збірному способу.

В умовах водонасичених ґрунтів монолітне бетонування ускладнюється, так як потрібно вживати заходи щодо водовідведення [1]. Існує ще збірно-монолітна технологія влаштування фундаментів, яка дозволяє раціонально застосувати обидві технології. Наприклад, для скорочення термінів та зменшення трудомісткості, можна влаштовувати монолітний фундамент із збірним стаканом, або, при наявній воді у котловані можна використовувати збірну фундаментну плиту та монолітний стакан із модулем фіксатором опалубки [1].

Конструкції стовпчастих фундаментів в залежності від навантаження та ґрунтових умов різняться об'ємом бетону. Іноді об'єм бетону доходить до

десятьків метрів кубічних на один фундамент, тому проблема врахування властивостей бетонної суміші стає актуальною. Насамперед постають питання про підбір складу бетонної суміші та технологію її доставки на об'єкт. Вплив властивостей бетонної суміші розглянуто на прикладі.

Для прикладу враховувалися наступні властивості бетонної суміші: легкоукладальність, від якої залежить трудомісткість вкладання бетонної суміші; доцільність використання спеціальних хімічних добавок, що покращують деякі властивості бетонної суміші; максимально допустимий розмір фракції; жорсткість бетонної суміші; ущільнюваність.

Результати показано у таблиці, де наглядно видно різницю у затребуваному об'ємі.

Ключові слова: фундамент, суміш бетонна, каркасна будівля, бетонування, транспорт, ефективність.

Вступ. Сучасні каркасні споруди, що в подальшому відводять під складські будівлі, торгові приміщення, виставкові павільйони, зводять у різноманітних умовах. Ключовими чинниками, що диктують способи зведення елементів споруди є погодні умови, вимоги проекту, заданий темп будівництва. При влаштуванні конструкцій фундаментів використовують відносно велику кількість бетону, тож логічно постає питання про раціональний підбір бетонної суміші, спосіб доставки на будмайданчик та порівняння вартості. Правильний вибір вимог до бетону є гарантією його довговічності, якості, та виправданого вартості.

Аналіз досліджень і публікацій. При опрацюванні сучасних джерел, що стосуються зведення каркасних споруд, можна відслідкувати такі тенденції, як зменшення загальної трудомісткості при зведенні каркасних споруд, зокрема фундаментів, без погіршення якості конструкції. Для прикладу, розробка італійської компанії «Monachino Technology» [2] – стовпчастий фундамент під колону, із готовою збірною оболонкою, що одночасно є опалубкою. Що стосується вибору технології влаштування, більш затребуваними є збірно-монолітні фундаменти, так як «збірні фундаменти не завжди відповідають вимогам конструкції» [3].

Що стосується підбору бетонної суміші при влаштуванні фундаментів, то основними чинниками, що впливають на вибір її властивостей є умови, в яких буде виконуватись бетонування конструкції (температура та вологість навколишнього середовища, тип конструкції, заповнювач, тривалість транспортування) та, відповідно, умови експлуатації фундаменту (високий рівень ґрунтових вод, агресивність середовища, глибина промерзання ґрунту). У вітчизняних джерелах [4] виконано аналіз властивостей добавок, що покращують якісні показники бетонної суміші.

Постановка завдання. Визначити, які з властивостей бетонної суміші є ключовими при її виборі для бетонування того чи іншого елементу фундаменту (уступу, стакану або замоноличування), та залежність від різноманітних факторів: погодних умов, об'єму затребуваного бетону, територіального розташування відносно «майданчик – завод бетонних виробів».

Методи дослідження. Дослідження ґрунтується на порівнянні трьох технологій влаштування стовпчастого фундаменту: збірної, монолітної, та збірно-

монолітної, та визначенні оптимальних характеристик бетонної суміші для кожної із технологій.

Основна частина. Отже, потрібно виконати аналіз основних чинників, що формують вибір бетонної суміші. На прикладі трьох технологій влаштування фундаменту – збірної, монолітної, та збірно-монолітної розглядаємо основні вимоги. Аналіз виконується в такій послідовності:

1) розглядаємо специфіку технології влаштування фундаменту за кожною із перелічених технологій – визначаємо необхідні характеристики для бетонної суміші на етапі бетонування конструкції;

2) визначаємо об'єм бетону, що потрібен для однієї захватки, і, відповідно спосіб доставки суміші на майданчик;

3) визначаємо спосіб бетонування та ущільнення суміші.

Безумовно, каркасні споруди із збірного та монолітного залізобетону (а ще частіше – із комбінації двох технологій) зводять протягом другої половини ХХст., що забезпечує достатньо багато типових проектів, уніфікованих конструкцій, типових технологічних карт на виконання робіт, але кожен проект потребує індивідуального розгляду і вирішення питань.

Існуючі методи, що розроблені для виготовлення бетонної суміші, не є універсальними, оскільки є певна специфіка у кліматі регіону та наявності місцевих матеріалів [5].

Отже, розглядаємо три технології влаштування стовпчастих фундаментів на прикладі фундаменту з наступними параметрами: глибина залягання підшоши складає 1,3 м; фундамент складається із двох уступів та стаканної частини. Параметри уступів: нижній 2,0x2,0x0,3 м, $V=1,2$ м.куб., $m=3$ т; верхній 1,4x1,4x0,3 м, $V=0,588$ м.куб., $m=1,47$ т; стакан фундаменту розмірами 1,0x1,0x0,9 м, $V=0,53$ м.куб., $m=1,325$ т.

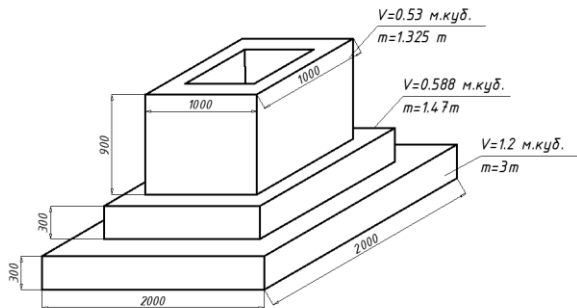


Рис. 1. Схематичне зображення фундаменту

Бетонні суміші, що характеризують такими показниками якості:

- легкоукладальність;
- середня щільність;
- об'єм утягнутого повітря - розшаровуваність (за необхідності); [6]
- збереженість властивостей у часі: легкоукладальність, розшаровуваність.

Надалі необхідно проаналізувати, які із чинників є ключовими при виборі бетонної суміші, і які прослідковуються взаємозалежності.

Способи влаштування фундаменту

Монолітні залізобетонні стовпчасті фундаменти влаштовують при зведенні в промислових спорудах, так як такий варіант є економічно ефективним [7]. Технологія наступна: після влаштування шару бетонної підготовки, установки опалубки та арматурного каркасу бетонують уступ (фундаментну плиту), з подальшим ущільненням вібратором. Суміш, що здебільшого малорухома та на крупному заповнювачі, подається баддею або за допомогою лотка автобетоновоза. Бетонування спочатку виконують для нижнього уступу фундаменту, $V=1,2$ м.куб. Для захватки із 6 фундаментів потрібно відповідно ($6 \times 1,2 = 7,2$ м.куб.). Враховуючи, що об'єм автобетоновоза складає 4-12 м.куб., є сенс у доставці готової бетонної суміші на майданчик. При бетонуванні верхнього уступу фундаменту можна збільшити кількість елементів у одній захватці – оптимальною кількістю буде 8, тож об'єм бетону складе ($8 \times 0,588 = 4,7$ м.куб.), що є оптимальною кількістю при поставці. Що стосується стаканів фундаменту, то при об'ємі стакану 0,53 м.куб. кількість затребуваної суміші для бетонування однієї захватки складає ($6 \times 0,53 = 3,18$ м.куб.), тобто в сучасних умовах логістично такий об'єм бетону не є вигідним. Також, якщо враховувати трудозатратність виконання монолітних фундаментних стаканів, то постає питання в більш раціональному способі їх влаштування. За попередніми розрахунками, на зведення 6-ти стовпчастих монолітних фундаментів (одна захватка), із врахуванням технологічних перерв, необхідних для тверднення бетону, потрібно близько 22 днів – за умови ведення робіт в одну зміну.

При виборі бетонної суміші на заводі необхідно звертати увагу на наступні показники: марка бетону, морозостійкість, водонепроникність, добавки – в залежності від погодних умов – сповільнювачі тужавлення, або такі, що підвищують водонепроникність конструкції. Для монолітного стовпчастого фундаменту потрібно застосовувати бетон класу C15/20, рухомістю S2, на крупному важкому заповнювачі, для стакану фундаменту бетон класу C25/30, рухомістю не менше S4. [6] Перелік чинників, при яких виникає необхідність в хімічних добавках до бетонної суміші:

- При жарких погодних умовах – вологоутримуючі (стабілізуючі) добавки;
- Наявність ґрунтових вод – добавки, що підвищують водонепроникність бетону.

Для дотримання необхідних якісних характеристик бетонної суміші раціональніше замовляти готову суміш, виготовлену в заводських умовах, із відповідними документами, що гарантують її якість.

Збірні фундаменти влаштовують при наступних обставинах:

- Зжатий термін будівництва;
- Складні погодні умови;
- Складні ґрунтові умови (наявні ґрунтові води в котловані), що ускладнює технологічний процес та веде до здорожчання та сповільнення термінів будівництва.

Не дивлячись на простоту виконання збірних стовпчастих фундаментів, дана технологія не є частовживаною із-за дороговизни доставки бетонних елементів із заводу до будмайданчику, та складністю при транспортуванні. Що стосується вимог до бетонної суміші, яка використовується при замоноличуванні швів збірних конструкцій, то основними вимогами є клас бетону, який повинен бути не менше,

ніж клас бетону елемента конструкції, або С25/30, та рухливість суміші не менше S4. Можливе використання добавки-пластифікатора С-3 [12], якщо є потреба у збільшенні рухливості та зменшенні тривалості вібрування. При температурі навколишнього середовища нижче +5°C доцільно застосувати протиморозні добавки, або ж прогрівати конструкцію, для дотримання умов тверднення бетону [9]. Що стосується виробництва бетонної суміші – на заводі чи безпосередньо на будмайданчику, то варто провести попередні розрахунки. Отже, якщо розглядати збірний стовпчастий фундамент, то є три вузла замонолічування: нижній уступ та верхній уступ, верхній уступ та стакан, та з'єднання колони у стакані фундаменту. Найбільше бетону використовують саме влаштуванні колони у стакан, тож на такому прикладі проведемо розрахунок кількості бетонної суміші, потрібної для зведення шести фундаментів (тобто однією захватки). Попередньо визначено, що для замонолічування однієї колони потрібно 4,9 люд-год, [9] тобто за одну зміну можна змонтувати дві колони. Об'єм бетону, необхідний для замонолічування колони, складає 0,115 м.куб., тож раціональним буде виготовлення бетонної суміші безпосередньо на майданчику.

Збірно-монолітний стовпчастий фундамент досить часто застосовується в практиці будівництва. Можливі наступні варіанти влаштування комбінацій збірно-монолітного фундаменту:

- Монолітні плити фундаменту та збірний фундаментний стакан. Такий варіант є одним з найбільш частовживаних, так як плити фундаменту є габаритними та менш трудомісткими, що диктує їх виготовлення на будмайданчику, в той час як стакан є менш габаритним та більш трудомістким.

- Збірна нижня плита фундаменту, монолітні наступні елементи (варіант доцільний при високому рівні ґрунтових вод, чи інших чинниках, що ускладнюють бетонування конструкції).

- Монолітна нижня плита; верхня плита збірна, але виготовлена на будмайданчику; збірний фундаментний стакан. Варіант прийнятний у більшості випадків, так як дозволяє раціонально використовувати час та трудові ресурси.

В даній роботі розглядається стовпчастий фундамент, виконаний наступним чином: нижній уступ фундаменту 2000x2000x300 мм виконують монолітним, верхній уступ розмірами 1400x1400x300 мм збірний, але виготовлення елемента буде на будмайданчику, що дозволить оптимізувати використання робочих ресурсів. Стакан фундаменту прийнято використовувати збірний, оскільки це елемент, що потребує значних трудовитрат на його влаштування. Бетон, що потрібен для влаштування конструкцій, використовується двох типів: для уступів фундаменту бетон С15, рухомість S2, на крупному заповнювачі. Оскільки фундамент є габаритним елементом, то вигідно замовити постачання бетонної суміші із заводу. При замонолічуванні колони в стакані фундаменту використовують бетон В25-30, на дрібному заповнювачі, рухомість S4. Із-за невеликої кількості (0,115 м.куб. для однієї колони) його виготовлення буде проводитись на будмайданчику. Добавки для збірно-монолітного фундаменту регулюють в залежності від погодних умов та виду елемента – це можуть бути протиморозні, водоутримуючі, пластифікуючі реагенти. Але, при раціональному розподілі робіт стовпчастий фундамент можна виконати без використання будь-яких добавок.

Висновки.

Таблиця 1

Порівняння видів бетону

№	Технологія влаштування стовпчастого фундаменту	Призначення бетонної суміші, відсоток опалублення конструкції	Бетон		Спосіб доставки
			Клас, рухомість	Добавки (за необхідності)	
1	Монолітний фундамент	Бетонування фундаменту, 100% опалубних робіт	C12/15, S1-S2	Добавки, що підвищують стійкість бетону до дії води	Доставка із заводу автобетонозмішувачем
2	Збірний фундамент	Замонолічування стиків фундаменту, 0% опалубних робіт	C25/30, S4	Протиморозні, пластифікатори	Виготовлення на будмайданчику
3	Збірно-монолітний фундамент	Влаштування уступів фундаменту, 53% опалубних робіт	C12/15, S1-S2	У більшості випадків немає необхідності в добавках	Доставка із заводу автобетонозмішувачем
		Замонолічування стиків фундаменту	C25/30, S4	Добавки, що підвищують стійкість бетону до дії води	Виготовлення на будмайданчику

У табл. 1 подано порівняння видів бетону, в залежності від типу елемента. Якщо при влаштуванні фундаментів збірним або монолітним способом можна легко прорахувати параметри потрібної бетонної суміші, то при роботі із збірно-монолітними фундаментами необхідно індивідуально підходити до виробництва, і вважати на тип конструкції, погодні умови, необхідний об'єм суміші – тобто ті чинники, що безпосередньо впливають на вибір матеріалу і його властивостей. Також, використання збірно-монолітної технології дозволяє суттєво раціоналізувати процес влаштування фундаменту, а саме: скоротити строки, зменшити трудомісткість, застосовувати доступні матеріали, без використання хімічних добавок.

Список літератури:

1. Тонкачев Г.М. Перспективи та ефективність зведення будівель за збірно-монолітною технологією // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2013. № 30. С. 226-233.
2. Monachino Technology Precast Pad Foundation. BFT International. Precast element production. 09 / 2017 [Електронний ресурс] URL: <https://www.bft-international.com/en/artikel/bft-Precast-Pad-Foundation-2889743.html> (дата звернення 13.10.2020р.)
3. Ester Pujadas Gispert. Prefabricated foundations for housing applied to room modules: doctoral thesis / Universitat politècnica de Catalunya departament de

construccions arquitectòniques i tecnologia de l'arquitectura, edificació i urbanisme. Barcelona, 2015. 105p.

4. Новак Є.В. Огляд існуючих методів зимового бетонування // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2019. Вип. 39. С. 91-97.

5. Ahmed M., Islam S., Nazar S., Roohul A. Khan. A comparative study of popular concrete mix design methods from qualitative and cost-effective point of view for extreme environment. Arabian journal for science and engineering. 2015. 41 (4). [Електронний ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/284136467_A_Comparative_Study_of_Popular_Concrete_Mix_Design_Methods_from_Qualitative_and_Cost-Effective_Point_of_View_for_Extreme_Environment

6. ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008 Будівельні матеріали. Настанова щодо застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах (Код УКНД 91.100.10, 91.100.30). [Чинний від 26.12.2008 р. № 680 та від 30.09.2009 р. № 399] Видан. Офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 31 с. [Електронний ресурс] URL: <http://ybeton.od.ua/wp-content/uploads.pdf>

7. Шерешевский И.А. Конструирование промышленных зданий и сооружений. Учебное пособие для студентов строительных специальностей. – М.: «Архитектура-С», 2005. 168 с.

8. Ковальська промислово-будівельна група. Доставка. [Електронний ресурс] URL: <https://shop.kovalska.com/delivery/> (дата звернення 11.10.2020р.)

9. ЕНИР. Сборник Е4, Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций Выпуск 1, Здания и промышленные сооружения / Госстрой СССР. – М.: Прейскурантиздат, 1987. – 38 с.

10. ДСТУ Б В.2.7-176:2008 (EN 206-1:2000, NEQ) Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. (Код УКНД 91.100.30) [Чинний від 26.12.2008 р. № 681 та від 30.09.2009 р. № 399] Видан. Офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 109с. [Електронний ресурс] URL: http://gost.at.ua/ld/33/3339_dstu-b-v.2.7-17.pdf

11. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 7473-94) Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови. [Чинний від 2000-07-01] Видан. Офіц. Київ : 2000. – 20 с. [Електронний ресурс] URL: http://gost.at.ua/ld/33/3339_dstu-b-v.2.7-17.pdf

12. Смирнов Д.С., Гараев Т.Р., Хамитов А.Р. Способы оптимизации составов бетонов. 2017. Вестник технологического университета Т.20, №2. С. 65-67.

References:

1. Tonkacheiev H.M. (2013). «Prospects and efficiency of construction of buildings on prefabricated monolithic technology». *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnyctva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. Issue 30, p.226-233.

2. Monachino Technology Precast Pad Foundation. BFT International. Precast element production. Aviable at: https://www.bft-international.com/en/artikel/bft_Precast_Pad_Foundation_2889743.html

3. Ester Pujadas Gispert. (2015) Prefabricated foundations for housing applied to room modules] D. Sc. Thesis / Universitat politècnica de Catalunya departament de construccions arquitectòniques i tecnologia de l'arquitectura, edificació i urbanisme. Barcelona. Spain.

4. Novak Ye.V. (2019). «Review of existing methods of winter concreting». *Shliakhy pidvyschennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*. Issue 39, pp. 91-97.
5. Ahmed M., Islam S., Nazar S., Roohul A. Khan. (2015) A comparative study of popular concrete mix design methods from qualitative and cost-effective point of view for extreme environment. *Arabian journal for science and engineering*. Issue 41 (4). Aviable at:
https://www.researchgate.net/publication/284136467_A_Comparative_Study_of_Popular_Concrete_Mix_Design_Methods_from_Qualitative_and_Cost-Effective_Point_of_View_for_Extreme_Environment
6. DSTU-N B V.2.7-175:2008 Budivel'ni materialy. Nastanova schodo zastosuvannia khimichnykh dobavok u betonakh i budivel'nykh rozchynakh. (2010) [Building materials. Guidelines for the use of chemical additives in concrete and mortars]. Aviable at: <http://ybeton.od.ua/wp-content/uploads.pdf>
7. Shereshevskiy Y.A. (2005) *Konstruyrovanye promyshlennykh zdanyj y sooruzhenyj*. [Construction of industrial buildings and structures]. «Arkhytektura-S», Moscow, Russia.
8. Koval's'ka promyslovo-budivel'na hrupa. Dostavka. [Koval's'ka industrial construction group. Delivery] Aviable at: <https://shop.kovalska.com/delivery/>
9. ENyR. Sbornyk E4, Montazh sbornykh y ustrojstvo monolytnykh zhelezobetonnykh konstruksyj. (1987). [ENyR. Collection E4. Installation of prefabricated and installation of monolithic reinforced concrete structures]. Prejskurantyzdat. Moscow, Russia.
10. DSTU B V.2.7-176:2008 Budivel'ni materialy. Sumishi betonni ta beton. (2010). [Building materials. Concrete and concrete mixes]. Aviable at: http://gost.at.ua/ld/33/3339_dstu-b-v.2.7-17.pdf
11. DSTU B V.2.7-96-2000 (HOST 7473-94) Budivel'ni materialy. Sumishi betonni. Tekhnichni umovy. (2000). [Building materials. Concrete and concrete mixes]. Aviable at: <http://ybeton.od.ua/wp-content/uploads/2015/04/92.2.7-96-2000.pdf>
12. Smyrnov D.S., Haraev T.R., Khamytov A.R. (2017) «Ways to optimize the composition of concrete». *Vestnyk tekhnolohycheskoho unyversyteta* Vol. 20, Issue №2 pp. 65-67.

Г.М. Тонкачев, К.В. Носач

Влияние свойств бетонной смеси на технологию устройства столбчатых фундаментов

В статье выполнен анализ подбора бетонной смеси для устройства столбчатого фундамента под колонну каркасного сооружения. В зависимости от технологии устройства - монолитной, сборной, сборно-монолитной - определены основные факторы, влияющие на выбор.

Каркасные сооружения активно возводят с начала XX в., с развитием индустриального строительства. Преимуществами каркасных сооружений является унифицированность элементов конструкций, возможность использования сборных элементов, универсальное планирования сооружения, его долговечность. По назначению здания могут быть складскими, заводскими и торговыми площадями. При возведении каркасного сооружения возникает вопрос не только в выборе технологии устройства тех или иных элементов, но и подборе материалов, в частности бетонной смеси.

При устройстве каркасных сооружений чаще используют готовые элементы конструкций из сборного железобетона или металла. Это позволяет уменьшить продолжительность строительства и, соответственно, уменьшить затраты труда и времени работы механизмов. При использовании сборных элементов практически нивелируется погодное влияние на ход строительных работ. Железобетонные и металлические конструкции, изготовленные в заводских условиях, как правило, соответствуют требуемым характеристикам качества.

Что касается технологии устройства фундаментов, в том числе столбчатых, то часто возникает вопрос об их возведении рациональным способом. Стоимость конструкций сборных фундаментов выше монолитных из-за заводских, погрузочно-разгрузочных и транспортных расходов. Но, по такой технологии фундаменты монтируются в короткие сроки. Технология устройства монолитных фундаментов зависит от погодных условий, характеризуется повышенными затратами труда и по продолжительности процесса проигрывает сборному способу.

В условиях водонасыщенных грунтов монолитное бетонирование усложняется, так как нужно принимать меры по водоотведению [1]. Существует еще сборно-монолитная технология устройства фундаментов, которая позволяет рационально использовать обе технологии. Например, для сокращения сроков и уменьшения трудоемкости, можно устраивать монолитный фундамент со сборным стаканом, или, при наличии воды в котловане можно использовать сборную фундаментную плиту и монолитный стакан с модулем фиксатором опалубки [1].

Конструкции столбчатых фундаментов в зависимости от нагрузки и грунтовых условий различаются объемом бетона. Иногда объем бетона доходит до десятков метров кубических на один фундамент, поэтому проблема учета свойств бетонной смеси становится актуальной. Прежде всего возникают вопросы о подборе состава бетонной смеси и технологию его доставки на объект. Влияние свойств бетонной смеси рассмотрены на примере.

Для примера учитывались следующие свойства бетонной смеси: удобоукладываемость, от которой зависит трудоемкость укладки бетонной смеси; целесообразность использования специальных химических добавок, улучшающих некоторые свойства бетонной смеси; максимально допустимый размер фракции; жесткость бетонной смеси; уплотняемость.

Результаты показаны в таблице, где наглядно видна разница в востребованном объеме.

Ключевые слова: фундамент, смесь бетонная, каркасное здание, бетонирование, транспорт, эффективность.

G. Tonkacheev, K. Nosach

Influence of concrete mix properties on technology of arrangement column foundations

The article analyzes the selection of concrete mix for the device of the columnar foundation under the column of the frame structure. Depending on the technology of the device - monolithic, prefabricated, prefabricated-monolithic - the main factors influencing the choice are determined.

Frame structures have been actively erected since the beginning of the 20th century, with the development of industrial construction. The advantages of frame structures are the unification of structural elements, the possibility of using prefabricated elements,

universal planning of the structure, its durability. According to the purpose of the building can be warehouse, factory and retail space. At construction of a frame construction there is a question not only in a choice of technology of the device of these or those elements, but also selection of materials, in particular concrete mix.

When installing frame structures often use ready-made structural elements of precast concrete or metal. This reduces the duration of construction, and, accordingly, reduce labor costs and operating time of mechanisms. When using prefabricated elements, the weather influence on the course of construction works is practically leveled. Reinforced concrete and metal structures made in the factory, as a rule, meet the required quality characteristics.

As for the technology of laying foundations, in particular columnar, the question often arises about their construction in a rational way. The cost of prefabricated foundation structures is higher than monolithic ones due to factory, loading and unloading and transport costs. However, with this technology the foundations are installed in a short time. The technology of installation of monolithic foundations depends on weather conditions, is characterized by high labor costs and the duration of the process loses to the prefabricated method.

In the conditions of water-saturated soils monolithic concreting is complicated, as it is necessary to take measures for drainage [1]. There is also a prefabricated monolithic technology of foundations, which allows the rational use of both technologies. For example, to reduce the time and reduce the complexity, you can arrange a monolithic foundation with a prefabricated glass, or, if there is water in the pit, you can use a prefabricated foundation slab and a monolithic glass with a formwork retainer module [1].

The construction of columnar foundations differs in the volume of concrete depending on the load and soil conditions. Sometimes the volume of concrete reaches tens of cubic meters per foundation, so the problem of taking into account the properties of the concrete mixture becomes relevant. First of all, there are questions about the selection of the composition of the concrete mixture and the technology of its delivery to the site. The influence of the properties of the concrete mixture is considered by example.

For example, the following properties of the concrete mixture were taken into account: ease of laying, which depends on the complexity of laying the concrete mixture; expediency of use of the special chemical additives improving some properties of concrete mix; the maximum allowable size of the fraction; rigidity of concrete mix; compaction.

The results are shown in the table, which clearly shows the difference in the required volume.

Key words: foundation, concrete mix, frame building, concrete works, transport, efficiency.

Посилання на статтю

АРА: Tonkacheev, G., Nosach, K. (2020). Influence of concrete mix properties on technology of arrangement column foundations. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 102-111.

ДСТУ: Тонкачєєв Г.М. Вплив властивостей бетонної суміші на технологію влаштування стовпчастих фундаментів [Текст] / Г.М. Тонкачєєв, К.В. Носач // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 102-111.

УДК 624.15; 725

П.Є. Григоровський,
докт. техн. наук, старш. наук. співроб.
ORCID: 0000-0003-0527-5890

В.О. Басанський,
зав. сектором спеціальних споруд
ORCID: 0000-0002-7850-7798

Ю.В. Крошка,
зав. відділом інструментального контролю
будівельно-монтажних робіт
ORCID: 0000-0001-6110-8443

І.В. Осадча,
інженер
ORCID: 0000-0002-3793-3352

ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва
ім. В.С. Балицького», м. Київ

МЕТОДИКА ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ТРИВАЛОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЙ

Для прогнозування динаміки зсувних процесів необхідно мати інформацію про зміну факторів техногенного та природного впливів в часі. Важливим джерелом такої інформації є інструментальний та геодезичний моніторинг. Для вибору ефективного методу та систем інструментального моніторингу необхідно порівняти основні організаційно-технологічні показники (тривалість та трудовитрати) варіантів таких систем. Розрахунок тривалості та трудовитрат на вимрювальні роботи при спостереженні за деформаціями зсувних схилів можливо визначати на основі існуючих норм єдиних норм часу і розцінок на вишуквальні роботи або використовуючи мікроелементний метод нормування трудових процесів.

У статті наведений короткий аналіз взаємозв'язку між нормою тривалості вимрювальних робіт, на прикладі виконання геометричного нівелювання II класу для визначення осідань деформаційних контрольних точок (марок), визначеною за діючими єдиними нормами часу і розцінок на вишуквальні роботи та тривалістю цього ж трудового процесу, отриманою мікроелементним методом нормування. Визначено перелік та склад робіт з виконання нівелювання II класу, як сукупності елементарних трудових дій (операцій) настільки виокремлених і окреслених, що подальше розділення є недоцільним. Виділено мікроелементи трудового процесу і визначено їх нормативну тривалість в годинах, отриману на підставі досвіду експлуатації засобів вимірювання при виконанні робіт з визначення осідань деформаційних марок.

Визначено коефіцієнт взаємозв'язку між існуючими чинними нормами та дійсною тривалістю трудового процесу, визначеною мікроелементним методом нормування для робіт з геометричного нівелювання II класу, що дозволяє виокремити дійсну тривалість трудового процесу у складі норми, без врахування тривалості підготовчо-заклучних робіт, технологічних перерв та перерв на відпочинок.

Невідповідність чинних норм тривалості вимірювальних робіт сучасним методам виконання робіт, обладнанню, особливостям виконання інструментального моніторингу, моніторингу в умовах уцільненої забудови та інших видів робіт створює необхідність визначення елементів зв'язку між існуючими нормами та дійсною тривалістю робіт в сучасних умовах будівельного виробництва.

Ключові слова: мікроелементний метод нормування, норма часу, геометричне нівелювання, коефіцієнти факторів впливу, тривалість трудового процесу.

Вступ. Динаміка зсувних процесів залежить від множини факторів техногенного та природнього впливів. Для її прогнозування необхідно мати інформацію про зміну цих факторів в часі. Важливим джерелом такої інформації є інструментальний моніторинг, що дозволяє в реальному масштабі часу отримувати числові значення контрольованих параметрів техногенного та природнього впливів. Множина контрольованих параметрів передбачає наявність множини методів та засобів їх вимірювання у складі системи інструментального моніторингу. Для вибору ефективної системи інструментального моніторингу необхідно порівняти основні організаційно-технологічні показники варіантів таких систем, а саме тривалість та трудовитрати на вимірювальні роботи при спостереженні за деформаціями зсувонебезпечних територій.

Розрахунок тривалості та трудовитрат на вимірювальні роботи при спостереженні за деформаціями зсувних схилів можливо визначати на основі існуючих норм єдиних норм часу і розцінок на вишукувальні роботи або використовуючи мікроелементний метод нормування трудових процесів.

Існуючі чинні норми, якими переважно користуються на практиці, не охоплюють всі різновиди методик вимірювань, сучасного обладнання та особливості виконання вимірювальних робіт при спостереженні за деформаціями [1]. В той же час, мікроелементний метод нормування, який дозволяє визначити витрати часу для кожного мікроелементу (операції) трудового процесу і врахувати різноманіття факторів впливу, вимагає індивідуального детального аналізу кожного етапу вимірювальних робіт у складі інструментального моніторингу.

Тому доцільним є виведення коефіцієнту, що характеризує взаємозв'язок між існуючими чинними нормами та дійсною тривалістю трудового процесу, отриманою мікроелементним методом нормування, як показник, що дозволяє врахувати нові фактори впливу на трудовий процес при застосуванні до існуючих норм (рис. 1).

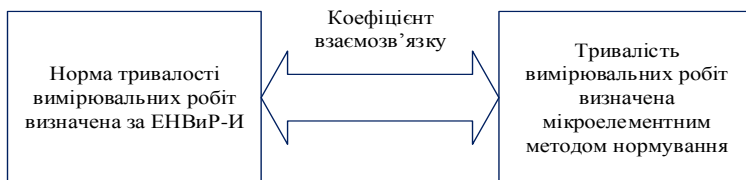


Рис. 1. Структурна схема взаємозв'язку норми тривалості вимірювальних робіт та тривалості вимірювальних робіт визначеної мікроелементним методом нормування

Мега дослідження. Визначити коефіцієнт взаємозв'язку між існуючими чинними нормами тривалості робіт з геометричного нівелювання II класу та тривалістю вимірювальних робіт визначеною мікроелементним методом нормування, що враховує сучасну технологію виконання робіт та обладнання.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо визначення коефіцієнту взаємозв'язку на прикладі спостережень за деформаціями зсувних схилів, а саме геометричного нівелювання II класу для визначення осідань деформаційних марок.

Згідно Єдиних норм часу і розцінок на вишукувальні роботи [7] обираємо норму №539 Нівелювання II класу для штативу одиночного ходу III категорія складності. Процес виконується бригадою в складі: інженер – 1, технік – 1, робітник – 2. Норма часу на виконання одиниці (вимірювача – 1 штатив одиночного ходу) трудового процесу, в годинах – 0.340.

Варто зазначити, що при розрахунку норми часу використовують формулу:

$$N_{\text{час}} = T_{\text{оп}} \left(1 + \frac{T_{\text{пз}} + T_{\text{пт}} + T_{\text{від}}}{100} \right), \quad (1)$$

де $N_{\text{час}}$ – норма часу, $T_{\text{оп}}$ – тривалість оперативної роботи, $T_{\text{пз}}$ – тривалість підготовчо-заклучних робі, $T_{\text{пт}}$ – тривалість технологічних перерв, $T_{\text{від}}$ – тривалість відпочинку [2].

Відповідно, тривалість трудового процесу з геометричного нівелювання II класу для визначення осідань деформаційних марок згідно ЕНВиР-И [7] становить 0,085 год.

Застосовуючи мікроелементний метод нормування, в першу чергу необхідно визначити склад робіт при геометричному нівелюванні II класу для визначення осідань деформаційних марок (рис. 2), як сукупності елементарних трудових дій (операцій) настільки виокремлених і окреслених, що подальше розділення є недоцільним.

При виконанні геометричного нівелювання раціонально виділити наступні мікроелементи трудового процесу і визначити їх нормативну тривалість в годинах, отриману на підставі досвіду експлуатації засобів вимірювання при виконанні робіт з визначення осідань деформаційних марок [3, 4, 5]:

$T_{\text{мш}} = 0,010$ – підготовка місця для встановлення штативу;

$T_{\text{он}} = 0,004$ – огляд нівеліру перед початком роботи;

$T_{\text{вн}} = 0,016$ – встановлення нівеліру на штатив;

$T_{\text{гп}} = 0,010$ – горизонтування приладу;

$T_{\text{н}} = 0,008$ – наведення зорової труби на точку;

$T_{\text{нв}} = 0,002$ – візування сітки ниток на точку;

$T_{\text{во}} = 0,009$ – взяття відліку з оптичного приладу;

$T_{\text{рт}} = 0,001$ – встановлення рейки в контролюючій точці;

$T_{\text{зв}} = 0,001$ – запис відліку до польового журналу;

$T_{\text{п}} = 0,007$ – перехід з рейкою між точками;

$T_{\text{вп}} = 0,001$ – внесення відліку в програмне забезпечення для розрахунку перевишень та відміток;

$T_{\text{рп}} = 0,001$ – розрахунок перевищення між вихідним репером та осадовою маркою;

$T_{\text{вм}} = 0,001$ – визначення відмітки осадової марки.

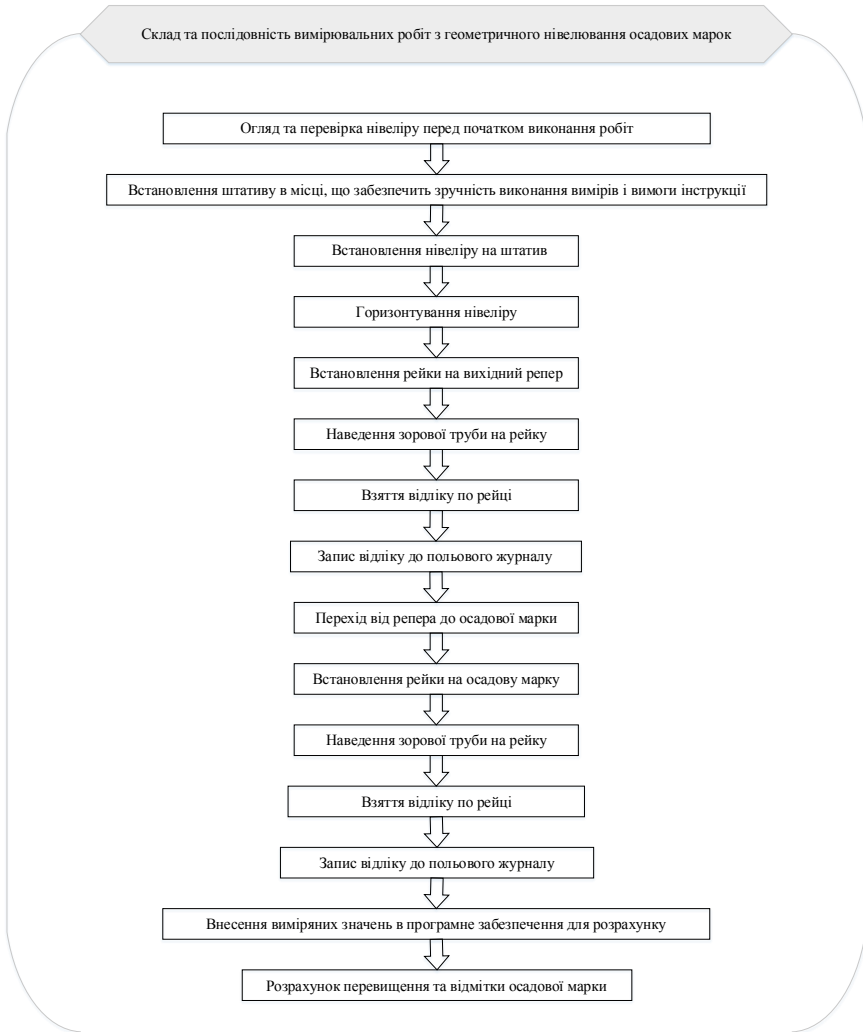


Рис. 2. Склад та послідовність вимірювальних робіт при визначенні відміток осадкових марок

Загальну тривалість трудового процесу, визначеного мікроелементним методом нормування, рахуємо як [2]:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{мш}} + T_{\text{он}} + T_{\text{вн}} + T_{\text{гп}} + T_{\text{н}} + T_{\text{нв}} + T_{\text{во}} + T_{\text{рт}} + T_{\text{зв}} + T_{\text{п}} + T_{\text{вп}} + T_{\text{рп}} + T_{\text{вм}}$$

Згідно формули 2 при розрахунку тривалості робіт важливим є врахування коефіцієнтів впливу (рис. 3.), що діють на трудовий процес і можуть змінювати його тривалість [2, 6].

$$T_{ц\ q} = \sum_{j=1}^{j=q} (\sum_{i=1}^{i=n} X_i t_m) X_j \quad (2)$$

$$Q_{ц\ q} = \sum_{q} T_{ц\ q}$$

де X_i , X_j – коефіцієнти, що характеризують вплив факторів на тривалість, відповідно, прийомів та груп прийомів; \sum_{q} – склад (чисельність) ланки, що експлуатує q -ий прилад; t_m – нормативне значення тривалості мікроелементів трудових процесів.

Відповідно, тривалість трудового процесу з геометричного нівелювання II класу для визначення осідань деформаційних визначена мікроелементним методом нормування становить 0,071 год.

Порівнюючи отримані значення виводимо значення коефіцієнту взаємозв'язку норми тривалості вимірювальних робіт та тривалості вимірювальних робіт визначеної мікроелементним методом нормування як відношення значення тривалості вимірювальних робіт визначеної мікроелементним методом нормування до значення норми тривалості вимірювальних робіт згідно ЕНВиР-И [7]. Отримане значення коефіцієнту для вимірювальних робіт з геометричного нівелювання осадкових марок становить 0,835.

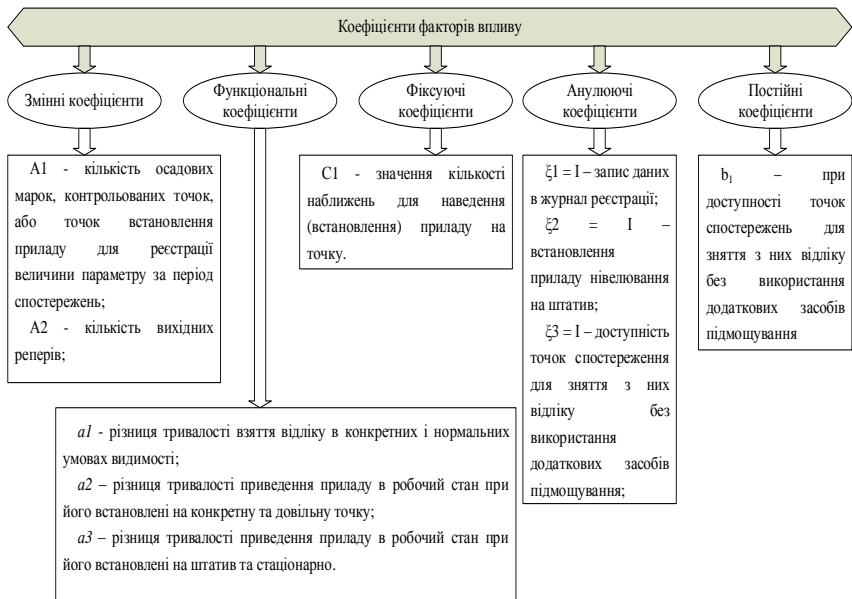


Рис. 3. Коефіцієнти факторів впливу, які варто враховувати при визначенні тривалості вимірювальних робіт при геометричному нівелюванні осадкових марок

Визначене значення коефіцієнту взаємозв'язку норми тривалості вимірювальних робіт та тривалості вимірювальних робіт визначеної мікроелементним методом нормування дозволяє виокремити дійсну тривалість трудового процесу у складі норми, без врахування тривалості підготовчоч-заклучних робіт, технологічних перерв та перерв на відпочинок.

Відповідно допустивши тотожність тривалості вимірювальних робіт визначеної мікроелементним методом нормування та тривалість оперативної роботи згідно формули 1 отримуємо значення коефіцієнту як величину обернено пропорційну до значень впливу тривалості підготовчоч-заклучних робіт, технологічних перерв та перерв на відпочинок у складі норми часу:

$$K = \frac{1}{1 + \frac{T_{пз} + T_{пт} + T_{від}}{100}} \quad (3)$$

Висновки. Невідповідність чинних норм тривалості вимірювальних робіт сучасним методам виконання робіт, обладнанню, особливостям виконання інструментального моніторингу, моніторингу в умовах ущільненої забудови та інших видів робіт створює необхідність визначення елементів зв'язку між існуючими нормами та дійсною тривалістю робіт в сучасних умовах будівельного виробництва. Отриманий коефіцієнт взаємозв'язку норми тривалості вимірювальних робіт та тривалості вимірювальних робіт визначеної мікроелементним методом нормування для вимірювальних робіт з геометричного нівелювання осадкових марок демонструє зв'язок між всіма складовими, що визначають норму часу та дозволяє врахувати додаткові фактори, що можуть вплинути на тривалість виконання вимірювальних робіт.

Список літератури:

1. Григоровський П.Є., Чуканова Н.П. Особливості розрахунку трудовитрат на проведення геодезичних робіт у будівництві. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць Західного геодезичного товариства УТГК*. Львів: Вид-во Львівської політехніки. 2014. Вип. І(27). С.148-150.
2. Крошка Ю.В. Удосконалення організаційно-технологічних рішень вимірювальних робіт при зведенні монолітно-каркасних будівель: дис. канд. техн. наук: 05.23.08 Харків: 2020. 189 с.
3. Григоровський П.Є., Крошка Ю.В. Методика дослідження тривалості геодезичних робіт у складі технологічного процесу зведення монолітно-каркасних будівель. *Будівельне виробництво: наук.-техн. зб.* Київ: ЦП «КОМПРИНТ». 2019. Вип. 66. С. 3-10.
4. Григоровський П.Є., Дейнека Ю.В., Терещенко Л.В. Досвід визначення кошторисної вартості геодезичних робіт. *Нові технології в будівництві: наук.-техн. зб.* Київ: Вид-во «Ліра-К». 2011. Вип.№2 (22).С. 90-93.
5. Григоровський П.Є., Мурашова О.В. Методика дослідження періодичності інструментальних спостережень у складі організаційно-технологічних показників вимірювальних робіт. *Будівельне виробництво: наук.-техн. зб.* Київ: 2019. Вип. 68. С. 8-13.
6. Григоровский П.Е. Совершенствование технологии возведения высотных сооружений и зданий из монолитного железобетона с применением лазерных систем: дис.канд. техн. наук: 05.23.08. Киев: 1991. 124 с.
7. Единые нормы времени и расценки на изыскательные работы. Ч. I.

Инженерно-геодезические изыскания / Госстрой СССР, Госкомтруд СССР, ВЦСПС. – 2;е изд., доп. и исправл. – М.: Стройиздат, 1983. – 343 с.

References:

1. Hryhorovskiy, P. Ye. & Chukanova, N.P. (2014). «Features of calculation of labor costs for geodetic works in construction.» *Cuchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnyctva: Zb. nauk. prats' Zakhidnoho heodezychnoho tovarystva UTHK*. Issue I(27), pp. 148-150.
2. Kroshka, Yu.V. (2020). *Udoskonalennya orhanizatsiyno-tehnolohichnykh rishen' vymiryval'nykh robit pry zvedenni monolitno-karkasnykh budivel*. [Improving organizational and technological solutions for measuring works in the construction of monolithic frame buildings]. Ph.D. Thesis: 05.23.08. Kharkiv. Ukraine
3. Hryhorovskiy, P. Ye. & Kroshka, YU.V. (2019). «Methods of research of duration of geodetic works as a part of technological process of erection of monolithic-frame buildings». *Budivel'ne vyrobnytstvo: nauk.-tekhn. zb.* Issue 66, pp. 3-10.
4. Hryhorovskiy, P. Ye., Deyneka, YU.V. & Tereshchenko, L.V. (2011). «Experience in determining the estimated cost of geodetic works». *Novi tekhnolohiyi v budivnytstvi: nauk.-tekhn. zb.* Issue 2 (22), pp. 90-93.
5. Hryhorovskiy, P. Ye. & Muras'ova, O.V. (2019). «Methods of research of periodicity of instrumental observations as a part of organizational and technological indicators of measuring works». *Budivel'ne vyrobnytstvo: nauk.-tekhn. zb.* Issue 68, pp. 8-13.
6. Hryhorovskiy, P. Ye. (1991). *Improvement of the technology of erection of high-rise structures and buildings from monolithic reinforced concrete using laser systems*. [Sovershenstvovaniye tekhnologii vozvedeniya vysotnykh sooruzheniy i zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona s primeneniyem lazernykh system]. Ph.D. Thesis: 05.23.08. Kiev. Ukraine
7. *Uniform norms of time and prices for survey works*. [Yedynyye normy vremeni i rastsenki na izyskatel'nyye raboty.] (1983). Part I. Engineering and geodetic surveys / Gosstroy of the USSR, Goskomtrud of the USSR, VTSSPS. 2nd ed. Stroyiz. Moscow. Russia.

П.Е. Григоровский, В.А. Басанский, Ю.В. Крошка, И.В. Осадча Методика сравнительной оценки продолжительности инструментального мониторинга оползневых территорий

В статье приведен краткий анализ взаимосвязи между нормой продолжительности измерительных работ на примере геометрического нивелирования II класса для определения оседания деформационных марок, определенной по действующим единым нормам времени и расценок на изыскательские работы и продолжительностью трудового процесса, полученной микроэлементным методом нормирования. Определен коэффициент взаимосвязи между существующими действующими нормами и действительной продолжительностью трудового процесса, определенной микроэлементным методом нормирования для работ методом геометрического нивелирования II класса.

Ключевые слова: микроэлементный метод нормирования, норма времени, геометрическое нивелирование, коэффициенты факторов влияния, продолжительность трудового процесса.

P.Ye. Hryhorovskiy, V.A. Basanskyi, Yu.V. Kroshka, I.V. Osadcha

Methods of comparative assessment of the duration of instrumental monitoring of landslide-prone areas

To predict the dynamics of landslide processes, it is necessary to have information about the change of factors of man-made and natural influences over time. An important source of such information is instrumental and geodetic monitoring. To choose an effective method and systems of instrumental monitoring, it is necessary to compare the main organizational and technological indicators (duration and labor costs) of variants of such systems. The calculation of the duration and labor costs for measuring work when observing the deformations of landslides can be determined on the basis of existing norms of uniform time norms and prices for survey work or using the trace element method of normalization of labor processes.

The article presents a brief analysis of the relationship between the norm of duration of measuring works, on the example of geometric leveling of class II to determine the deposition of deformation control points (marks), determined by the current uniform norms of time and rates for survey work and the duration of the same labor process. microelement method of rationing. The list and structure of works on performance of leveling of the II class, as set of elementary labor actions (operations) so isolated and outlined that the further division is inexpedient is defined. The microelements of the labor process are singled out and their normative duration in hours is determined, obtained on the basis of the experience of operation of measuring instruments during the performance of works on determination of deposition of deformation marks.

The coefficient of interrelation between the existing current norms and the actual duration of the labor process, determined by the microelement rationing method for works on geometric leveling of the II class, which allows to distinguish the actual duration of the labor process as a norm, without taking into account the duration of preparatory on holiday. The inconsistency of the current standards of measurement work with modern methods of work, equipment, features of instrumental monitoring, monitoring in compacted buildings and other types of work creates the need to determine the elements of the relationship between existing standards and the actual duration of work in modern construction.

Keywords: *microelement method of rationing, time norm, geometric leveling, coefficients of influencing factors, duration of labor process.*

Посилання на статтю:

APA: Hryhorovskiy, P.Ye., Basanskyi, V.A., Kroshka, Yu.V. & Osadcha I.V. (2020). Methods of comparative assessment of the duration of instrumental monitoring of landslide-prone areas. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 112-119.

ДСТУ: Григоровський П.Є. Методика порівняльної оцінки тривалості інструментального моніторингу зсувонебезпечних територій [Текст] / П.Є. Григоровський, В.О. Басанський, Ю.В. Крошка, І.В. Осадча // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 112-119.

УДК 69.059:339.16

А.В. Радкевич¹,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0001-6325-8517

К.М. Нетеса¹,
здобувач
ORCID: 0000-0002-4087-5552

Т.В. Ткач²,
канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0002-9433-7514

¹Дніпровський національний університет залізничного транспорту
ім. академіка В. Лазаряна, м. Дніпро
²ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та
архітектури», м. Дніпро

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ КАПІТАЛЬНИХ РЕМОНТІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ПУБЛІЧНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ В СИСТЕМІ PROZORRO

Ефективна експлуатація будівель та споруд в умовах сталого розвитку економіки та збільшення вартості енергоносіїв вимагає збільшення енергоефективності відповідних об'єктів. Тому надважливою задачею є моніторинг енергоефективності будівлі та пошук шляхів її покращення. Рациональним рішенням є скорочення витрат енергії шляхом підвищення ізоляційних властивостей фасадної системи. В статті розглянуті сучасні тенденції капітальних ремонтів фасадних систем в Україні. Дослідження капітальних ремонтів фасадних систем на основі публічних закупівель в системі Prozorro встановили, що значну частину ремонтів становить покращення теплоізоляційних властивостей фасадної системи шляхом улаштування системи утеплення фасаду мінераловатними плитами з опорядженням штукатурки, доля відповідного виду капітального ремонту сягає 67% від загального числа досліджених робіт. Улаштування фасадного утеплення пінополістирольними плитами становить близько 20%. Роботи з відновлення зовнішнього шару фасаду (відновлення штукатурки, ґрунтування, шпатлювання, фарбування, штукатурка з облицюванням) не впливають на енергоефективність будівлі, та становлять близько 13% від загальної кількості досліджуваних об'єктів. Площа фасаду об'єктів виконання робіт різна, і становить в середньому від 200 до 1500 м². За результатами аналізу вартості відповідних робіт в перерахунку на 1 м² фасадної системи визначені середні витрати в межах 1500-2000 грн, а для робіт з додатковим ускладненням – до 3500...4000 грн. З огляду на невеликий міжремонтний період відповідних систем (7-10 років) встановлена економічна доцільність заміни даних фасадних систем на системи фасадного утеплення з улаштуванням вентиляованого повітряного прошарку та опорядженням керамічними плитками. Відповідна фасадна система має значно більший термін експлуатації та тривалість міжремонтного періоду, а початкові капіталовкладення збільшать подальшу енергоефективність будівлі. В результаті будуть зменшені поточні витрати на енергоносії, відповідно

підвищена економічна доцільність будівлі та її відповідність сучасним світовим тенденціям в області заощадження енергоресурсів.

Ключові слова: *фасадні системи, експлуатація, капітальний ремонт, аналіз витрат, енергоефективність.*

Постановка проблеми. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» в ст. 1 «Визначення термінів» [3], визначає енергетичну ефективність як властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі. При цьому відповідно до затверджені «Методики визначення енергетичної ефективності будівель» кількісною характеристикою вказується показник енергетичної ефективності - числове значення енергетичної характеристики будівлі, яке використовується для ранжування енергетичної ефективності, вимог до енергетичної ефективності та/або для сертифіката.

Показниками енергетичної ефективності для будівель є:

- питома енергопотреба на опалення, кондиціонування, постачання гарячої води;
- питоме енергоспоживання при опаленні;
- питоме енергоспоживання при кондиціонуванні;
- питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води;
- питоме енергоспоживання систем вентиляції;
- питоме енергоспоживання при освітленні;
- питоме енергоспоживання первинної енергії;
- питоме енергоспоживання викидів парникових газів.

Очевидно, що зменшення кожного з цих показників призводить до покращення енергоефективності будівлі в цілому та заощадження витрат енергоспоживачів. Тому надважливою задачею є моніторинг енергоефективності будівлі та пошук шляхів її покращення [7-10]. Раціональним рішенням є скорочення витрат енергії шляхом підвищення ізоляційних властивостей фасадної системи.

В умовах сталого розвитку економіки України та світової тенденції до ресурсозбереження спостерігається закономірність в проектуванні капітальних ремонтів фасадних систем житлових та громадських будівель [11-14]. Зокрема, крім традиційних відновлення зовнішнього виду, теплоізоляційних властивостей та естетичної привабливості на перший план виходить вимога енергоефективної модернізації системи [1, 4-6]. При цьому досить часто такий капітальний ремонт із заміною фасадної системи виконується до повного вичерпання ресурсу існуючих теплоізоляційних елементів. Очевидно, додаткові витрати коштів на модернізацію в подальшому призводять до значного заощадження коштів на опалення та кондиціонування після неї.

Проте за необхідності повної заміни фасадної системи виникають певні ускладнення. Загалом їх можна розділити на декілька груп:

1. Конструкційні. Зміна конструкції фасадної системи призводить до зміни системи навантажень на будівлю. Причини можуть бути різні: зміна навантаження від системи, зміна характеру прикладання навантаження (поява ексцентриситетів, зміна виду навантаження – від рівномірно розподіленого до прикладеного в окремих точках, тощо).

2. Технологічні. По зовнішній стороні фасаду прокладаються елементи

деяких інженерних систем, навіщується обладнання та устаткування. Це можуть бути елементи мереж газопостачання, кондиціонування, вентиляції, тощо. Очевидно, при зміні типу фасадної системи, особливо за умови збільшення товщини фасаду, доведеться вживати додаткових заходів щодо зміни типу кріплень, закривання елементів мереж, тощо. Додатково слід врахувати типи фасадних систем, які не передбачають прокладання комунікацій в середині (системи зі світлопрозорих конструкцій).

3. Архітектурно-естетичні. Для більшості будівель житлового фонду, а також громадських будівель часів радянського союзу характерне облицювання керамічною плиткою, або ж штукатурка з фарбуванням по цеглі чи бетону. При заміні даної фасадної системи на сучасні очікується зміна зовнішнього виду будівлі, як наслідок – і архітектурної сприятливості об'єкту.

4. Фінансово-економічні. Повна заміна фасадної системи в переважній більшості випадків буде більш витратною відносно матеріалів, працевитрат, економічної доцільності. Економічний ефект від заощадження енергоносіїв при подальшій експлуатації буде розтягнутий протягом тривалого часу. В умовах негативних світових економічних тенденцій, а також при зниженні ефективності використання внутрішнього простору будівлі необхідно всебічно розглядати доцільність заміни системи з урахуванням всіх фінансових спроможностей утримувача будівлі.

5. Часові. Заміна фасадної системи – досить тривалий в часі процес, який пов'язаний з обмеженням доступу до будівлі та/або ускладненням її експлуатації. Частково це може знижувати ефективність використання внутрішніх приміщень, викликаючи окрім візуально-психологічного впливу на людей та зниження економічної прибутковості від експлуатації будівлі під час ремонтних робіт. Для деяких фасадних систем характерна наявність так званих мокрих процесів під час виконання робіт. Як наслідок, їх можна виконувати тільки в теплий період року, що означає для більшості будівель обмеження експлуатації саме в найбільш навантажений та економічно доцільний період. В результаті утворюється додаткове фінансове навантаження на експлуатуючі організації, які опосередковано впливають на вартість улаштування нової фасадної системи.

Мега дослідження – аналіз тенденцій капітальних ремонтів фасадних систем на основі публічних закупівель в системі Prozorro та встановлення напрямів подальшого удосконалення ефективності експлуатації фасадних систем.

Результати дослідження. Всі вказані ускладнення мають ключове значення при заміні фасадної системи на нову. Вони можуть наставати всі разом, або окремо, проте результат завжди один – додаткові навантаження, в тому числі і фінансові, на організації, що експлуатують будівлю. Проте при капітальному ремонті шляхом тільки регламентної заміни елементів, які виходять з ладу в процесі експлуатації, частина параметрів зникне, а залишкові можуть мати значно менше значення. Крім того, з раціонального вибору фасадної системи із урахуванням особливостей процесів капітального ремонту можливе винесення цих робіт в часі на період найменшого навантаження будівлі експлуатаційними чинниками, в період найменшої ефективності для використання. Таким чином в найбільш інтенсивний час використання ефективність не буде зменшуватись.

Наступна особливість, яку вкрай важливо враховувати при виборі та подальшій експлуатації фасадної системи – можлива зміна призначення будівлі, а відповідно і експлуатаційного режиму. Згідно термінології розділу 3 ДБН В.1.2-

14:2018 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів», довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану в умовах наявного технічного обслуговування та ремонту. Розрахунковий термін експлуатації визначається проектною організацією, виходячи з вимог, що містяться у завданні на проектування. Проте за відсутності таких вимог можливе використання таблиці 2 «Строк експлуатації будівель та інженерних споруд» ДБН В.1.2-14:2018, згідно якої орієнтовний строк експлуатації для житлових та громадських будівель встановлюється 100 років [2]. Очевидно, протягом настільки тривалого часу, особливо для громадських будівель, можлива багаторазова зміна власників будівлі, організацій що використовують корисну площу, тощо. Причому ці зміни можуть бути і кардинальними, зі зміною навіть призначення будівлі та експлуатаційного режиму будівлі. Тому фасадна система обов'язково має підбиратись з урахуванням такої можливості, бути гнучкою в розділі вибору режиму поточних ремонтів та часу виконання робіт.

Серед ресурсів при виконанні будівельних робіт визначають витрати матеріалів, енергоносіїв, витрати праці та часу [15-20]. Очевидно, що для різних типів фасадних систем при капітальному ремонті спостерігається різний набір та порядок виконання робочих операцій. Відповідно і витрати ресурсів будуть різними. Процес порівняння ускладнюється додатковими супровідними роботами, перелік яких також відрізняється для різних фасадних систем. Тому включати їх до порівняння тривалості, вартості та трудомісткості нерационально. Серед факторів, виключених з порівняння, слід відмітити також витрати коштів через зниження ефективності використання приміщень будівель під час капітального ремонту.

Аналіз складу робіт капітального ремонту сучасних фасадних систем необхідно виконувати на основі реальної експлуатації будівель і споруд. Для об'єктивного співставлення проаналізовано 30 закупівель послуг з капітального ремонту фасадних систем в Єдиній системі електронних публічних закупівель Прозорро (Prozorro). Вибір саме цієї системи пояснюється через складність отримання об'єктивної інформації для приватних об'єктів, в тому числі через комерційну таємницю процесів експлуатації, а також відсутність детальних технологічно-експлуатаційних регламентів виробників сучасних систем.

Спочатку проаналізуємо проведення капітальних ремонтів відносно виду фасадної системи та переліку робіт. На рис. 1 показаний розподіл видів капітальних ремонтів на основі проаналізованих будівель.



Рис. 1. Розподіл видів капітальних ремонтів фасадних систем

В перелік за можливості не будемо включати супутні роботи на кшталт заміни водостоків, перепрокладання комунікацій, заміни віконного заповнення, ремонт відкосів та ін. Наявність даних робіт залежить від особливостей конкретної будівлі і не впливає на регламент експлуатації та ремонту фасадної системи.

Очевидно, вартість виконання ремонтних робіт обов'язково залежить від виду та розміру об'єкту, зокрема від площі ділянки виконання робіт. За однакової поверховості збільшення площі виконання робіт дозволяє заощаджувати на підготовчих та транспортних роботах, а також оптимізувати виконання робіт за рахунок потокового принципу з розбиванням на окремі захватки. Розподіл площі об'єктів дослідження представлений на рис. 2.

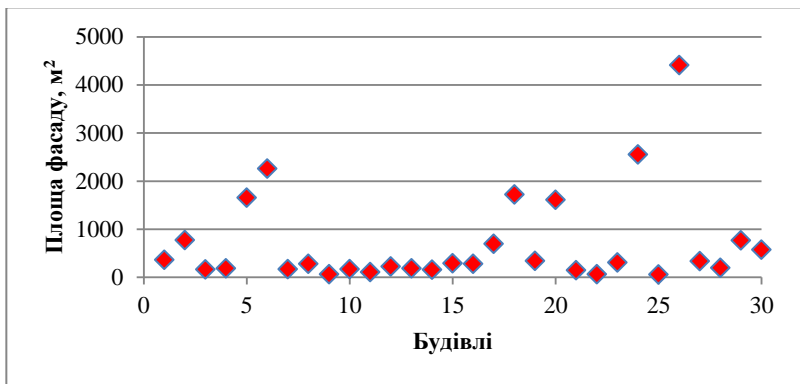


Рис. 2. Розподіл площі об'єктів ремонту

Очевидно, що переважна кількість будівель мають площу фасаду для ремонту в межах до 1000 м². Швидше за все, це пов'язано зі значною кількістю в системі Прозого закупівель ремонтних послуг для комунальних закладів, закладів освіти, тощо. Крім того, для переважної більшості цих об'єктів передбачається улаштування утеплення після демонтажу старої пошкодженої штукатурки, оздоблення керамічними плитками, тощо. Такі види фасадних оздоблень характерні для будівель невеликої поверховості 70-90 років ХХ ст., відповідно площа фасаду у них є незначною. Для сучасних будівель поверховістю понад 10-16 поверхів характерні системи навісних фасадів з вентиляваним повітряним прошарком та скляні фасади, для яких міжремонтний період складає 20-30 років і більше. Тому детальна статистика таких капітальних ремонтів відсутня.

Наступним етапом порівняння є визначення вартості виконання робіт. Для зручності розрахунку будемо виконувати порівняння також в формі графіку, який представлений на рис. 3.

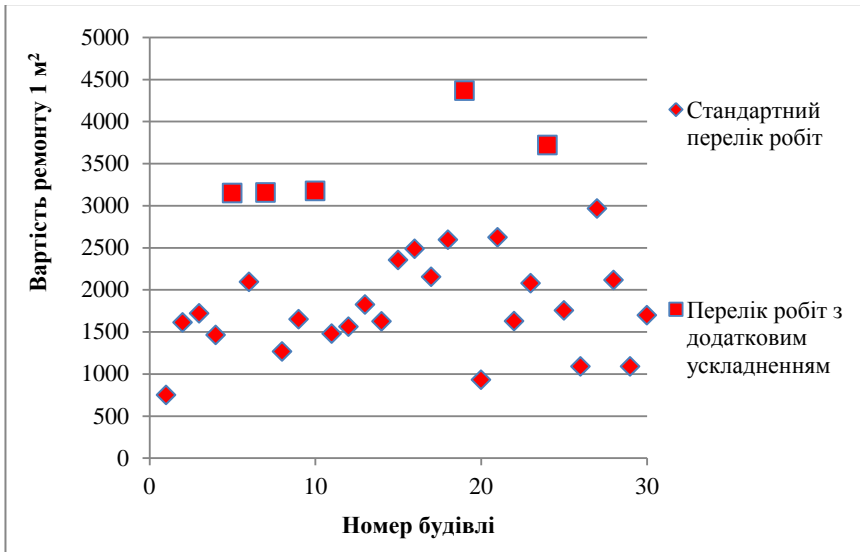


Рис. 3. Розподіл вартості капітальних ремонтів фасадних систем

Очевидно, для більшості об'єктів вартість виконання капітального ремонту фасадної системи лежить в межах від 1000 до 3000 грн/м². За урахування утеплення мінеральними або пінополістирольними плитками з послідуочим штукатуренням та фарбуванням як основного виду фасадної теплоізоляції для досліджуваних будівель, отримані значення приблизно співпадають з вартістю улаштування аналогічних фасадних систем при новому будівництві. Розбіжність полягає в різній вартості улаштування фасадних риштувань (або використанні люльок), складності та об'єму робіт з підготовки ремонту стін (видалення старої штукатурки, шпатлювання, заповнення тріщин, тощо), а також наявності та об'ємів супроводжувальних робіт (перенесення та/або ремонт водостоків,

облаштування віконних відкосів, тощо). Окремо виділені роботи з додатковим ускладненням – для цих проєктів за наявних кошторисів неможливо вичленити окремо вартість та трудомісткість фасадних робіт, відповідно туди включені додаткові розділи по внутрішнім та зовнішнім ремонтним роботам.

Висновки. Таким чином, спостерігається тенденція виконання поточних та капітальних ремонтів фасадних систем переважно з відновленням (або новим улаштуванням) систем типу «мокрый фасад». Причому вартість капітального ремонту близька до вартості улаштування нової фасадної системи, а термін міжремонтного періоду становить 10-15 років. Тому необхідно виконати дослідження енергетичної ефективності відповідних систем з метою встановлення економічної доцільності вказаних режимів експлуатації. Можливо, більш раціональним буде збільшення першочергових капіталовитрат з метою переходу на більш довговічні та енергоефективні фасадні системи з вентиляваним повітряним прошарком.

Список літератури:

1. Державний стандарт України ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 Настанова Основи проєктування конструкцій. – На заміну ENV 1991-1:1994; надано чинності 2009-07-01. – К. Мінрегіонбуд України, 2009. – 81 с.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. – К. Мінрегіонбуд України, 2018.
3. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22 червня 2017р. № 2118 – VIII (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст 359 – К., 2017.
4. Гагарин В.Г. Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем / В.Г. Гагарин // АВОК. – 2007. – №6. – С. 82-103.
5. Галушко В.А. Использование холодного склеивания как альтернатива механическому способу крепления кровельных материалов / В.А. Галушко, Ю.Е Ролитенко // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, №9. 2006, 4-8.
6. Емельянова В.А. Оптимизированная конструкция навесного вентилируемого фасада / В.А. Емельянова, Д.В. Немова, Д.Р. Мифтахова // Инженерно-строительный журнал. – 2014. - №6. – С. 53-66.
7. Еноткина С. Эксплуатация многослойных ограждающих конструкций / С. Еноткина // Молодой ученый. – 2011. – №6. – С. 49-52.
8. Нетеса К.М. Определение аспектов оценки надежности фасадных систем с точки зрения eurocode / К.М. Нетеса, А.В. Радкевич // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, №4 (58). 2015, с. 205-213.
9. Нетеса К.М. «Проблематика современных фасадных систем многоэтажных жилых зданий». / К.М. Нетеса, А.В. Радкевич // Міжнародна конференція експлуатація та реконструкція будівель і споруд, присвячена 85-річчю Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса, 13-15 жовтня 2015 р.
10. Радкевич А.В. Аналіз існуючих методів і моделей при обґрунтуванні організаційно-технологічних рішень будівництва об'єктів / А.В. Радкевич, І.А. Арутюнян, Н.О. Данкевич // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2017. – Вип. 11. – С. 74–80.

11. Савйовский В. В. Дефекты теплоизоляции существующих зданий и пути их устранения / В. В. Савйовский, М. Н. Джалалов // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – Вып. 57. – С. 102 – 106.
12. Савйовский В.В. Энергоаудит и термомодернизация зданий / В.В. Савйовский, М.Н. Джалалов, А.В. Савйовский [та ін.] // Будівництво України. – 2010. – № 6. – С. 3 – 7.
13. Туснина О.А. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов / О.А. Туснина, А.А. Емельянов, В.М. Туснина // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – №8. – С. 54-63.
14. Block, P., Schlueter, A., Veenendaal, D., Bakker, J., Begle, M., Hischier, I., Hofer, J., Jayathissa, P., Maxwell, I., Echenagucia, T. M. NEST HiLo: Investigating lightweight construction and adaptive energy systems. JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING. (2017); Volume: 12; pp. 332-341. DOI: 10.1016/j.jobe.2017.06.013
15. Gallo, P., Romano, R. Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area. Procedia Engineering. (2017); Volume: 180; pp. 1274-1283. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.289.
16. Figaszewski J., Sokolowska-Moskwiak J. The Concept of Multifunctional Wall – an Energy System Integrated in a Single Wall // Architecture Civil Engineering Environment. 2017. Vol. 10 (Iss.1), pp. 5-10.
17. Falagan, D. H. Glass fiber reinforced polyester in the works of Tous and Fargas. INFORMES DE LA CONSTRUCCION. (2017); Volume: 69 (Iss. 546); Article number: e196, DOI: 10.3989/id54733.
18. Park, S., Neizert, T., Kim, Y., Lee, S. Properties of Lightweight Composites Using Industry Wastes with NaOH Alkaline Activator. JOURNAL OF ASIAN ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING. (2017); Volume: 16 (Iss. 3); pp. 619-624. DOI: 10.3130/jaabe.16.619.
19. Pittau F., Malighetti, L. E., Iannaccone, G., Masera, G. Prefabrication as large-scale efficient strategy for the energy retrofit of the housing stock: An Italian case study. Procedia Engineering. (2017); Volume: 180; pp. 1160-1169. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.276.
20. Ciampi, M Some thermal parameters influence on the energy performance of the ventilated walls / M. Ciampi, F. Leccese, G. Tuoni // Processing of 20th UIT National Heat Transfer Conference. Maratea, Italy, 2002, pp. 357-362.

References:

1. Derzhavnyy standart Ukrayiny DSTU-N B V.1.2-13:2008 Nastanova Osnovy proektuvannya konstruktсий [Fundamentals of structural design]. (2009). Na zaminu ENV 1991-1:1994; nadano chynnosti 2009-07-01. Minrehionbud Ukrayiny. Kyiv. Ukraine.
2. Reliability and safety system for construction projects. (2018). DBN B.1.2-14: 2018. Ministry of Regional Development of Ukraine. Kyiv. Ukraine.
3. Pro enerhetychnu efektyvnist' budivel'. Zakon Ukrayiny. (2017). [On energy efficiency of buildings. Law of Ukraine]. No 2118 dated June 22, 2017. VIII (Vidomosti Verkhovnoyi Rady (VVR), № 33, pp. 359.
4. Haharyn, V.H. (2007). « Thermal insulation facades with a thin layer of plaster». *AVOK*. no. 6, pp. 82-103.

5. Halushko, V.A. & Rolytenko, Yu.E. (2006). «The use of cold gluing as an alternative to the mechanical method of fastening roofing materials». *Bridges and tunnels: theory, research, practice.* no. 9, pp. 4-8.
6. Emel'yanova, V.A., Nemova, D.V. & Myftakhova, D.R. (2014). «Optimized design of the hinged ventilated facade». *Inzhenerno-stroytel'nyy zhurnal.* no. 6, pp. 53-66.
7. Enotkina, S. (2011). «Operation of multilayer enclosing structures». *Molodoy uchenyy.* no. 6, pp. 49-52.
8. Netesa, K.M. & Radkevych, A.V. (2015). «Determination of aspects of reliability assessment of facade systems from the point of view of eurocode». *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovs'koho natsional'noho universytetu zaliznychnoho transportu.* no. 4 (58), pp. 205-213.
9. Netesa, K.M. & Radkevych, A.V. (2015). "Problems of modern facade systems of multi-storey residential buildings". *International Conference on Operation and Reconstruction of Buildings and Structures*, dedicated to the 85th anniversary of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. - Odessa, October 13-15,
10. Radkevych, A.V., Arutyunyan, I.A. & Dankevych, N.O. (2017). «Analysis of existing methods and models in substantiating organizational and technological solutions for the construction of objects». *Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennya, praktyka.* Issue 11, pp. 74–80.
11. Savyovskiy, V.V. & Dzhahalov, M.N. (2010). «Defects of thermal insulation of existing buildings and ways to eliminate them». *Naukoviy visnik budivnitstva.* Issue 57, pp. 102-106.
12. Savyovskyy, V.V., Dzhahalov, M.N., Savyovskyy, A.V. et al. (2010). «Energy audit and thermal modernization of buildings». *Budivnytstvo Ukrainy.* no. 6, pp. 3-7.
13. Tushina, O.A., Yemel'yanov, A.A. & Tushina, V.M. (2013). «Thermal properties of various constructive systems of hinged ventilated facades». *Inzhenerno-stroytel'nyy zhurnal.* no. 8, pp. 54-63.
14. Block, P., Schlueter, A., Veenendaal, D. et al. (2017). TM NEST HiLo: Investigating lightweight construction and adaptive energy systems. *JOURNAL OF BUILDING ENGINEERING.* Vol. 12, pp. 332-341. DOI: 10.1016 / j.job.2017.06.013
15. Gallo, P., Romano, R. (2017). «Adaptive facades, developed with innovative nanomaterials, for a sustainable architecture in the Mediterranean area.» *Process Engineering.* Vol. 180, pp. 1274-1283. DOI: 10.1016 / j.proeng.2017.04.289.
16. Figaszewski J. & Sokolowska-Moskwiak J. (2017). «The Concept of Multifunctional Wall – an Energy System Integrated in a Single Wall». *Architecture Civil Engineering Environment.* Vol. 10 (Iss.1), pp. 5-10.
17. Falagan, D. H. (2017). Glass fiber reinforced polyester in the works of Tous and Fargas. *CONSTRUCTION INFORMATION.* Vol. 69 (Issue 546); Article number: e196, DOI: 10.3989 / id54733.
18. Park, S., Neizert, T., Kim, Y. & Lee, S. (2017). «Properties of Lightweight Composites Using Industry Wastes with NaOH alkaline Activator.» *JOURNAL OF ASIAN ARCHITECTURE AND BUILDING ENGINEERING.* Vol. 16 (Issue 3). pp. 619-624. DOI: 10.3130 / jaabe.16.619.
19. Pittau F., Malighetti, L. E., Iannaccone, G. & Masera, G. (2017). «Prefabrication as a large-scale efficient strategy for the energy retrofit of housing stock: An Italian case study.» *Process Engineering.* Vol. 180, pp. 1160-1169. DOI: 10.1016 / j.proeng.2017.04.276.

20. Champi, M., Leccese, F. & Tuoni. G. (2002). «Some thermal parameters influence on the energy performance of the ventilated walls». *Processing of 20th UIT National Heat Transfer Conference*. Maratea, Italy, 2002, pp. 357-362.

А.В. Радкевич, К.М. Нетеса, Т.В. Ткач

Анализ тенденций капитального ремонта фасадных систем на основе публичных закупок в системе PROZORRO

Эффективная эксплуатация зданий и сооружений в условиях устойчивого развития экономики и увеличения стоимости энергоносителей требует увеличения энергоэффективности соответствующих объектов. По этой причине интеллектуальный энергетический мониторинг и поиск новых методов, направленных на улучшение характеристик зданий, имеют первостепенное значение. Рациональным решением является сокращение расходов энергии путем повышения изоляционных свойств фасадной системы. В статье рассмотрены современные тенденции капитальных ремонтов фасадных систем в Украине. Исследование капитальных ремонтов фасадных систем на основе публичных закупок в системе Prozorro установили, что значительную часть ремонтов составляет улучшения теплоизоляционных свойств фасадной системы путем устройства системы утепления фасада минераловатными плитами с отделкой штукатурки, доля соответствующего вида капитального ремонта достигла 67% от общего числа исследованных работ. Устройство фасадного утепления пенополистирольными плитами составляет примерно 20%. Реставрационные работы внешнего слоя фасадных систем, включая реставрацию штукатурки, точечную грунтовку, восстановление шпаклевки, штукатурные и малярные работы, облицовку и др., не влияющих на энергоэффективность здания, составили около 13 % от общего количества исследуемых объектов. Площадь рассматриваемых фасадных работ составляла в среднем от 200 м² до 1500 м². По результатам анализа стоимости соответствующих работ в пересчете на 1 м² фасадной системы определены средние расходы в пределах 1500-2000 грн; при этом стоимость дополнительных работ колебалась от 3500 грн до 4000 грн. Учитывая короткий срок службы соответствующих систем, не требующий технического обслуживания, составляющий 7-10 лет, и руководствуясь соображениями экономической эффективности, было предложено заменить эти фасадные системы вентилируемыми фасадными системами с теплоизоляцией и керамической облицовкой. Доказано, что эта фасадная система имеет значительно более длительный срок эксплуатации и продолжительность межремонтного периода, а начальные капиталовложения увеличат дальнейшую энергоэффективность здания. В результате это позволит свести к минимуму текущие расходы на энергоносители, что, соответственно, повысит рентабельность здания и его соответствие современным мировым тенденциям в области энергосбережения.

Ключевые слова: фасадные системы, эксплуатация, капитальный ремонт, анализ затрат, энергоэффективность.

A. Radkevich, K. Netesa, T. Tkach

Trends in facade system overhaul based on the data analysis of procurement contracts via the PROZORRO public e-procurement system

Obviously, it goes without saying that sustainable economic development and an increase in the cost of energy carriers require improvements in the energy efficiency of

existing buildings and structures. For this reason, intelligent energy monitoring and searching for new methods aimed at improving the performance of buildings have been of utmost importance. One of the feasible solutions to improving the performance of existing buildings would arguably be the reduction in energy costs by increasing the insulating properties of their facade systems. This paper analyses the current trends in the overhaul of facade systems in Ukraine. The research results into facade system renovation conducted via the ProZorro public e-procurement system demonstrated that a significant number of repair works were the improvements in the thermal insulation properties of facade systems by means of mineral wool panels and plaster cladding. The percentage of this type of overhaul contracts reached 67% of the total number of investigated contracts. Facade insulation renovation using expanded polystyrene plates approximately made up 20%. The restoration works of an outer layer of facade systems, including plaster restoration, spot-priming, restoration of hard putty, plaster facing and painting works, revetment, etc., which do not impact the energy efficiency of a building, made up about 13% of the total number of contracts. The area of facade works in question averaged from 200 m² to 1500 m². Having compared the prices per one square metre of a facade system, the average cost for such works has been calculated in the range of 1500 UAH to 2000 UAH; while the cost of advanced works ranged from 3500 UAH to 4000 UAH. Given a short maintenance-free service life of 7-10 years of the corresponding systems and guided by cost-effectiveness reasons, it has been suggested replacing these facade systems with ventilated facade systems with thermal insulation and ceramic cladding. This facade system has proved to have a significantly longer durability and maintenance-free service life, while the initial investment costs will further increase the energy efficiency properties of a building. As the result, this will enable keeping energy operating costs to minimum, which will consequently increase the building's cost-effectiveness and its compliance with current global trends in energy conservation.

Keywords: facade systems, operation, overhaul, cost analysis, energy efficiency.

Посилання на статтю

APA: Radkevich, A., Netesa, K. & Tkach, T. (2020). Trends in facade system overhaul based on the data analysis of procurement contracts via the ProZorro public e-procurement system. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 120-130.

ДСТУ: Радкевич А.В. Аналіз тенденцій капітальних ремонтів фасадних систем на основі публічних закупівель в системі PROZORRO [Текст] / А.В. Радкевич, К.М. Нетеса, Т.В. Ткач // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 120-130.

УДК 69.05:658.512.6

О.А. Тугай,

докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0001-6255-3119

О.Ю. Зеленков,

студент магістратури
ORCID: 0000-0002-0082-2894

Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ

ОРГАНІЗАЦІЯ КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ РОБІТ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ, ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ІНВЕСТУВАННЯ

Будівництво представляє собою складну систему, значення параметрів якої постійно змінюються у часі та залежать від величезної кількості факторів. Успішна реалізація будівельного проекту полягає у досягненні поставлених цілей: завершення будівництва в строк, виконання запланованих об'ємів робіт, оптимальне ресурсне розподілення, досягнення якісної будівельної продукції. Одним із важливіших техніко-економічних показників організаційно-технологічного проектування є тривалість будівництва. Без її визначення, неможливо коректно визначити вартість будівництва, сформувати грошовий потік по інвестиційному періоду будівельного проекту, оцінити його ефективність.

Робота присвячена організації каркасно монолітних робіт різними методами, для визначення різниці у собівартості, тривалості та динаміки капіталовкладень, яку потрібно врахувати інвестору. До уваги були прийняті роботи по зведенню монолітного каркасу будинків з застосуванням будівельних машин і механізмів.

В роботі були розглянуті: потоковий метод, та потоковий оптимізований з усуненням простоїв шляхом корегування строків будівництва; паралельним метод з більшим використанням ресурсів; метод комбінований (паралельно-последовний); последовний метод.

В роботі також було визначено: залежності собівартості від часу загального комплексного будівництва; залежності собівартості від часу окремої роботи у потоці з простоями.

Одним з головних завдань було визначення оптимальної тривалості робіт для інвестора, так як вид організації впливає на такі показники, як: тривалість; вартість; динаміка капіталовкладень.

Житлове будівництво є однією з найважливіших сфер, що визначають економічну стабільність і зростання економіки країни, що вимагають значних і досить довгострокових фінансових вкладень. Саме тому організація ефективного управління інноваційно інвестиційною діяльністю в житловому будівництві виступає завданням особливої важливості.

Однак розвиток ринку житлового будівництва стримується наступними факторами: неефективними способами управління будівельними проектами, низьким рівнем мобільності економічних потоків в будівництві, відсутністю кваліфікованих фахівців та учасників інвестиційного будівельного процесу. Тому

розробка і застосування ефективних засобів управління інвестуванням на сьогоднішній день є дуже важливим завданням.

Ключові слова: *будівництво, потік, потоковий метод, паралельний метод, послідовний метод, собівартість, монолітне будівництво, оптимізація методу організації робіт, фронт робіт, об'єктний потік, комплексний потік, простий виду робіт або фронту, інвестиції.*

Вступ. Одним із чинників кризових явищ будівельного виробництва – є низький рівень організації рішень та висока собівартість робіт, підвищена або дуже висока тривалість будівництва, ремонту та відповідно низька продуктивність та якість продукції.

Аналіз досліджень і публікацій. Теоретичною основою дослідження стали праці вітчизняних і зарубіжних вчених в області економіки, організації, планування будівельного виробництва і управління будівництвом: А.В. Афанасьева, С.М. Джонсона, В.З. Величина. Під час написання даної статті, використовувалися дослідження теорії і практики організації будівництва таких авторів як: І.С. Балабан; А.В. Галумян; В.И. Батурина.

Однак проблема оптимізації комплексного будівництва, та окремих робіт які знаходяться в потоці потребує додаткового дослідження, яке полягає саме у визначенні залежності між собівартістю та тривалістю будівництва.

Ця залежність насамперед розглядає часові характеристики (функція 1) та описує залежність собівартості від часу окремої роботи у потоці з можливим заповненням простоїв (функція2).

Постановка проблеми.

Метою досліджень є розвиток теорії та практики поточної організації будівництва та оптимізації по критерію мінімальної собівартості виробництва робіт. При оцінці по собівартості багатьох варіантів організації робіт, має сенс визначати змінну чи незмінну від варіанту до варіанту частини собівартості.

Так як на кожному етапі будівельного процесу відбувається вплив певних чинників які безпосередньо формують та визначають параметри потоку які постійно змінюються.

Методи дослідження. В роботі були використані чисельні методи, що дозволили об'єднати вартісні та тривалісні показники об'єкту будівництва в єдину підсистему з використанням комп'ютерної програми Excel, при цьому був розроблений та розрахований алгоритм для визначення:

- вартості каркасно-монолітних робіт;
- тривалості;
- чисельності працівників.

Під час дослідження, спостерігаючи за тенденціями на ринку будівництва та відслідковуючи вартісні показники виконання монолітних робіт з застосуванням сучасної техніки та обладнання, було обрано середній за вартістю варіант. Всі входні елементи, що стосуються технології та обладнання формуються та корегуються у програмі.

На основі чого були побудовані графіки будівництва, отримані результати у розробленому алгоритмі, що надали можливість визначити тривалість та вартість каркасно монолітних будівельних робіт.

Виклад основного матеріалу. На підставі узагальнення та аналізу досвіду проектування організації робіт виявлено, що при зміні черговості освоєння фронтів робіт в об'єктних потоках змінюються наступні параметри потоку:

1. Загальна тривалість.
2. Тривалість виконання видів робіт / (простої ресурсів).
3. Тривалість виконання фронтальних комплексів робіт в об'єктних потоках / (простої фронтів).
4. Термін виконання роботи на різних фронтах. [4].

Таким чином, для аналізу собівартості варіантів організації робіт, всі витрати будівельної організації повинні бути поділені на групи, в залежності від функції яких параметрів потоку вони являються. Для оптимізації потоків за рахунок змін черговості освоєння фронтів робіт необхідно розділити витрати по двох групам:

- незалежних від організації робіт (вартість будівельних матеріалів, витрати на доставку матеріалів, витрати на вивезення ґрунту, заробітна плата працівників, тощо);

- залежних від організації (витрати на оренду техніки або амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування, витрати на проведення всіх видів ремонту будівельних машин і механізмів, тощо) [5].

При такому підході до визначення собівартості більш явно проглядається зв'язок між організацією робіт і прибутком підприємства, отримання якого є основною метою діяльності підприємства в ринкових умовах.

На підставі вищевикладеного собівартість будівництва може бути представлена наступним чином:

$$C = C_{\text{cost}} + C(T) + C(\text{PP}^{\text{PEC}}) + C(\text{PP}^{\text{ФР}}) + C(t^{\text{st}}; t^{\text{end}}), \quad (1)$$

де C_{cost} – частина собівартості, на яку не впливає тривалість робіт;

$C(T)$ – функція залежності собівартості (її частина залежної від T) від тривалості монолітних робіт;

$C(\text{PP}^{\text{PEC}})$ – функція залежності собівартості від тривалості робіт (простоїв ресурсів);

$C(\text{PP}^{\text{ФР}})$ – функція залежності собівартості від тривалості виконання фронтальних комплексів робіт (простоїв фронтів);

$C(t^{\text{ST}}, t^{\text{END}})$ – функція залежності собівартості (її змінною при зміні термінів окремою частиною) від тривалості робіт;

При організації будівництва необхідно обрати такий потік, за яким можливо досягнути мінімальних простоїв робіт, розрахувати це можливо за допомогою алгоритму С.М. Джонсона [2], [3].

Функція 1, спостерігаємо зростання вартості з часом, є достовірною для одного фронту робіт, але коли йде мова про представлення декілька фронтів то вона стає не коректною, так як не враховує витрати коштів на простої. При паралельному будівництві вона також працює за цією функцією (*авторська розробка*).

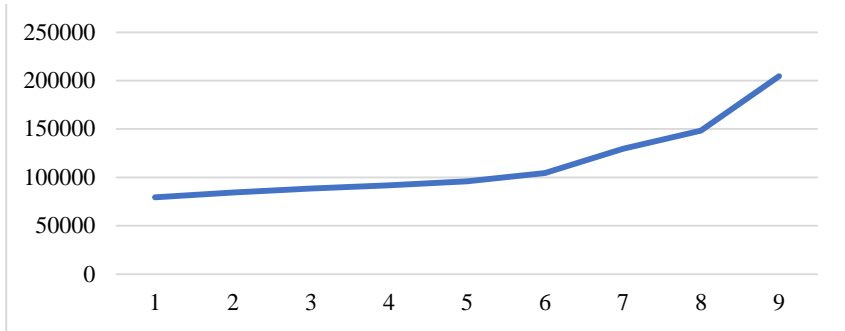


Рис. 1. Функція залежності собівартості від тривалості, $C(T)$

Функція 2, спостерігаємо зменшення вартості з часом через те, що вона знаходиться в потоці та враховує простоті, (авторська розробка).

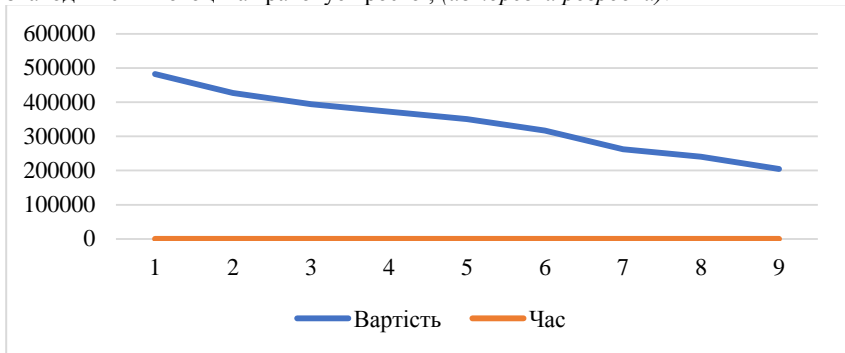


Рис. 2. Функція залежності собівартості від тривалості $C(T+ПР^{1-n})$

Форми інвестування:

- фінансові інвестиції (цінні папери);
- інвестування в різні види грошових інструментів;
- реальні чи прямі вкладення;
- інвестиції в уставний капітал інших підприємств.

До уваги були прийняті прямі вкладення, їх динаміка та інтенсивність, що мають залежність від обраного методу організації виконання робіт. Завдяки цьому ми маємо можливість обирати більш ефективний метод організації робіт при будівництві ще на етапі проектування.

Розглянемо найвагоміші фактори які впливають на вибір методу організації:

- відношення коштів якими володіє підприємство до коштів кредитованих якщо вони є;
- будівельна техніка та обладнання, власна або орендована;
- трудовий ресурс будівельного підприємства;
- відношення кількості підрядників до власних можливостей;

- можливість обпирання на інвесторів якими виступають юридичні або фізичні особи на основі договору участі у діловому будівництві;
- рівень інфляції;
- валютний курс.

Всі ці фактори є вирішальними при остаточному виборі методу організації.

1. Потоковий метод з простоями:

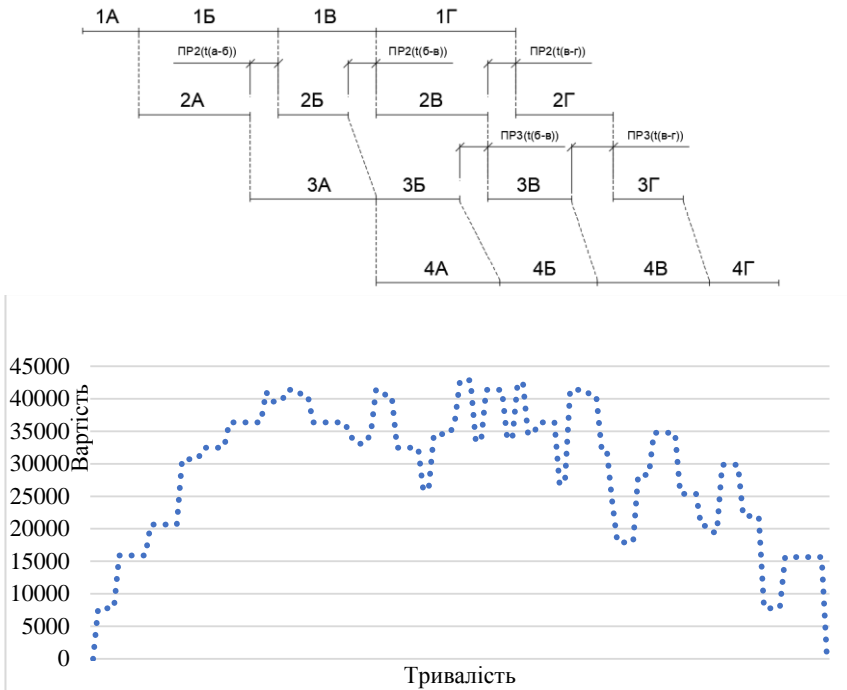
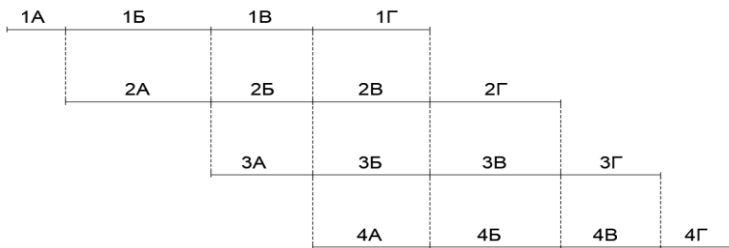


Рис. 3. Діаграма капітальних вкладень на монолітні роботи: тривалість 139 день, вартість 4 121 832 грн. (авторська розробка)

2. Потоковий метод оптимізований:



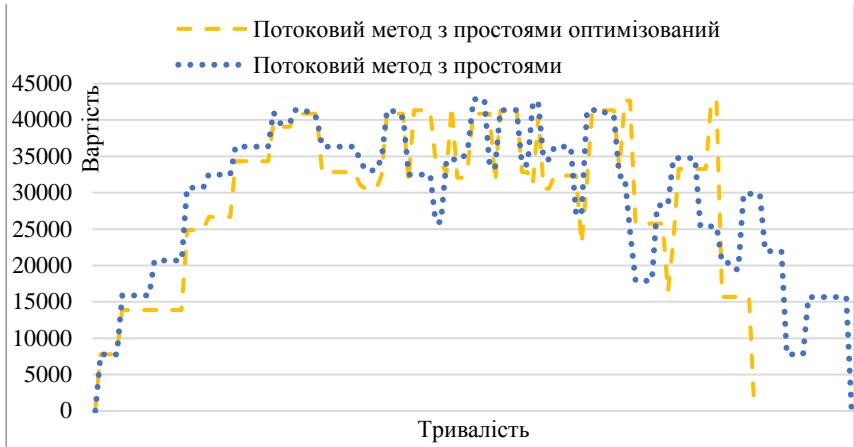


Рис. 4. Діаграма капітальних вкладень на монолітні роботи: тривалість 121 день, вартість 3 691 512 грн. (авторська розробка)

3. Паралельний метод:

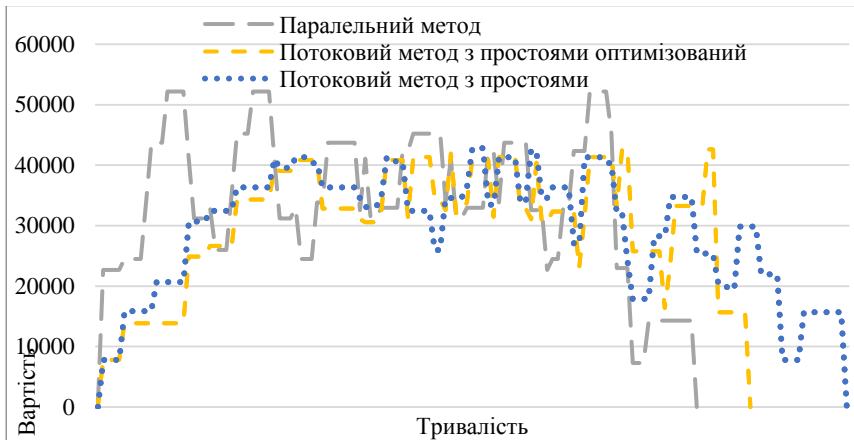
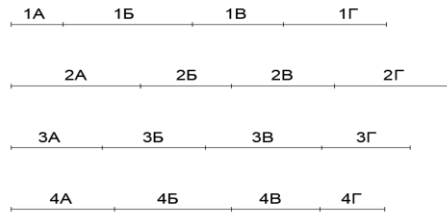


Рис. 5. Діаграма капітальних вкладень на монолітні роботи: тривалість 111 днів, вартість 3 825 012 грн. (авторська розробка)

4. Паралельно-последовний метод (комбінований):

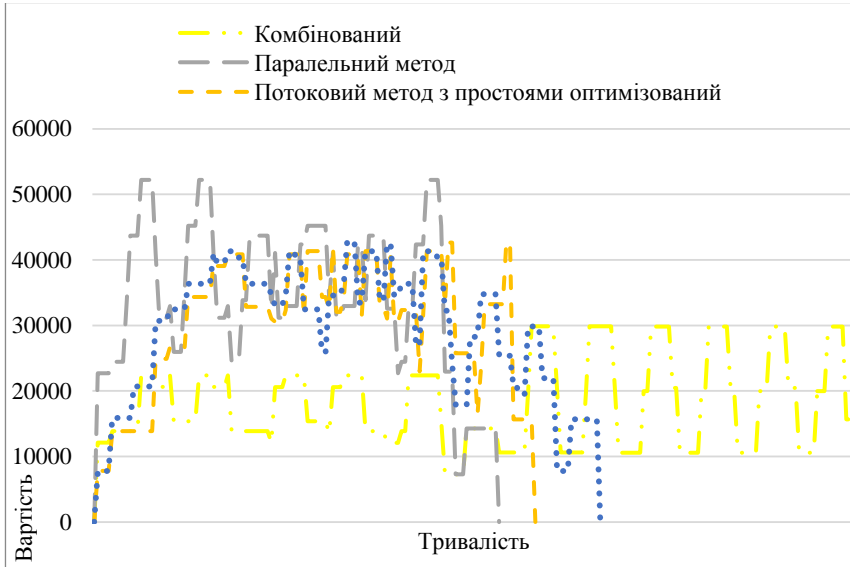
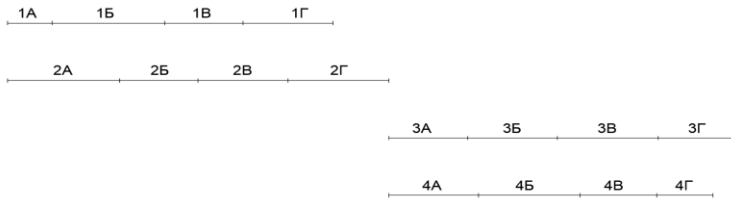
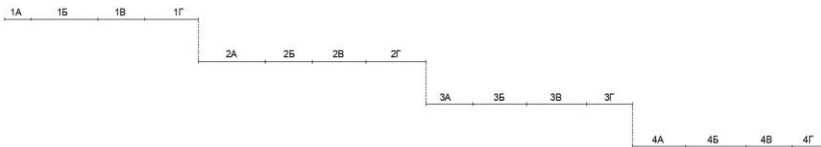


Рис. 6. Діаграма капітальних вкладень на монолітні роботи: тривалість 210 днів, вартість 3 825 846 грн. (авторська розробка)

5. Последовний метод:



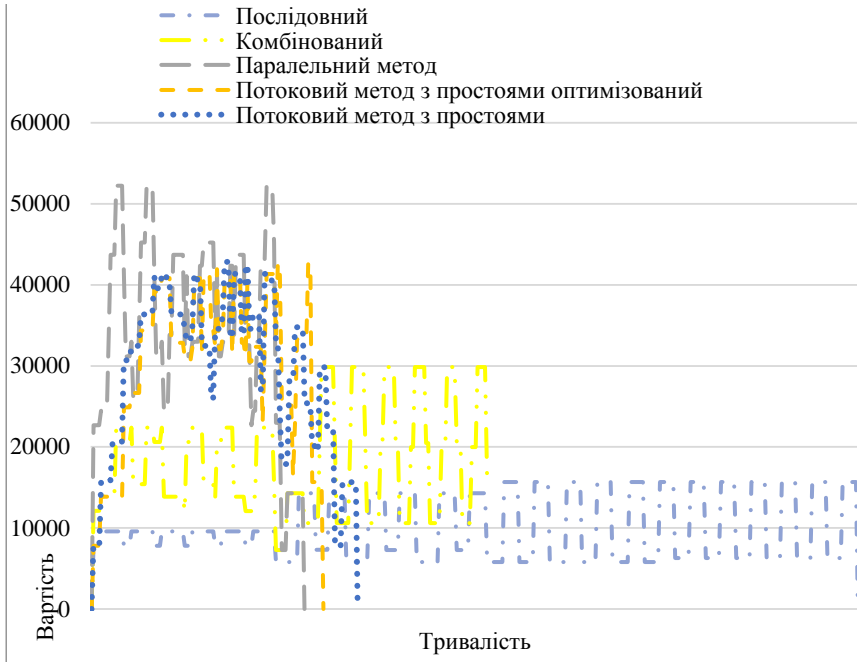


Рис. 7. Діаграма капітальних вкладень на монолітні роботи: тривалість 402 дні, вартість 4 113 300 грн. (авторська розробка)

Висновки. Було представлено п'ять варіантів організації каркасно монолітних робіт на будівництві комплексу.

У вартість будівництва входять усі витрати, пов'язані з організацією будівництва: будівельна техніка та інше обладнання; опалубка; заробітна плата.

При цьому були не враховані будівельні матеріали.

При порівнянні всіх варіантів, ми отримали наступні показники:

№	Метод організації	Власна техніка та обладнання			
		Тривалість	Вартість будівництва	Відсоток зменшення собівартості в залежності від організації будівництва	Середній показник КВ (грн/день)
1	Послідовний	402	4113300	0.2 % ↓ від 100 %	10232.089
2	Комбінований	210	3825846	7.18 % ↓ від 100 %	18218.314
3	Потоковий	139	4121832	100%	29653.467
4	Потоковий оптимізований	121	3691512	10.44 % ↓ від 100 %	30508.363
5	Паралельний	111	3825012	7.2 % ↓ від 100 %	34459.567

Одним із важливих чинників при виборі методу організації є наявність власного технологічного обладнання для виконання каркасно монолітних робіт.

Найдорощим методом при будівництві з використанням власної техніки виявився потоковий метод. У випадку, коли підприємство орендує техніку та обладнання, показники змінюються на наступні:

№	Метод організації	Техніка орендована			
		Тривалість	Вартість будівництва	Відсоток зменшення собівартості в залежності від організації будівництва	Середній показник КВ (грн/день)
1	Послідовний	402	6068742	100%	15096.373
2	Комбінований	210	5530650	8.86 % ↓ від 100 %	26336.428
3	Потоковий	139	5869907	3.27 % ↓ від 100 %	42229.546
4	Потоковий оптимізований	121	5258057	13.35 % ↓ від 100 %	43455.016
5	Паралельний	111	5514822	9.12 % ↓ від 100 %	49683.081

Таким чином можливо побачити, що при використанні орендованої техніки найдорощим виявився послідовний метод.

Вибір конкретного варіанту організації будівництва каркасно монолітних робіт буде залежати від фінансової політики інвестора та обсягів навантаження на будівельну компанію.

Також треба враховувати фактори зовнішнього середовища які неможливо врахувати при плануванні інвестиційного проекту для зниження можливих витрат при коливанні курсу національної валюти та суттєвих коливань прогнозованого показника інфляції.

Одним із засобів який дозволяє застрахуватися від впливу подібних ризиків є використання у договорах (контрактах) механізмів динамічної ціни.

Фахівці компанії повинні відслідковувати поточний фінансовий, економічний стан, що складається в країні та на будівельному ринку для формування стратегії фінансування.

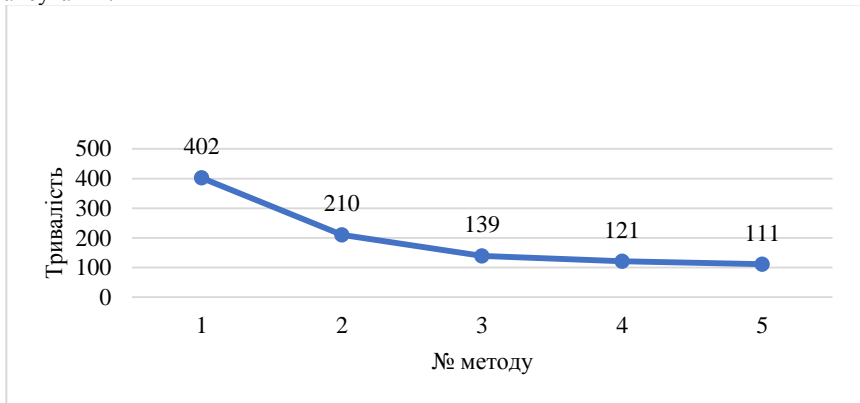


Рис. 8. Порівняння тривалості виконання каркасно монолітних робіт в залежності від вибору методу організації (авторська розробка)

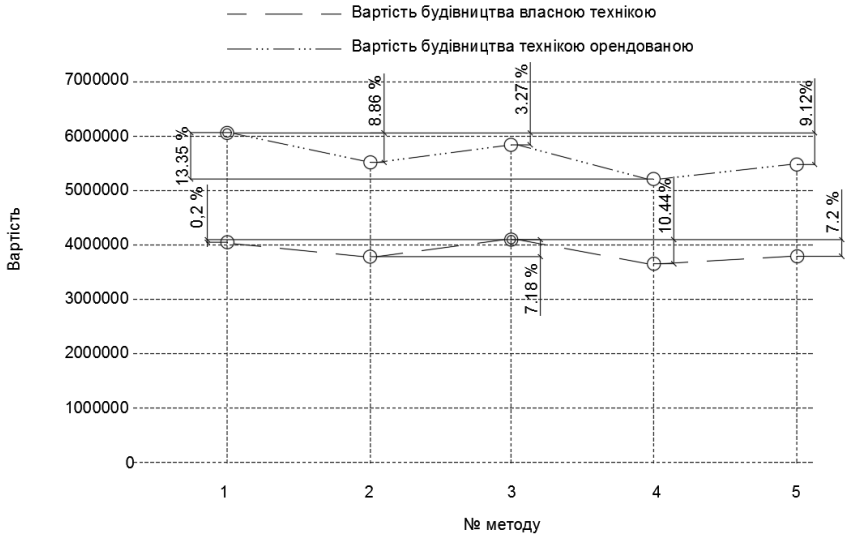


Рис. 9. Порівняння вартості виконання каркасно монолітних робіт в залежності від форм власності будівельної техніки та обладнання (авторська розробка)

Список літератури:

1. Афанасьев В.А., Афанасьев А.В., Валеева (Нефедова) В.К., Власов В.Н. Новые разновидности поточной организации строительства. СПб., 1991, 153 с.
2. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства. Л., Стройиздат, 1990, 302 с.
3. Johnson, S.M. (1954), Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included. Naval Research Logistics, 1: 61-68. <https://doi.org/10.1002/nav.3800010110>
4. Шаблия А.П. Бухгалтерский учет в строительстве / А.П. Шаблия. – М.: Проспект, 2015. – 176 с.
5. Дорош А.М. Організація будівельного виробництва: навч. посібн. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 255 с.
6. Балабан И.С. Оптимизация поточной организации строительства по критерию минимальной себестоимости работ: дисс.канд.техн. наук. – СПб., 1998, 250 с.
7. Романович М.А. Повышение организационно-технологической надежности монолитного домостроения на основе моделирования параметров календарного плана: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.08. – Санкт-Петербург, 2015. – 194 с.
8. Чахкиев И.М. Оптимизация трудовых ресурсов при обосновании директивных сроков строительства уникальных объектов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.08. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2015. – 170 с.
9. Пустошкин В.В. Инновационные формы инвестирования в жилищном строительстве: автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05. Сам. гос. эконом. ун-т, Самара, 2012. 24 с.

10. Свешникова Е.О. Проблемы юридических рисков инвестора при реализации инвестиционного проекта в капитальном строительстве: автореф. ... канд. юрид. наук. М., 2009. 27 с.

References:

1. Afanasyev, V.A., Afanasyev, A.V., Valeeva (Nefedova), V.K., Vlasov, V.N. (1991). *Novyye raznovidnosti potochnoy organizatsii stroitel'stva*. [New types of construction flow organization]. St. Petersburg, Russia.
2. Afanasyev, V.A. (1990). *Potochnaya organizatsiya stroitel'stva*. [Stream organization of construction]. L., Stroyizdat, Russia..
3. Johnson, S.M. (1954), Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included. *Naval Research Logistics*, 1: 61-68. <https://doi.org/10.1002/nav.3800010110>
4. Shablya, A.P. (2015). *Bukhgalterskiy uchet v stroitel'stve*. [Accounting in construction]. Prospect, Moscow, Russia.
5. Dorosh, A.M. (2011). *Organizatsiya budivelnogo virobnytstva*. [Organization of the weekly broadcast]. Agrarna osvita, Kiev, Ukraine.
6. Balaban, I.S. (1998). *Optimizatsiya potochnoy organizatsii stroitel'stva po kriteriyu minimal'noy sebetoimosti robot*. [Optimization of the flow organization of construction according to the criterion of the minimum cost of work]. Ph.D. Thesis. St. Petersburg, Russia.
7. Romanovich, M.A. (2015). *Povysheniye organizatsionno-tehnologicheskoy nadezhnosti monolitnogo domostroyeniya na osnove modelirovaniya parametrov kalendarnogo plana*. [Improving the organizational and technological reliability of monolithic housing construction on the basis of modeling the parameters of the schedule]. Ph.D. Thesis: 05.23.08. St. Petersburg, Russia.
8. Chakhkiev, I.M. (2015). *Optimizatsiya trudovykh resursov pri obosnovanii direktivnykh srokov stroitel'stva unikal'nykh ob'yektov*. [Optimization of labor resources when justifying the directive terms for the construction of unique objects]. Ph.D. Thesis: 05.23.08. St. Petersburg: SPbGASU, Russia.
9. Pustoshkin, V.V. (2012). *Innovatsionnyye formy investirovaniya v zhilishchnom stroitel'stve*. [Innovative forms of investment in housing construction]. Abstract of Ph.D. Thesis: 08.00.05. Himself. state economy. un-t, Samara, Russia.
10. Sveshnikova, E.O. (2009). *Problemy yuridicheskikh riskov investora pri realizatsii investitsionnogo proyekta v kapital'nom stroitel'stve*. [Problems of legal risks of an investor in the implementation of an investment project in capital construction]. Abstract of Ph.D. Thesis. Moscow, Russia.

А.А. Тугай, А.Ю. Зеленков

Организация каркасно-монолитных работ различными методами, определения динамики инвестирования

Строительство представляет собой сложную систему, значения параметров которой постоянно меняются во времени и зависят от множества факторов. Успешная реализация строительного проекта заключается в достижении поставленных целей: завершение строительства в срок, выполнение запланированных объемов работ, оптимальное ресурсное распределения, достижения качественной строительной продукции. Одним из важнейших технико-экономических показателей организационно-технологического

проектирования является продолжительность строительства. Без ее определения, невозможно корректно определить стоимость строительства, сформировать денежный поток по инвестиционному периоду строительного проекта, оценить его эффективность.

Работа посвящена организации каркасно-монолитных работ комплексов различными методами, для определения разницы в себестоимости, продолжительности и динамики капиталовложений, которую необходимо учесть инвестору. Вниманию были приняты работы по возведению монолитного каркаса сооружения с применением строительных машин и механизмов.

- поточный метод, и потоковый оптимизирован с устранением простоев путем корректировки сроков строительства;

- параллельным методом с большим использованием ресурсов;

- метод комбинированный (параллельно-последовательный)

- последовательный метод.

Определены функции: зависимости себестоимости от времени общего комплексного строительства; зависимости себестоимости от времени отдельной работы в потоке с простоями.

Одной из главных задач было определение оптимальной продолжительности работ для инвестора, так как вид организации влияет на показатели: продолжительность; стоимость; динамика капиталовложений.

Жилищное строительство является одной из важнейших сфер, определяющих экономическую стабильность и рост экономики страны, требуют значительных и достаточно долгосрочных финансовых вложений.

Именно поэтому организация эффективного управления инновационно инвестиционной деятельностью в жилищном строительстве выступает задачей особой важности.

Однако развитие рынка жилищного строительства сдерживается следующими факторами: неэффективными способами управления строительными проектами, низким уровнем мобильности экономических потоков в строительстве, отсутствием квалифицированных специалистов и участников инвестиционного строительного процесса. Поэтому разработка и применение эффективных способов управления инвестированием является важной задачей на сегодняшний день.

Ключевые слова: Строительство, поток, потоковый метод, себестоимость, монолитное строительство, оптимизация метода организации работ, фронт работ, объектной поток, комплексный поток, простой вида работ или фронта.

A.A. Tugai, A.Yu. Zelenkov

Organization of frame-monolithic works by various methods, determining the dynamics of investment

Construction is a complex system whose parameter values are constantly changing over time and depend on a huge number of factors. Successful completion of a construction project is to achieve the set goals: completion of construction on time, completion of planned workloads, optimal resource allocation, achievement of quality construction products. One of the most important technical and economic indicators of organizational and technological design is the duration of construction. Without its definition, it is impossible to correctly determine the cost of construction, to generate

cash flow for the investment period of a construction project, to evaluate its effectiveness.

The work is devoted to the organization of frame monolithic works of complexes by different methods, to determine the difference in cost, duration and dynamics of investments, which should be taken into account to the investor. Consideration was given to the construction of a monolithic frame of the house with the use of construction machines and mechanisms.

- streaming method, and streaming optimized to eliminate downtime by adjusting construction time;

- the parallel method with the greater use of resources;

- the method is combined (parallel-sequential);

is a sequential method.

Functions defined:

- cost dependence on the time of general complex construction;

- the cost dependence of the time of individual work in the flow with downtime.

One of the main tasks was to determine the optimal duration

works for the investor, because the type of organization affects the following

indicators:

- duration;

- cost;

- dynamics of investments.

Housing is one of the most important areas that determine the economic stability and economic growth of the country, requiring significant and long-term financial investment. That is why the organization of effective management of innovative investment activity in housing construction is a task of particular importance.

However, the development of the housing market is hampered by the following factors: inefficient ways of managing construction projects, low level of mobility of economic flows in construction, lack of qualified specialists and participants in the investment construction process. Therefore, the development and implementation of effective ways of managing investment is an important task today.

Keywords: *Construction, flow, flow method, parallel method, sequential method, cost, monolithic construction, optimization of work organization method, work front, object flow, complex flow, simple type of work or front, investments.*

Посилання на статтю

APA: Tugai, A.A. & Zelenkov, A.Yu. (2020). Organization of frame-monolithic works by various methods, determining the dynamics of investment. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 131-143.

ДСТУ: Тугай О.А. Організація каркасно-монолітних робіт різними методами, визначення динаміки інвестування [Текст] / О.А. Тугай, О.Ю. Зеленков // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 131-143.

УДК 69.059.3

О.С. Молодід,

канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0001-8781-6579

І.В. Максим'юк,
студент

А.О. Григорова,
магістр

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ЗА РІЗНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

У статті наведено результати експериментальних досліджень з визначення руйнівного зусилля балок підсиленних зовнішнім армуванням та контрольних (без підсилення). За даними результатів таких досліджень можна констатувати, що підсилення балочних конструкцій зовнішнім армуванням дало змогу збільшити їхню несівну здатність на 383,3 %. Встановлено, що є ефективним як варіант підсилення карбоновими пластинами з використанням «хомутів», так і підсилення вуглецевим волокном.

Виконаними аналітичними дослідженнями встановлено техніко-економічні показники різних методів підсилення балкових конструкцій, а саме: підведенням додаткових опор, підведенням додаткових балок, зовнішнім армуванням розтягнутих зон за технологією «МАПЕІ». В результаті отримано дані які вказують на те, що підсилення ригеля підведенням додаткової жорсткої опори потребує 110,4 люд.-год. (100 %), підсилення ригеля підведенням додаткових балок – 94,4 люд.-год. (85,5 %), підсилення ригеля зовнішнім армуванням – 48 люд.-год. (43,5 %). При цьому підсилення ригеля підведенням додаткової жорсткої опори виконується за 9,7 днів (100 %), підсилення ригеля підведенням додаткових балок – 6 днів (62 %), підсилення ригеля зовнішнім армуванням – 4 дні (41,4 %). Також встановлено, що підсилення ригеля підведенням додаткової жорсткої опори коштує 51,8 тис. грн (100 %), підсилення конструкції підведенням додаткових балок – 58,1 тис. грн (112 %), підсилення конструкції зовнішнім армуванням – 35,72 тис. грн (68,9 %).

Отримані результати досліджень ТЕП вказують на те, що трудомісткість, тривалість та вартість виконання робіт при підсиленні балки зовнішнім армуванням менші у порівнянні з іншими технологіями.

Ефективність способу підсиленні балки зовнішнім армуванням досягається як конструктивною складовою – збільшенням несучої здатності без зміни конструктивного рішення так і технологічною – зменшенням трудомісткості, тривалості та вартості виконання робіт.

Ключові слова: *підсилення балок; зовнішнє армування; підготовка основи; реконструкція; трудомісткість; карбонова пластина; вуглецеве волокно.*

Вступ. Технічним завданням на проектування реконструкції одного з навчально-виховних закладів в м. Києві було передбачено надбудову двох поверхів та прибудову корпусу під навчально-виховний комплекс. У відповідності до вказівок нормативних

документів до початку проектування було виконано комплекс інженерно-вишукувальних робіт. В комплекс вишукувальних робіт входило обстеження конструкцій будівлі, в ході якого виявлено три ригелі перекриття з тріщинами вздовж робочої арматури до 3 мм та явні сліди корозії арматури. Перевірочним розрахунком встановлено, що несівна здатність зазначених ригелів не забезпечена, тому необхідно виконати їхнє підсилення.

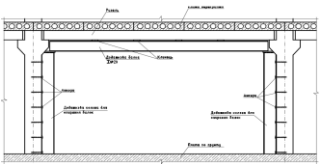
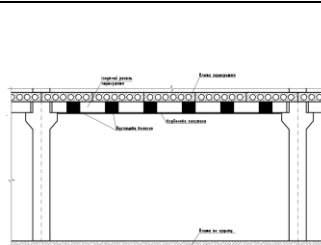
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізом нормативної та технічної літератури встановлено, що зазвичай в практиці, для підсилення балок (ригелів), використовують наступні конструктивно-технологічні рішення: збільшення поперечного перетину за рахунок нарощування; зміна статичної схеми роботи за рахунок установки затяжок, підкосів, стійок тощо [1 – 3] (табл. 1). Проте, влаштування додаткових конструкцій підсилення призведе до зменшення міжповерхового простору, або зміни конструктивно-планувальних рішень внутрішнього простору будівлі. Крім цього, значно збільшується навантаження на опори та фундаменти, або й взагалі з'являється необхідність у влаштуванні додаткових фундаментів під нові опори.

Таблиця 1

Аналіз існуючих способів підсилення

Назва способу підсилення	Схема підсилення	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
Нарощування залізобетонної обойми	<p>1 - балка, що підсилюється, 2 - залізобетонна плита, 3 - залізобетонна обойма, 4 - арматура обойми, 5 - поверхня балки, підготовлена до бетонювання, 6 - отвори, які роблять у плитах для укладання бетону</p>	Збільшення несівної здатності балки	Технологічна перерва при бетонуванні на частотування бетону. Зміна архітектурного вигляду конструкції. Збільшує навантаження на існуючі конструкції фундаментів. Технологічна складність влаштування підсилення.
Підведення додаткової жорсткої обойми	<p>1 - балка, що підсилюється, 2 - додатковий (існуючий) фундамент, 3 - колона підсилення, 4 - болти.</p>	Зменшення зусиль у розтягнутій зоні балки та прогинів	Влаштування додаткових фундаментів. Зміна архітектурно-планувального рішення приміщення. Потреба у великій кількості матеріалів. Технологічна складність влаштування підсилення. Можлива деформація основи під новим фундаментом.
Встановлення сталевих затяжок	<p>1 - балка, що підсилюється, 2 - попередньо напружений шпренгелів із арматури або проканіт сталі, 3 - опорний елемент, 4 - розпорки, 5 - стяжний хомут.</p>	Підвищення жорсткості конструкції. Не потребує розвантаження конструкції. Не змінює архітектурно-планувальні рішення приміщення	Потребує розкріплення у площині. Потреба у попередньому напруженні. Технологічна складність влаштування підсилення. Розвантаження існуючої конструкції на 5...20 %.

Продовження табл. 1

1	2	3	4
Підведення додаткових балок		Підвищення несівної здатності	Зміна архітектурно-планувального рішення приміщення. Технологічна складність влаштування підсилення. Збільшує навантаження на існуючі конструкції фундаментів.
Зовнішнє армування		Збільшення несівної здатності. Низькі трудозатрати. Не змінює архітектурно-планувальні рішення приміщення. Не збільшує навантаження на існуючі конструкції. Легкість влаштування підсилення	Можливість підсилення тільки розтягнутої зони конструкції. Висока вартість матеріалів.

Одним з відмінних способів підсилення конструкцій – є зовнішнє армування (наклеювання за допомогою спеціальних клеїв на поверхню конструкцій високоміцних полотен, пластин або смужок (ламель)) [4–6]. У будівельній практиці наразі використовуються матеріали та технології іноземного виробництва.

Постановка проблеми. Технологія зовнішнього армування, на перший погляд, найбільш доцільна для підсилення ригелів, проте висока вартість матеріалів для вітчизняного споживача може бути суттєвою.

Для виконання даного дослідження було **використано методи** системного аналізу та синтезу, графічний метод представлення інформації, узагальнення та порівняння.

Метою даної публікації є дослідження техніко-економічних показників (ТЕП) різних технологій підсилення ригелів перекриття.

Виклад основного матеріалу. У першу чергу для перевірки ефективності підсилення конструкцій зовнішнім армуванням було виконано, експериментальні дослідження з визначення несучої здатності конструкції до та після підсилення [8]. Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що підсилення залізобетонних балкових конструкцій зовнішнім армуванням є достатньо ефективним способом у порівнянні з традиційними (рис. 1).

Виходячи з результатів експериментальних досліджень можна констатувати, що підсилення балочних конструкцій зовнішнім армуванням дало змогу збільшити їхню несівну здатність на 383,3 %. Встановлено, що є ефективним як варіант підсилення карбоновими пластинами з використанням «хомутів», так і підсилення вуглецевим волокном.

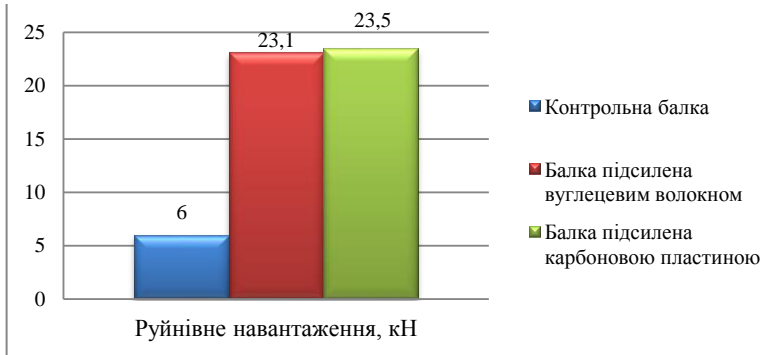


Рис. 1. Гістограма руйнівних навантажень залежно від способу підсилення балки зовнішнім армуванням

До внесення конкретного способу підсилення ригелів у проектні рішення передбачено виконати техніко-економічні порівняння можливих способів підсилення конструкцій: підведенням додаткової жорсткої опори, підведенням додаткових балок та зовнішнім армуванням.

Основними техніко-економічними показниками для порівняння обрано: трудомісткість, тривалість процесу та вартість виконання робіт. Розрахунок проводиться на підсилення однієї балки.

За *першим методом* підсилення ригелів передбачено підведенням додаткової жорсткої опори, а саме металевої колони виготовленої з двох швелерів зварених в коробочку металевими пластинами. Під нову опору передбачено влаштування фундаменту.

За *другим методом* підсилення ригелів запроєктовано підведення додаткових балок. Такий метод передбачав встановлення додаткових металевих опор (колон) для опирання балок. Такі опори встановлювали поряд з існуючими колонами з анкеруванням до них. В подальшому на колони під балку, що потребує підсилення, монтували два двотаври та встановлювали між існуючою балкою та новими металеві клини для включення змонтованих балок в роботу.

За *третьім методом* підсилення ригелів виконується за технологією компанії «МАПЕІ». Така технологія передбачає нанесення ґрунтувкі Маревгар Primer 1 з подальшим нанесенням клею Adesilex PG1/PG2 та приклеюванням пластин Carboplate E170/50/1.4/25. Після приклеювання пластин, вздовж балки з кроком 500 мм наклеювали «хомути» з вуглецевої тканини Маревгар С UNI-AX 300/20, які додатково об'єднували балку та пластини.

На першому етапі дослідження ТЕП передбачено визначення трудомісткості виконання робіт при підсиленні балки за різними технологіями. Трудомісткість визначено в технологічних розрахунках за нормативними значеннями у відповідності до ДБН, ГН, ДСТУ та ЕНіР. Результати даних досліджень представлено графічно у вигляді гістограми на рис. 2.

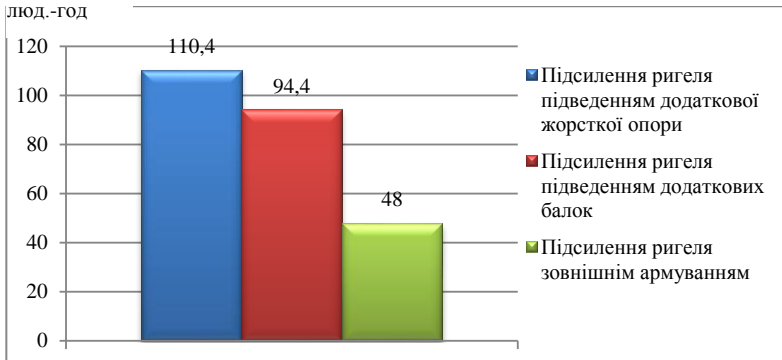


Рис. 2 Трудомісткість виконання робіт при підсиленні балок різними методами

За даними діаграми трудомісткості робіт (рис. 2) видно, що підсилення ригеля підведенням додаткової жорсткої опори потребує 110,4 люд-год (100 %), підсилення ригеля підведенням додаткових балок – 94,4 люд-год (85,5 %), підсилення ригеля зовнішнім армуванням – 48 люд-год (43,5 %).

Тривалість процесу підсилення балки визначено складанням тривалостей виконання робочих операцій з тривалостями технологічних перерв між ними за календарними графіками виконання робіт. Гістограма тривалості виконання робіт представлена на рис. 3.

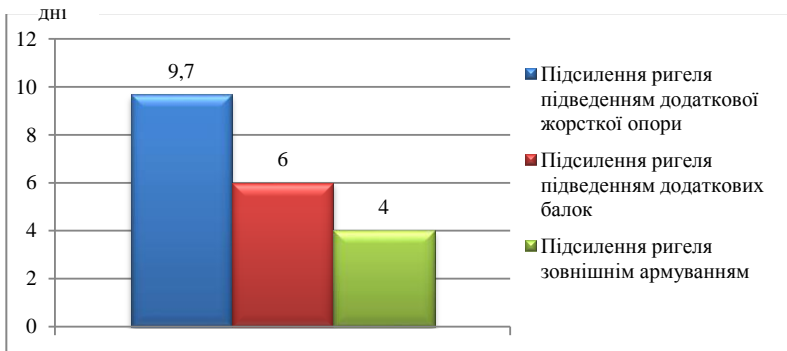


Рис. 3. Тривалість виконання робіт при підсиленні балок різними методами

За даними гістограми тривалості робіт (рис. 3) видно, що підсилення ригеля підведенням додаткової жорсткої опори виконується за 9,7 днів (100 %), підсилення ригеля підведенням додаткових балок – 6 днів (62 %), підсилення ригеля зовнішнім армуванням – 4 дні (41,4 %).

На останньому етапі дослідження ТЕП підсилення балки визначили вартість такого підсилення при різних технологіях виконання робіт. Загальна вартість підсилення складалася з вартості матеріалів і конструкцій та вартості виконання робіт. Загальну вартість матеріалів та обладнання визначено за формулою:

$$P_M = \sum_{i=1}^n (\rho_{mi} \cdot Q_{mi}),$$

де ρ_{mi} – загальна сума добутоків вартості кожного окремого матеріалу;

Q_{mi} – обсяг кожного окремого матеріалу.

Витрати на заробітну плату робітників, що виконують підсилення, визначено в гривнях на основі даних збірника «Ціноутворення у будівництві». Вказані витрати становлять 20,5 грн/год для робітника з розрядом – 3,8. Гістограма вартості виконання робіт представлена на рис. 4.

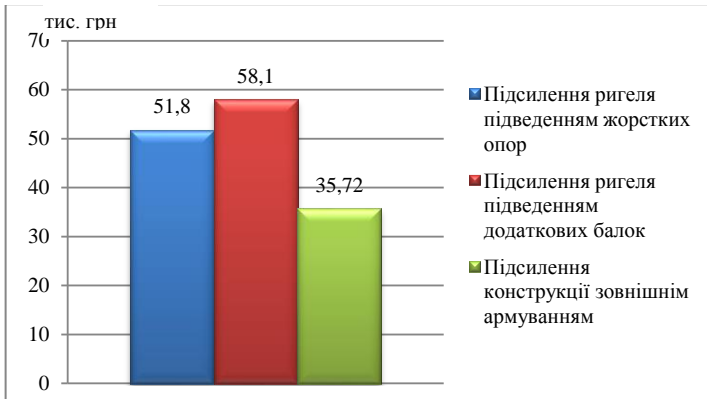


Рис. 4. Вартість підсилення балок різними методами

За даними діаграми вартості робіт (рис. 4) видно, що підсилення ригеля підведенням додаткової жорсткої опори коштує 51,8 тис. грн (100 %), підсилення конструкції підведенням додаткових балок – 58,1 тис. грн (112 %), підсилення конструкції зовнішнім армуванням – 35,72 тис. грн (68,9 %).

Отримані результати досліджень ТЕП вказують на те, що трудомісткість, тривалість та вартість виконання робіт при підсиленні балки зовнішнім армуванням менші у порівнянні з іншими технологіями. Така тенденція пов'язана з тим, що зовнішнє армування виконується шляхом наклеювання ламелей ручним інструментом за простою технологією, яка не потребує великих затрат праці робітників та механізмів, на відміну від класичних методів підсилення. Крім цього зовнішнє армування не потребує влаштування додаткового фундаменту, встановлення опор (додаткових колон), зварювальних робіт, монтажних робіт за допомогою піднімальних пристроїв. Підсилення ригеля зовнішнім армуванням виконується за технологією значно простішою, ніж у двох інших випадках, тому не потребує роботи фахівців різних спеціальностей (бетонувальник, зварювальник), що знижує загальні трудовитрати та вартість робіт.

Для комплексної оцінки ефективності різних видів підсилення використано порівняння з використанням функцій корисності. Функція корисності описує залежність ефективності варіантів від їх експертних оцінок (табл. 2, 3) [9].

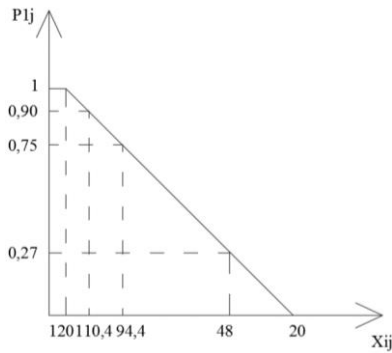
Таблиця 2

Бажані показники техніко-економічних показників підсилення конструкції

Бажане значення	Трудомісткість робіт, люд-год (K_1)	Тривалість робіт, дні (K_2)	Вартість робіт, тис. грн (K_3)
Найбільше	20	2	20
Найменше	120	15	60

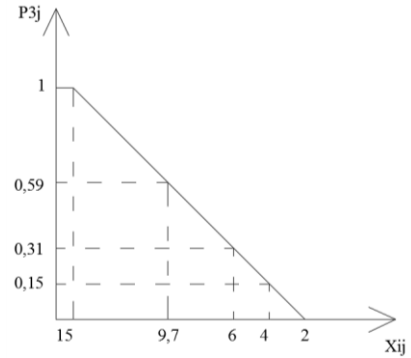
Відповідно до табл. 3 та графіків корисності підсилення ригеля зовнішнім армуванням має найменші коефіцієнти, тобто є найефективнішими.

Трудомісткість робіт, люд-год (K_1)



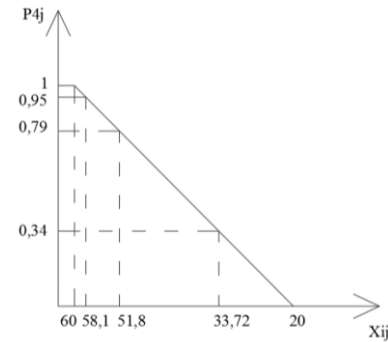
$$\begin{cases} 1, X_{1j} > 120 \\ \frac{X_{1j} - 20}{120 - 20}, 20 \leq X_{1j} \leq 120 \\ 10 * \frac{X_{1j} - 20}{120 - 20}, X_{1j} < 20 \end{cases}$$

Тривалість робіт, дні (K_2)



$$\begin{cases} 1, X_{1j} > 15 \\ \frac{X_{1j} - 2}{15 - 2}, 2 \leq X_{1j} \leq 15 \\ 10 * \frac{X_{1j} - 2}{15 - 2}, X_{1j} < 2 \end{cases}$$

Вартість робіт, тис. грн (K_3)



$$\begin{cases} 1, X_{1j} > 60 \\ \frac{X_{1j} - 20}{60 - 20}, 20 \leq X_{1j} \leq 60 \\ 10 * \frac{X_{1j} - 20}{60 - 20}, X_{1j} < 20 \end{cases}$$

Рис. 5. Графіки корисності

Таблиця 3

Коефіцієнти ефективності технології

Спосіб підсилення	Трудомісткість робіт, люд-год (K_1)	Тривалість робіт, дні (K_3)	Вартість робіт, тис. грн (K_4)
Підсилення ригеля під-веденням жорстких опор	0,9	0,59	0,79
Підсилення ригеля під-веденням додаткових балок	0,75	0,31	0,95
Підсилення конструкції зовнішнім армуванням	0,27	0,15	0,34

Відповідно до табл. 3 та графіків корисності підсилення ригеля зовнішнім армуванням має найменші коефіцієнти, тобто є найефективнішими.

Висновки. Аналіз результатів досліджень показав, що підсилення ригелів зовнішнім армуванням є достатньо ефективним способом у порівнянні з традиційними. Ефективність досягається як конструктивною складовою – збільшенням несучої здатності, технологічною – зменшенням трудомісткості виконання робіт так і економічною – зменшення собівартості робіт.

Результати досліджень дають можливість вибрати конкретний спосіб підсилення ригелів та внести такий спосіб в проектно-технологічну документацію на реконструкцію навчально-виховного закладу.

Список літератури:

1. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд [Чинний від 2017-04-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 72 с.
2. Шагин А.Л. Реконструкция зданий и сооружений / А.Л. Шагин, Ю.В. Бондаренко, Д.Ф. Гончаренко. – М.: Высш. шк., 1991. – 352 с.
3. Савйовский В.В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий / В.В. Савйовский, О.Н. Болотских. – Х.: Ватерпас, 1999. – 288 с.
4. Савйовський В.В. Реконструкція будівель і споруд / В.В. Савйовський. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 320 с.
5. Klebarmierung [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.diamont-ag.ch>.
6. Марепвар С UNI-AX. Покрытие углеволокном высокопрочное однонаправленное. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rosmax.com.ua/stroitelnaia-chimija/strukturnoe-usilenie-s-pomoshhyu-sistemy-frm/mapewrap-c-uni-ax>
7. Minnaugh P.L. The experimental behavior of steel fiber reinforced polymer retrofit measures: thesis master of Science / Patrick Lucien Minnaugh; University of Pittsburgh school of engineering. – Pittsburgh, 2006 – 113 p.
8. Григорова А. Підсилення балочних конструкцій зовнішнім армуванням за технологією “МАРЕР” / А. Григорова, І. Повх // International Scientical-Practal Conferencw of young scientists “Build-Master-Class-2018” November 2018, Kyiv, Ukraine - P. 210 – 211.
9. Гудков П.А. Методы сравнительного анализа. Учеб. Пособие. – Пенза: Изд-во Пеннз. Гос. Ун-та, 2008 – 81 с.

References:

- 1 Remont i pidsylennya nesuchykh i ohorodzhuval'nykh budivel'nykh konstruktсий ta osnov budivel' i sporud. [Repair and strengthening of load-bearing and enclosing building structures and foundations of buildings and structures]. (2016). DSTU B B.3.1-2: 2016 from 01 April 2017. Ministry of Regional Development of Ukraine. Kyiv. Ukraine.
- 2 Shagin, A.L., Bondarenko, Yu.V., & Goncharenko D.F. (1991). Rekonstruktsiya zdaniy i sooruzheniy. [Reconstruction of buildings and structures]. Higher School, Moscow. Russia.
- 3 Savyovsky, V.V. & Bolotskikh, O.N. (1999). Repair and reconstruction of civil buildings. Waterpass, Kharkiv. Ukraine.
- 4 Savyovsky, V.V. (2018). Reconstruction of buildings and structures. Lira-K, Kyiv. Ukraine
- 5 Klebarmierung. URL: <http://www.diamond-ag.ch>
- 6 Mapewrap C UNI-AX. Pokrytiye uglevolokonnoye vysokoprochnoye odnonapravlennoye. [Mapewrap C UNI-AX. The covering is carbon fiber high-strength unidirectional]. (2012). Rosmax-Service. <http://rosmax.com.ua/stroitelnaja-chimija/strukturoe-usilenie-s-pomoshhyu-sistemy-frp/mapewrap-c-uni-ax>
- 7 Minnaugh, P.L. (2006). The experimental behavior of steel fiber reinforced polymer retrofit measures: thesis master of Science. Patrick Lucien Minnaugh; University of Pittsburgh school of engineering. Pittsburgh.
- 8 Grigorova, A. & Povkh, I. (2018). Reinforcement of beam structures by external reinforcement according to MAPEI technology. *International Scientical-Practal Conference of young scientists "Build-Master-Class-2018"* November, Kyiv. Ukraine.
- 9 Gudkov, P.A. (2008). *Metody sravnitel'nogo analiza*. [Methods of comparative analysis]. Penza. Russia.

***А.С. Молодєд, И.В. Максимюк, А.О. Григорова,
Исследования технико-экономических показателей усиления
железобетонных балок по различным технологиям***

В статье приведены результаты аналитических исследований по установлению технико-экономических показателей различных методов усиления балочных конструкций, а именно: подводом дополнительных опор, подведением дополнительных балок, внешним армированием растянутых зон по технологии «МАПЕИ». Установлено, что усиление ригелей внешним армированием является достаточно эффективным способом по сравнению с традиционными. Эффективность достигается как конструктивной составляющей - увеличением несущей способности без изменения конструктивного решения так и технологической - уменьшением трудоемкости, продолжительности и стоимости выполнения работ.

Ключевые слова: *усиления балок; внешнее армирование; подготовка основания; реконструкция; трудоемкость; карбоновая пластина; углеродное волокно.*

***O. Molodid, I. Maksymiuk, A. Hryhorova
Research of technical and economic indicators of reinforcement of reinforced
concrete beams by different technologies***

The article presents the results of experimental investigations to determine the destructive force of beams reinforced with external reinforcement and control (without reinforcement). According to the results of such investigations, it can be stated that the strengthening of beam structures by external reinforcement made it possible to increase their bearing capacity by 383.3%. It has been established that both carbon fiber reinforcement using "clamps" and carbon fiber reinforcement are effective.

The performed analytical researches established technical and economic indicators of various methods of reinforcement of beam constructions, namely: the addition of additional supports, the addition of additional beams, the external reinforcement of stretched zones by MAPEI technology. As a result, data were obtained indicating that the reinforcement of the crossbar by bringing additional rigid support requires 110.4 man-hours (100%), the reinforcement of the crossbar by bringing additional beams - 94.4 man-hours (85.5%), the reinforcement of the crossbar by external reinforcement - 48 man-hours (43.5%). In this case, the reinforcement of the crossbar by bringing additional rigid support is performed in 9.7 days (100%), the reinforcement of the crossbar by bringing additional beams - 6 days (62%), the reinforcement of the crossbar by external reinforcement - 4 days (41.4%). It is also established that the reinforcement of the crossbar by bringing additional rigid support costs 51.8 thousand UAH (100%), strengthening the structure by bringing additional beams - 58.1 thousand UAH (112%), strengthening the structure by external reinforcement - 35.72 thousand UAH (68.9%).

The obtained research results indicate that the labor intensity, duration and cost of reinforcing the beam with external reinforcement is lower compared to other technologies.

Efficiency is achieved by a structural component - increasing the bearing capacity without changing the design solution and by technological component - reducing the labor intensity, duration and cost of work.

Keywords: reinforcement of beams; external reinforcement; preparation of the basis; reconstruction; laboriousness; carbon plate; carbon fiber.

Посилання на статтю

APA: Molodid, O., Maksymiuk, I. & Hryhorova, A. (2020). Research of technical and economic indicators of reinforcement of reinforced concrete beams by different technologies. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 144-153.

ДСТУ: Молодід О.С. Дослідження техніко-економічних показників підсилення залізобетонних балок за різними технологіями [Текст] / О.С. Молодід, І.В. Максим'юк, А.О. Григорова // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 144-153.

УДК 728.1.012.18

В.В. Титок,

канд. екон. наук, старший викладач

ORCID: 0000-0002-9527-3006

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

БУДІВНИЦТВО ДОСТУПНОГО ЖИТЛА З ВИКОРИСТАННЯМ МІСЦЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Тенденції розвитку житлового будівництва мають базуватися на географічному положенні й кліматичних умовах регіону, національних особливостях і культурі, природних багатствах території, транспортному сполученні, щільності та рівні життя населення. Будівництво значно впливає на соціально-економічний розвиток регіону. У зв'язку з цим підвищення стійкості регіонального будівельного комплексу, основою якого є промисловість будівельних матеріалів і будівельна галузь, є актуальним і перспективним напрямком досліджень.

Попит на ринку будівельних матеріалів продовжує стимулювати підвищений інтерес до розробки нових видів ефективних і недорогих будівельних матеріалів. Оскільки будівництво є однією з найбільш матеріаломістких галузей народного господарства, яка споживає велику кількість будівельних матеріалів та виробів, вживаються різні заходи щодо зниження їх вартості.

У зв'язку з цим протягом останнього часу в будівництві прагнуть ширше використовувати місцеві будівельні матеріали. Це дозволяє розвантажити транспорт від перевезень на далекі відстані і значно здешевлює будівництво. Однак промисловість будівельних матеріалів не може розвиватися, орієнтуючись лише на природні джерела сировини, оскільки витрати на їх видобуток і переробку постійно зростають. Використання техногенних відходів забезпечує виробництво багатим джерелом дешевої і часто вже підготовленої сировини, що дозволяє скоротити витрати на виготовлення будівельних матеріалів.

Одним з перспективних напрямів у будівництві доступного житла є максимальне використання будівельних матеріалів та виробів, які можна отримувати з місцевої сировини і відходів промисловості. Як місцеві будівельні матеріали запропоновані глина, пісок, ґрунт, солома, очерет, льон. Застосування відходів виробництва вирішує одночасно екологічні, паливно-енергетичні проблеми і розширює сировинну базу будівельних матеріалів.

Ключові слова: *доступне житло, будівельні матеріали, глина, пісок, ґрунт, саман, сіно, очерет, льон, будівельні відходи.*

Актуальність теми. Світ, у якому лише деякі можуть дозволити собі житло, не є стійким. Кожна людина заслуговує на безпечне місце для проживання, що є невід'ємною складовою забезпечення якості життя окремої людини або сім'ї. Однак сьогодні більшість країн світу постають перед великими проблемами у забезпеченні безпечним та доступним житлом своїх громадян, особливо гостро вони виникають у містах, які швидко зростають. Навіть ті жителі міст, хто отримує стабільну заробітну плату, часто не можуть придбати або орендувати житло. У багатьох країнах орендна плата залишається надто високою і не відповідає рівню доходів, що змушує багатьох платити за житло понад 50% свого доходу щомісяця. Ключові для збалансованого

розвитку економічної системи працівники, зокрема вчителі, працівники поліції, рятувники та працівники медичної сфери і культури, не можуть дозволити собі жити поруч із громадянами, яких вони обслуговують.

На ринок житла впливає не тільки економічна кон'юнктура, а й соціально-політичні фактори, умови навколишнього середовища та розподіл земель областей та міст. Пошук рішень щодо покращення житлових умов у конкретному місті вимагає ширшого розуміння того, що являє собою доступність та які фактори впливають на неї.

Міста повинні сприяти доступності, якщо вони хочуть уникнути масового відтоку ключових працівників та інших талановитих людей. Громади розвиваються лише тоді, коли задовольняються потреби всіх жителів, тому забезпечення доступним житлом є критично важливим кроком у напрямку зростання соціокультурного рівня спільноти.

Доступний місцевий будівельний матеріал є одним із найкращих методів забезпечення доступним житлом, оскільки дозволяє забезпечити наступні аспекти: використання природних, відновлюваних та екологічно чистих будівельних матеріалів, мінімізація розподілу ресурсів, а також можуть застосовуватися інноваційні методи для зменшення витрат при будівництві доступного, стійкого та екологічного житла [1]. Будівельні матеріали визначаються як матеріали, що використовують в кожній будівельній роботі, від підземних до оздоблювальних робіт.

Доступність житла на пряму залежить від будівельних матеріалів, які використовуються. Щоб житло стало доступним, а також відповідало сучасним вимогам, необхідно не тільки знизити його вартість, а й застосовувати при будівництві відповідні матеріали. Використання дорогих і енергоємних матеріалів, таких як цегла, монолітний і збірний залізобетон забезпечують несучу здатність, пожежну безпеку, довговічність, але не відповідають сучасним вимогам теплозахисту будинків, до того ж є економічно не вигідними. Доступні місцеві будівельні матеріали – це матеріали, які ми можемо отримати на місцевості, з низьким впливом на навколишнє середовище, низькою вартістю, та вони будуть довговічні.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Сучасне будівельне виробництво неможливе без нових, високоефективних матеріалів. Ба більше, найважливішим завданням промисловості будівельних матеріалів є розробка і впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій виробництва, екологічно чистих матеріалів, що виготовляються за маловитратними, безвідходними технологіями з максимальним використанням місцевої сировини і відходів промисловості [2, 3, 4].

Мета роботи. У межах міської забудови будь-яке «доступне» житло перетворюється в шалено дороге. Натомість у розвинених країнах на частку індивідуальних будинків припадає від 60 до 90% всього ринку житла. У ціні 1 м² побудованого малоповерхового житла економ-класу частка вартості сировини і матеріалів доходить до 70%.

Проаналізуємо використання деяких шалено дешевих екологічно безпечних матеріалів з метою розвитку будівництва індивідуального доступного житла в Україні.

Виклад основного матеріалу. Житлова проблема має складний широкомасштабний характер, оскільки взаємопов'язана з рішеннями соціально-економічної, інституційної, політичної та інших політик та пріоритетів [5].

Основними факторами, що впливають на доступність житла, є низький рівень розвитку соціальної економіки країни, відсутність економічних установ та обізнаності щодо економії, відсутність фінансування житла, відсутність інфраструктури. Наявність житла є однією з тих основних соціальних умов, які визначають якість життя та добробут людей та міст. Де розташовані будинки, наскільки добре спроектовані та побудовані, наскільки вони об'єднані в екологічну, соціальну, культурну та економічну структуру громад, визначає стійкий розвиток суспільства.

Доступне житло є адекватним за якістю та місцем розташування і коштує не так дорого, щоб обмежувати мешканцям покривати інші основні витрати на життя. Воно часто використовується для опису типу житла для людей з низьким рівнем доходу, яке має безліч інших назв, наприклад, соціальне житло, державне житло та дешеве житло [1].

Доступність вимірюється з точки зору наявного доходу, а доступне житло визначається за вартістю будинку як пропорція до загального доходу домогосподарства. Для малозабезпечених у містах вартість доступного будинку не повинна перевищувати п'ятикратного валового річного доходу домогосподарства, а орендна плата не повинна перевищувати 30% валового щомісячного доходу домогосподарства [1].

Одним з рішень проблеми доступного житла може бути здешевлення будівництва, завдяки досягненню менших витрат на будівельні матеріали, і формування та використання більш раціональних будівельних технологій. Це може включати в себе як загальні організаційні моменти, локальні будівельні технології, так і, можливо, зміну пріоритетів громадян з низьким доходом щодо придбання самого житла. Тобто, якщо у великому багатопверховому будівництві ринок сформований, і впровадження інноваційних методів, технологій і будівельних матеріалів проходить дуже невпевнено, оскільки пов'язано з великими ризиками забудовників і, можливо, навіть не бажанням експериментувати і намагатися поліпшити, то в малоповерховому будівництві цих проблем менше.

Сьогодні дуже легко побудувати бюджетний сучасний будинок. Це тому, що деякі з найдешевших конструкцій є найбільш перспективними. Новітні технології сприяють впорядкованню процесу будівництва, що дає можливість економити на витратах на матеріали, транспортуванні та монтажі. У світі існує безліч нових ідей застосування природних та перероблених матеріалів.

Індивідуальний будинок для проживання – це заповітна мрія кожної людини в нашій країні: чи низькооплачуваного працівника урядової або іншої служби, чи заможного керівника фірми. Дуже часто ця мрія залишається нездійсненою. Це перш за все через високу вартість будівництва житла. Такий ціні сприяє не тільки висока вартість матеріалів та високі ставки заробітної плати, що панують особливо в нашій державі, це також через шалене захоплення так званою «новою модою» у домобудівництві, яку більшість наших інженерів відстоює та переконує своїх клієнтів прийняти. Дуже часто бідний господар будинку довіряє «всезнаючому» інженеру, і він не може або не наважується вирішити, який будинок насправді хоче. Результат полягає в тому, що будинки будуються із щедрим використанням сталі та цементу. У ньому потім не зручно жити, спокотно влітку і холодно взимку. І на цей будинок бідна людина повинна витратити весь свій статок. Таку картину

домобудівної діяльності в нашій державі можна спостерігати і сьогодні. Люди почали усвідомлювати безглуздість всього цього і шукають шляхи та засоби для будівництва будинків досить доброї якості та здатних задовольнити їхні реальні потреби.

Теоретично все житло, необхідне на ринку, можуть побудувати корпорації або будівельні компанії. Однак на дешеве житло зазвичай будується самими домогосподарствами, місцевими громадами та малими підприємствами. Споживачі з низьким рівнем доходу завжди повинні мати можливість купувати якісні та недорогі будівельні матеріали. Коли домогосподарства та громади беруть участь у будівництві будинків, вони можуть значно знизити витрати на будівництво.

Дуже важливо розробити нові будівельні системи для доступного житла. Вони повинні бути розроблені таким чином, щоб могли сприяти високому попиту на доступне житло для більшості людей з низькими доходами. Системи повинні відповідати наступним критеріям: низька вартість матеріалів; комфортний температурний режим; акустична ізоляція; наявність достатньої кількості денного світла; природня вентиляція; вільний вибір внутрішнього та зовнішнього оздоблення; пожежна безпека; низькі експлуатаційні витрати та витрати на обслуговування; міцність та ін. [6].

Незалежно від того, яким буде житло, чи то ринкове, чи то доступне (соціальне) завжди повинні використовуватися тільки якісні будівельні матеріали. Матеріали, крім того, що вони довговічні, мають мати приємні характеристики та вимагають лише невеликого обслуговування. Це можна назвати «базовою міцністю». Будинок повинен забезпечувати захист від наслідків регіональних кліматичних умов, таких як холод і спека, вітер, дощ тощо. Крім того, будинок повинен пропонувати мешканцям безпеку та приватність, і він ніколи не має руйнуватися. Стихійні лиха, такі як землетруси, ставлять унікальні технічні вимоги до конструкцій та матеріалів житла. У районах, які знаходяться під серйозною загрозою, будівництво житла повинно бути заборонено через відповідні норми планування, особливо в місцях, які не можуть бути захищені технічними заходами, такими як дамби в районах повені. Через кліматичні зміни природні явища стають все більш жорстокими, і, отже, вимоги щодо довговічності конструкції будівлі та її матеріалів потребують більшої уваги.

Окрім аспектів довговічності житла повинна забезпечуватися гармонізація і раціоналізація відносин людини з природою, сталий та еколого-безпечний соціально-економічний розвиток, а саме захист навколишнього середовища, клімату та природних ресурсів. Часто метою (урядів, а іноді і місцевих громад) є те, щоб житло не сприяло зміні клімату або викидам парникових газів – зокрема, газу CO₂. За останні 30 років (з 1988 по 2018 рік) світовий обсяг виробництва корисних копалин зріс в 1,7 рази: з 10,4 млрд т до 17,7 млрд т, з яких понад 95% – це будівельні корисні копалини [7, 8]. У сучасному будівництві переважає використання бетону, що складається з неметалічних мінералів: цементу, заповнювачів та піску, – змішаних з водою. Що стосується інших будівельних матеріалів, таких як дерево, цегла, скло та кераміка, то їх наявність викликає дедалі більшу стурбованість, і в майбутньому перевезення будівельних матеріалів на великі відстані буде необхідним для задоволення зростаючого попиту, також при обліку вторинних матеріалів [9]. Для конструктивних цілей бетон і сталь використовуються ретор як залізобетон. Сталь також використовується як балки та інші конструктивні елементи, для оздоблення. За оцінками ЄС, Японії та В'єтнаму, приблизно половина будівельних корисних копалин потрапляє у будівлі, а решта – у цивільну

інфраструктуру, наприклад дороги, порти та дамби [10]. За даними EXIOBASE, у будівельному секторі виробництво матеріалів спричиняє 56% вуглецевого сліду, або 3,3 Гт викидів CO₂ [11].

Викиди, пов'язані з подальшим попитом на будівельні матеріали, можна зменшити за рахунок більш інтенсивного використання будівель, продовження терміну їх експлуатації, використання легших конструкцій та зменшення кількості вуглецевих будівельних матеріалів (наприклад, дерев'яні конструкції замість сталі та цементу), зменшення будівельних відходів [12, 13], повторне використання елементів конструкцій та переробка будівельних матеріалів [14]. Потенціал різних стратегій залежить від стадії розвитку регіону та наявності місцевих будівельних матеріальних ресурсів, а також наявного будівельного фонду, до того ж заходи, спрямовані на нові будівлі, є більш важливими в країнах, що розвиваються, а заходи, пов'язані з продовженням життя, повторним використанням та переробкою стосуються розвинених країн.

Певні знання про місцеві будівельні матеріали та будівельні технології є у територіальних громадах. На використання сучасних будівельних методів, особливо у сільській місцевості, впливає міська будівельна культура, а природні будівельні матеріали часто замінюють цементом, бетоном та сталлю. З цієї причини потрібно шукати можливості впровадити технологічні вдосконалення традиційних будівельних матеріалів та технік. Плотні проекти були створені та контролюються національними та міжнародними організаціями. Застосування нових технологій до місцевих будівельних матеріалів може сприяти вдосконаленню традиційних технологій будівництва у місцевих громадах. Для цього повинна бути надана професійна допомога для окремих домогосподарств та місцевих громад.

Коли національний уряд хоче розробити житлову політику, він досліджує, які будівельні матеріали, будівельні технології та будівельна культура присутні в певному районі. Слід провести дослідження щодо наявності та якості місцевої сировини, такої як деревина, очерет, пісок, гравій, глина, суглинки, вапно та ін. Здебільшого ці матеріали складно знайти в урбанізованих районах, але в прилеглих сільських районах вони є. Звичайно, видобуток сировини має здійснюватися сталим, екологічно-безпечним, регульованим та розумним чином, необхідне стратегічне планування та управління. Місцеві жителі та місцеві компанії можуть бути залучені до закупівлі сировини та її переробки на готові до використання будівельні матеріали, що буде сприяти соціальній стійкості. Краще, щоб (майбутні) мешканці брали участь у проектуванні своїх будинків шляхом створення плану поверху, вибору будівельних матеріалів та будівництві чи благоустрої житлп. Роблячи це, мешканці можуть зменшити витрати на своє житло, що завжди є основною метою доступного житла [15]. Місцеві громадські об'єднання (МГО) повинні залучати жителів до частини будівельних процесів і одночасно пропонувати технічну допомогу, тренінги та курси з різних будівельних дисциплін. Це можуть робити також приватні компанії, але МГО часто є головними дійовими особами. Одним із прикладів участі підприємств у будівництві доступних будинків є програма Патрімоніо Хой мексиканської цементної компанії, яка розробила програму соціальної допомоги, і пропонує будівельні матеріали та технічну допомогу домогосподарствам, які самостійно зводять житло, та кредити на ремонт будинків. У програмі брали участь понад 250 000 домогосподарств у 22 мексиканських штатах [16, 17], а також вона працює в деяких інших країнах Латинської Америки. Коли місцеві жителі залучаються якомога більше до спорудження будинків і коли вони

набувають знань та навичок, можна говорити про стійкий соціально-економічний розвиток.

Сучасні конструкції будівель, як правило, набагато розумніші, ніж старі будинки у сфері енергоефективності. Хоча деякі матеріали можуть коштувати трохи більше в короткостроковій перспективі, проте поточні витрати, як правило, набагато нижчі. Далі проаналізуємо 7 дешевих будівельних матеріалів, які ідеально підходять для недорогого будинку:

1. Старі будівельні матеріали. За містом можна спостерігати, як постійно зростають купи будівельного сміття. Натомість деякі старі будівельні матеріали ретельно зачищають і найкращі з них готують до повторного використання.

2. Стиснуті земляні блоки. Застосування ґрунту як будівельного матеріалу при зведенні малоповерхового житла – загальновідомий факт. На початку минулого століття в нашій країні ґрунт широко використовувався для ґрунтоблоків, виготовлених з дешевої, недефіцитної і легко видобувної сировини, не вимагаючи при цьому складного технологічного процесу і обладнання для їх виробництва з невеликим споживанням електроенергії.

Ґрунт – найдавніший будівельний матеріал, що і зараз широко застосовується в багатьох видах будівництва в Китаї та Індії, у країнах Африки, Середнього Сходу та Латинської Америки. Застосування ґрунту для стінових матеріалів економічно доцільно в цивільному будівництві. Він створює сприятливе для проживання людини екологічне середовище, оскільки більш паропроникний. Особливо ефективним є застосування дрібних суцільних і пористих ґрунтоблоків у малоповерховому будівництві [18].

Постійне зростання вартості електроенергії дозволяє вважати, що застосування ґрунтоблоків буде ефективним і довготривалим. Так, енергоємність обпаленої цегли становить 2,0, а цегли з ґрунтового матеріалу – всього 0,5 кВт. Більш значна економія електроенергії досягається при виготовленні ґрунтоблоків розмірами 20х20х40 см.

3. Блоки Adobe (саман). Блоки Adobe виготовляються із суміші ґрунту на основі глини, води, а іноді й соломи. Мокрий саман формують у цеглини, а потім викладають сушити на сонці протягом декількох днів. Найбільшим недоліком саману є його вразливість до води та дощу. Іноді саман розглядають як «матеріал бідних», що може обмежити його застосування [19]. Блоки Adobe використовуються для будівництва стін, а мокрий саман служить розчином. Способи будівництва значно різняться залежно від клімату. Adobe застосовується у сільській місцевості, але в урбанізованих районах з більшою щільністю забудови використання цього матеріалу не дуже поширене.

Суміш будівельного матеріалу зазвичай складається приблизно з піску та глини у відношенні 3:2 та соломи відповідно до потреб. На відміну від дерева, натуральна глиняна стіна природним чином поглинає вологу без будь-яких побічних ефектів. Що відрізняє саман серед інших будівельних матеріалів, так це те, що його скульптурний характер забезпечує гарні інтер'єри з унікальною, художньою, органічною геометрією. Насправді багато людей обрали цей матеріал, оскільки хотіли, щоб їхній дім виглядав так, ніби він з'явився прямо з дитячої книги.

4. Блокувальні блоки перероблених матеріалів. Для зведення стін можна використовувати з'єднану цеглу або будівельні блоки. Ці цеглини доступні або розробляються у різних формах та розмірах, наприклад, за принципом відомих блоків Lego, або за допомогою порівнянних блокуючих будівельних систем. Якщо можна досягти точних розмірів цих цеглин, їх можна кріпити між собою

максимально близько, і, отже, не потрібно майже ніякого цементу чи розчину. Якщо це можливо, блоки можна використовувати повторно в іншій будівлі. Ще однією перевагою цих будівельних блоків є те, що будинки можуть бути побудовані з них швидко відданою командою некваліфікованих робітників, волонтерів та / або майбутніх мешканців. Ба більше, їх можна використовувати як будівельний матеріал для тимчасових будинків або аварійного житла. Такі блоки мають хорошу теплоізоляційну здатність, порівняно зі звичайними порожнистими бетонними. Блокуюча цегла може бути використана як альтернатива випаленій цеглі, і вона більш стійка. Будівельний матеріал може бути виготовлений з бетону у вигляді порожнистих бетонних будівельних блоків, твердих блоків ґрунтозахисту, бетону, виготовленого з перероблених матеріалів, таких як цегла, та переробленої пластмаси, або переробленої пластмаси, змішаної з органічними матеріалами, такими як рисове лушпиння.

Бетонні будівельні блоки з переробленого сміття на Гаїті «Мобільна фабрика» – це технічна концепція, здатна перетворити сміття у бетонні будівельні блоки, відомі як «Q-цеглинки», які можна збирати разом, як блоки Lego. За допомогою цих блоків також можна зводити багатопверхові будинки. Жертви війни або стихійних лих можуть швидко споруджувати основні будинки та відбудовувати своє житло та громади за допомогою зовнішньої технічної, організаційної та фінансової допомоги. Реалізовані котеджі (2016 рік) площею 18 м² та 24 м² відповідно є прототипами аварійного житла, яке можна побудувати з Q-цегли. Цегла виробляється на місцевому рівні в мобільному виробничому підрозділі або на «мобільному заводі», що складається з двох перероблених контейнерів для транспортування. Стратегія Мобільної фабрики сприятиме постійному виробництву житла на Гаїті, де через шість років після великого землетрусу 2010 року земля все ще покрита 25 мільйонами тонн будівельного сміття. Це сміття може стати сировиною для еквівалентів тисяч доступних будинків [20].

5. Солом'яний тюк. Перше, що спадає на думку, коли чуєш про будинок із соломи, це те, що він повинен бути горючим, неміцним і крихким. Це не могло бути далі від істини. Солом'яний тюк – це високо вогнестійкий, дешевий, природний, стійкий до біологічного розкладу матеріал, який іноді навіть може бути витягнутий із сільськогосподарських відходів. Фактор, що вимірює міцність ізоляції. Використовуючи принципи пасивного будинку, власник житла з соломою може заощадити енергію та витрати. Однак, хоча будинки для тюків із соломи підходять для місць, де необхідний високий тепловий комфорт, вони не підходять для дощових районів, оскільки волога є ворогом номер один для соломи. Плюсом є те, що будинки з солом'яними тюками завдяки незвичній техніці будівництва та дизайну інтер'єру можуть мати більш унікальні, затишні приміщення.

6. Очерет. Очеретові плити застосовують для заповнення каркасів будинків, укладають як накат по балках міжповерхових і горищних перекриттів; очеретові плити застосовуються як теплоізоляційні матеріали і в капітальному будівництві. Вони можуть бути укладені під паркет або лінолеум та ін. [21]. Очерет також використовується як покрівельний матеріал протягом тисячоліть, оскільки він є легкодоступним. Це означає, що це і дешево, і легко транспортувати. Отже, ваші основні витрати тут надходять від робочої сили. У деяких районах Азії це досить поширений тип даху, тому очеретяний дах може бути досить дешевим у встановленні.

У районах вирощування очерету доцільно забезпечувати розвиток виробництва різних будівельних матеріалів на основі очерету і мінеральних в'язучих матеріалів.

Однак, сьогодні технології їх виготовлення потребують удосконалення, також необхідно підвищити технічний рівень виробництва. Широке впровадження сучасних матеріалів, виробів і конструкцій з очерегу в практику будівництва може бути успішним лише за умови істотного розширення науково-дослідних, експериментальних і проектних робіт, а також будівництва досвідчених об'єктів. Як показав історичний досвід і практика, черег задовольняє вимоги будівництва і цілком може бути використаний як повноцінний, дешевий будівельний матеріал.

7. Костриця льону. Костриця – відходи від рослин (льон і коноплі) після первинної обробки, які використовуються в прядильної промисловості. Склад костриці: лігнін (21÷29%), целюлоза (45÷58%), пентоза (23÷26%). Костриця складається з частинок розміром 10÷20 мм по довжині і товщиною 0,1÷1,5 мм. Використовується костриця в будівництві для виготовлення теплоізоляційних матеріалів і як наповнювач для матеріалів з теплотехнічними показниками. Є цікаві дані, що при товщині стін 400 мм з використанням утеплювача з костриці, для обігріву приміщення площею 100 м² необхідно в зимову пору року всього 3 кВт / год електроенергії. Найбільш широко костриця застосовується для будівництва індивідуальних будинків і котеджів з дерев'яним каркасом. Також вона використовується для виготовлення підлог.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Будівельні матеріали, описані в статті, демонструють деякі нові, а іноді й експериментальні особливості, але у всіх випадках необхідна професійна увага для подальшого розвитку (іноді) традиційних будівельних матеріалів та технологій. При цьому технологічний розвиток вимагає інституційної підтримки та нових пілотних проектів. Найближчим часом інституційна підтримка повинна бути спрямована також на стійкі будівельні матеріали, які можна застосовувати в міських районах.

Уряд повинен ретельно переглядати будівельні норми та стандарти, щоб уникнути перешкоджання використанню відповідних матеріалів і технологій у житловому будівництві, особливо для груп з низьким рівнем доходу. Стандарти повинні бути гнучкими, варіюватися залежно від застосування, як для одно- так і багатоповерхових будинків у міських та сільських районах. Формулювання державної політики для розвитку всього будівництва та промисловості будівельних матеріалів може сприяти збалансованому розвитку цього сектору.

Список літератури :

1. UN-Habitat (2016) World Cities Report 2016. Urbanization and development Emerging Cities. Nairobi UN-Habitat.
2. Карапузов Є.К. Матеріали і технології в сучасному будівництві: Підручник / Є.К. Карапузов, В.Г.Соха, Т.Є. Остапченко. – Київ : Вища школа, 2004. – 416 с.
3. Суханевич М.В. Поводження з відходами та їх використання для одержання будівельних матеріалів: навч. посібник / М.В. Суханевич. – Київ: КНУБА, 2011. –150 с.
4. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б., Кочевих М.О. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко [та ін.]; за ред. П.В. Кривенка. – Київ: ТОВ УВПК"ЕксОб", 2004. – 702 с.
5. Herrmann, M., & Khan, H.A. (2008, July 08). Rapid urbanization, employment crisis and poverty in African LDCs: A new development strategy and aid policy. MPRA Paper No. 9499. Retrieved January 12, 2010, from <http://mpira.ub.uni-muenchen.de/9499/>
6. Экологические стандарты в строительстве – BREEAM. URL: <https://www.icsgroup.ru/green/ecostandards/breeam.php>

7. Miatto A., Schandl H., Fishman T. and Tanikawa H. (2017). Global patterns and trends for non-metallic minerals used for construction. *Journal of Industrial Ecology*. 21 (4), pp. 924–937

8. Світовий видобуток корисних копалин. Україна в рейтингу видобувних країн. URL: <https://ua-news.liga.net/economics/opinion/svitoviy-vidobutok-korisnih-kopalyn-ukraina-v-reytingu-vidobuvnih-krajin>

9. Sverdrup, H., Koca, D., Schlyter, P. (2017). A simple system dynamics model for the global production rate of sand, gravel, crushed rock and stone, market prices and long-term supply embedded into the WORLD6 model. *Econ. Resour. Qual.* X: 2:8, 20 p. doi:10.1007/s4127-017.0023-2

10. Krausmann F., Wiedenhofer D., Lauk C., Haas W., Tanikawa H., Fishman T., Miatto A., Schandl H. and Haberl H. Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proc. Natl Acad. Sci.* 114 (2017), pp. 1880-1885, 10.1073/pnas.1613773114

11. Hertwich, E. (2019). The Carbon Footprint of Material Production Rises to 23% of Global Greenhouse Gas Emissions. <https://doi.org/10.31235/osf.io/n9ecw>

12. Коляда С.В. Перспектива развития производства строительных материалов в России до 2020 г. // Материалы IV Всероссийского семинара с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». – М.: Алвиан, 2008. – С. 7-15.

13. Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Строительные материалы, 2009, № 12. – С. 2-5.

14. Шпакова Г.В. Шляхи і можливість переробки будівельних відходів в Україні. Будівельне виробництво. №54. 2012. С. 22-25

15. Bredenoord J., Lindert V.P. (2014) Backing the self-builders assisted self-help housing as a sustainable housing provision strategy. In: Bredenoord J., van Lindert P. and Smets P. (eds.), pp. 18. *Affordable Housing in the Urban Global South, seeking sustainable solutions*. Routledge, London, New York, USA. <https://doi.org/10.4324/9781315849539>

16. Bredenoord J., Montiel C.L. (2014). Affordable housing for low-income groups and urban housing challenges of today. In Bredenoord J., van Lindert P. and Smets P. (eds.), pp. 223-240. *Affordable Housing in the Urban Global South, seeking sustainable solutions*. Routledge, London, New York.

17. Juntos trabajamos para la construcción de un mejor future. URL: <https://www.cemexmexico.com/sostenibilidad>

18. Савицький М.В. Технологія ґрунтового екологічного будівництва / М.В. Савицький, Н.В. Новіченко, Т.Д. Нікіфорова, Ю.Б. Бендерський // Стrojительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. - 2013. - Вып. 68. - С. 349-354.

19. Preservation of Historic Adobe Buildings. URL: <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/5-adobe-buildings.htm>

20. EcoSouth. Dual education. Switzerland Grupo Sofinias. <https://www.ecosur.org/index.php/es/>

21. Очерет як матеріал для будівництва: вигідний бізнес http://melnicbiz.com.ua/ideas_new2/469_business_kamysh-kak-stroitelny-material.html

22. Грицюк К.Ю. Використання відходів переробки льону / К.Ю. Грицюк, В.В. Борзов, І.М. Дударев // Наукові нотатки. – 2012. – Вип. 39. – С. 34-38.

References

1. UN-Habitat (2016) World Cities Report 2016. Urbanization and development Emerging Cities. Nairobi UN-Habitat.
2. Karapuzov, E.K., Sokha, V.G., Ostapchenko, T.E. (2004). *Materialy i tekhnolohiyi v suchasnomu budivnytstvi*. [Materials and technologies in modern construction]. Higher School. Kiev. Ukraine.
3. Sukhanevich, M.V. (2011). *Povodzhennya z vidkhodamy ta yikh vykorystannya dlya oderzhannya budivel'nykh materialiv*. [Waste management and their use to obtain building materials]. KNUCA. Kiev. Ukraine.
4. Krivenko, P.V., Pushkareva, K.K., Baranovsky, V.B., Kochevykh, M.O. (2004). *Budivel'ne materialoznavstvo*. [Construction material science]. In Krivenka, P.V. (ed.). LLC UVPK "ExOb". Kiev. Ukraine.
5. Herrmann, M., & Khan, H.A. (2008, July 08). Rapid urbanization, employment crisis and poverty in African LDCs: A new development strategy and aid policy. MPRA Paper No. 9499. Retrieved January 12, 2010, from <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/9499/>
6. Environmental standards in construction – BREEAM. Available at: <https://www.icsgroup.ru/green/ecostandards/breeam.php>
7. Miatto A., Schandl H., Fishman T. & Tanikawa H. (2017). Global patterns and trends for non-metallic minerals used for construction. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 21 (4), pp. 924–937
8. *Svitovyy vydobutok korysnykh kopalyn. Ukrayina v reytyngu vydobuvnykh krayin*. [World mining. Ukraine in the ranking of extractive countries]. Available at: <https://ua-news.liga.net/economics/opinion/svitoviy-vidobutok-korisnih-kopalin-ukraina-v-reytingu-vidobuvih-krain>
9. Sverdrup, H., Koca, D., Schlyter, P. (2017). A simple system dynamics model for the global production rate of sand, gravel, crushed rock and stone, market prices and long-term supply embedded into the WORLD6 model. *Econ. Resour. Qual.* X: 2:8, 20 p. doi:10.1007/s4127-017.0023-2
10. Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., Miatto, A., Schandl, H. and Haberl, H. (2017). Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proc. Natl Acad. Sci.*, 114, pp. 1880–1885, 10.1073/pnas.1613773114
11. Hertwich, E. (2019). The Carbon Footprint of Material Production Rises to 23% of Global Greenhouse Gas Emissions. Available at: <https://doi.org/10.31235/osf.io/n9ecw>
12. Kolyada, S.V. (2008). "Prospects for the development of construction materials in Russia until 2020". *Proceedings of the IV All-Russian seminar with international participation "Improving the efficiency of production and application of gypsum materials and products."* M.: Alvian. Pp. 7-15.
13. Rakhimov, R.Z., Magdeev, U.H., Yarmakovskiy, V.N. (2009). Ecology, scientific achievements and innovations in the production of construction materials based on and using man-made raw materials. *Construction Materials*. No. 12, pp. 2-5.
14. Shpakova, G.V. (2012). Ways and possibility of recycling construction waste in Ukraine. *Construction production*. №54, pp. 22-25
15. Bredenoord J., Lindert V.P. (2014) Backing the self-builders assisted self-help housing as a sustainable housing provision strategy. In: Bredenoord J., van Lindert P. and Smets P. (eds.), pp. 18. *Affordable Housing in the Urban Global South, seeking sustainable solutions*. Routledge, London, New York, USA. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315849539>

16. Bredenoord J., Montiel C.L. (2014). Affordable housing for low-income groups and urban housing challenges of today. In Bredenoord J., van Lindert P. and Smets P. (eds.), pp. 223-240. Affordable Housing in the Urban Global South, seeking sustainable solutions. Routledge, London, New York. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315849539>

17. Juntos trabajamos para la construcción de un mejor future. [We work for the construction of a better future]. Available at: <https://www.cemexmexico.com/sostenibilidad>

18. Savitsky, M.V., Novichenko, N.V., Nikiforova, T.D., Bendersky, Yu.B. (2013). Technology of soil ecological construction. *Construction. Materials science. Mechanical engineering. Series: Creation of high-tech eco-complexes in Ukraine on the basis of the concept of balanced (sustainable) development*. Issue 68, pp. 349-354.

19. Preservation of Historic Adobe Buildings. Available at: <https://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/5-adobe-buildings.htm>

20. EcoSouth. Dual education. Switzerland Grupo Sofinias. Available at: <https://www.ecosur.org/index.php/es/>

21. Reed as a material for construction: profitable business. Available at: http://melnicabiz.com.ua/ideas_new2/469_business_kamysh-kak-stroitelny-material.html

22. Hrytsyuk, K. Yu., Borzov, V.V., Dudaryev, I.M. (2012). The use of flax processing waste. *Scientific notes*. Issue 39, pp. 34-38.

V.V. Титок

Строительство доступного жилья с использованием местных строительных материалов

Тенденции развития жилищного строительства должны базироваться на географическом положении и климатических условиях региона, национальных особенностях и культуре, природных богатствах территории, транспортном сообщении, плотности и уровне жизни населения. Строительство значительно влияет на социально-экономическое развитие региона. В связи с этим повышение устойчивости регионального строительного комплекса, основой которого является промышленность строительных материалов и строительная отрасль является актуальным и перспективным направлением исследований.

Спрос на рынке строительных материалов продолжает стимулировать повышенный интерес к разработке новых видов эффективных и недорогих строительных материалов. Поскольку строительство является одной из самых материалоемких отраслей народного хозяйства, которая потребляет большое количество строительных материалов и изделий, внедряются различные мероприятия по снижению их стоимости.

В связи с этим, в последнее время в строительстве стремятся шире использовать местные строительные материалы. Это позволяет разгрузить транспорт от перевозок на дальние расстояния и значительно удешевляет строительство. Однако промышленность строительных материалов не может развиваться, ориентируясь лишь на природные источники сырья, поскольку затраты на их добычу и переработку постоянно растут. Использование техногенных отходов обеспечивает производство богатым источником дешевого и часто подготовленного сырья, что позволяет сократить затраты на изготовление строительных материалов.

Одним из перспективных направлений в строительстве доступного жилья является максимальное использование строительных материалов и изделий,

которые можно получать из местного сырья и отходов промышленности. В качестве местных строительных материалов предложены: глина, песок, грунт, солома, камыш, лен. Применение отходов производства решает одновременно экологические, топливно-энергетические проблемы и расширяет сырьевую базу строительных материалов.

Ключевые слова: доступное жилье, строительные материалы, глина, песок, грунт, саман, сено, камыш, лен, строительные отходы.

V.V. Tytok

Construction of affordable housing using local building materials

Trends in housing development should be based on the geographical location and climatic conditions of the region, national characteristics and culture, natural resources, transport links, density and living standards. Construction significantly affects the socio-economic development of the region. In this regard, increasing the sustainability of the regional construction complex, which is based on the building materials industry and the construction industry is a relevant and promising area of research.

Demand in the building materials market continues to stimulate increased interest in the development of new types of efficient and inexpensive building materials. Since construction is one of the most material-intensive sectors of the economy, which consumes a large number of construction materials and products, various measures are taken to reduce their cost.

In this regard, recently in the construction seek to make greater use of local building materials. This allows you to unload transport from long-distance transportation and significantly reduces the cost of construction. However, the building materials industry cannot develop by focusing only on natural sources of raw materials, as the costs of their extraction and processing are constantly growing. The use of man-made waste provides production with a rich source of cheap and often already prepared raw materials, which reduces the cost of manufacturing building materials.

One of the promising areas in the construction of affordable housing is the maximum use of building materials and products that can be obtained from local raw materials and industrial waste. As local building materials are offered: clay, sand, soil, straw, reeds, flax. The use of industrial waste solves both environmental, fuel and energy problems and expands the raw material base of building materials.

Key words: affordable housing, building materials, clay, sand, soil, adobe, hay, reeds, flax, construction waste.

Посилання на статтю

АРА: Tytok, V. (2020). Construction of affordable housing using local building materials. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 154-165.

ДСТУ: Титок В.В. Будівництво доступного житла з використанням місцевих будівельних матеріалів [Текст] / В.В. Титок // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 154-165.

УДК: 69 (075.8)

О.А. Тугай¹,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0001-6255-3119

В.О. Поколенко¹,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0003-1750-5964

А.Д. Єсипенко²,
докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0003-0460-2749

О.В. Дубинка¹,
асистент
ORCID: 0000-0002-1616-3280

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

²Науково-дослідний інститут інноваційного будівництва "НДІ-ІНБУД", м. Київ

ПЕРЕДУМОВИ І ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІМ-КОНЦЕПЦІЇ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Стаття спрямована на розгляд змісту інформаційного моделювання будівельно-інвестиційних проектів шляхом сумісного застосування BIM-технологій (Building Information Modeling – Інформаційне Моделювання Будівель) для повного життєвого циклу об'єктів будівництва. Використання даного підходу при реалізації інвестиційно-будівельних проектів дає можливість деталізувати проект для прийняття своєчасних рішень на кожному з етапів життєвого циклу проекту, від концепції майбутнього об'єкту до його експлуатації.

Технології інформаційного моделювання будівельних об'єктів дають можливість визначити і підвищити рівень взаємодії між учасниками проекту та удосконалити організацію спільної роботи між усіма учасниками будівництва. Для цього необхідні кількісні і якісні перетворення, в тому числі перехід до інформаційного моделювання і в пов'язаних з будівництвом напрямках, які сприяють більш ефективному розподілу інвестицій та формуванню оптимальної вартості проекту, вирішенню завдань нароцування обсягів будівництва та реалізації масштабних інфраструктурних проектів в оптимальних строках на державному рівні.

Визначення передумов і шляхів реалізації BIM-концепції з оптимізацією бізнес процесів є актуальним і потребує наукового обґрунтування та впровадження вивчення технології інформаційного моделювання у навчальному процесі для якісного і професійного підходу до будівельних проектів на практиці.

Ключові слова: BIM-технології, модель організації і управління будівництвом, будівництво, девелопмент, інвестиції.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Сфера будівництва є однією з найбільш важливих галузей для більшості країн. Від неї залежить ефективність функціонування всієї системи господарювання з і

значним впливом на стан навколишнього середовища. Важливість цієї галузі для економіки будь-якої країни можна пояснити наступним чином: капітальне будівництво створює велику кількість робочих місць, а також є основним споживачем проміжних продуктів (до 40% сировини, хімічної продукції, електричного та електронного обладнання тощо) та супутніх послуг.

Результати роботи будівельного сектору можуть суттєво впливати на розвиток загальної економіки. Економічний ефект від розвитку цієї галузі полягає у мультиплікаційному ефекті коштів, вкладених у будівництво та взаємопов'язані процеси. Адже з розвитком будівельної галузі розвиваються: виробництво будівельних матеріалів і відповідного обладнання, машинобудівна галузь, металургія і металообробка, нафтохімія, виробництво скла, деревообробна і фарфоро-фаянсова промисловість, транспорт, енергетика тощо. Також будівництво сприяє розвитку підприємств малого та середнього бізнесу, завдяки чому створюються нові робочі місця. Отже, зростання будівельної галузі неминуче викликає підвищення економіки країни та вирішує ряд соціальних проблем.

Будівельна галузь є однією з ключових будь-якої економіки, наприклад, у ЄС вона складає 9% ВВП. В той час, як в Україні складає 3,97% від ВВП, хоч і показуючи поступове зростання за останні роки (табл. 1). В цілому, будівництво складається з трьох основних секторів: житловий, нежитловий (комерційний і соціальний) та інфраструктурний. У Європі у 2016 р. 78% від усього будівництва склали житлові та нежитлові об'єкти, а решту 22% становили інженерні споруди. В Україні від усього будівництва обсяг житлових та нежитлових будівель складає 47,3% (житлових – 20,78%, нежитлових – 26,52%), інженерні споруди – 52,7%.

Нове будівництво, реконструкція та технічне переоснащення становили 73,8% від загального обсягу виконаних будівельних робіт, капітальний і поточний ремонт – 17,4% та 8,8% відповідно.

Незважаючи на те, що будівельний сектор є ключовим драйвером загальної економіки, він стикається з численними викликами, які є типовими для багатьох країн:

Фрагментація. Будівельна галузь не є однорідною, тому показники її складових можуть суттєво відрізнятись. У Європі на фірми, що мають понад 250 працівників, припадає менше 1% всіх будівельних компаній, які вносять 21% у виробництво всього сектора, тоді як 94% фірм мають менше десятка штатних працівників, але вносять 39% у загальний обсяг виробництва в секторі.

В Україні, будівельна сфера, умовно, розділена навпіл між «великими» та «малими» гравцями. «Великі» займаються «важким» будівництвом – значними інфраструктурними, промисловими об'єктами, великими житловими комплексами тощо. «Малі» гравці – це величезна кількість спеціалізованих підприємств, часто з досить вузькою сферою діяльності (опалення та вентиляція, водопостачання, електрика, слабкострумні системи, акустика, інтер'єри тощо), які виконують роль субпідрядників або працюють на невеликих проектах, таких як приватне житло.

Ці дві групи мають дуже різну продуктивність та ефективність. Низька продуктивність будівельного сектору в значній мірі відображається невеликими фірмами, які виконують спеціалізовані субпідрядні роботи. Тобто, будівництво промислової та цивільної інфраструктури має набагато кращі показники, в той час як підрядники та субпідрядники, які відповідають за велику частку вартості у

проектах нерухомості та реконструкції, часто мають нижчу продуктивність, ніж галузь в цілому. Це також перешкоджає розвитку достатньої критичної маси серед гравців, необхідної для каталізації великих змін у масштабі цілої галузі.

Будівництво відзначається довгим ланцюгом постачання та реалізації, який включає в себе значну кількість малих та середніх підприємств, що призводить до інформаційної асиметрії (оскільки в значній мірі залежить від можливостей акумулювання, оперування та обміну даними, їх якістю та надійністю).

Зарегульованість. Будівництво – одна з найбільш зарегульованих галузей, що нараховує велику кількість законів, постанов, інших нормативно-правових актів, багато бюрократичних процедур, що прямо або опосередковано впливають на її діяльність, швидкість та ефективність. Деякі з них не змінювались десятиліттями, вони застаріли та мають безліч протиріч із сучасними процесами, що відбуваються в галузі. Зміна цих норм зазвичай є досить складною у політичному та бюрократичному сенсах.

Непрозорість та складність. Одним з найбільш проблемних симптомів складного регулювання та бюрократії є поширеність неформальності, недостатньої прозорості та певні корупційні ризики, що підкріплюються численними необхідними схваленнями, інспекціями та дозволами, багато з яких ще супроводжуються значними фінансовими витратами.

Продуктивність. За останні два десятиліття продуктивність праці зросла лише приблизно на чверть темпу у виробництві (відповідно 1,0% проти 3,6%), що зробило будівельний сектор найгіршим виконавцем з точки зору продуктивності. Частково це пояснюється труднощами будівельного сектору у впровадженні цифрових інновацій, які можуть допомогти підвищити продуктивність та прибутковість. За статистичними даними, рівень продуктивності праці у будівництві України хоч і демонструє відносно зростання, проте залишається вкрай низьким у порівнянні з більш розвинутими країнами і становить до 16-18% від рівня цього показника у США і до 30% від рівня країн ЄС.

Існує значна невідповідність між потребами будівельної галузі та можливостями наявної робочої сили. По всьому світу, у тому числі і в Україні, фонд праці в будівельному секторі старіє і стає більш низькокваліфікованим, що робить впровадження змін, необхідних для досягнення значного підвищення продуктивності праці, більш складним завданням, особливо в питаннях автоматизації та використанні нових технологій. Існує потреба підвищення якості вищої освіти та приведення її у відповідність до сучасних викликів.

Незважаючи на це, в Європі заробітна плата все ще зростає. Отже, між 1995 та 2015 роками витрати на одиницю праці (кількість грошей, сплачених за одиницю виробленої робочої сили або збільшення заробітної плати за врахуванням збільшення продуктивності праці) зростали при складеній річній ставці на 2,4% в будівництві, порівняно з 1,3% в виробництві та лише 0,3% у сфері послуг. Поєднання низьких кваліфікацій, низької продуктивності праці та підвищення заробітної плати повинні стати достатнім стимулом для фірм вирішувати проблеми галузі і тим самим сприяти підвищенню продуктивності праці.

Малоефективне використання ресурсів. Будучи одним з найбільших споживачів сировини та супутньої продукції для будівництва, галузь відзначається їх неефективним використанням, високими показниками генерації відходів (до 25%–30%) в процесі ремонтно-будівельних робіт (демонтаж, ремонт, будівництво тощо), які наразі вкрай рідко мають повторне використання. До цього часто

накладається незадовільна оцінка об'ємів та кількості продукції, перевиконання або нестача при закупівлях, логістичні витрати при транспортуванні та зберіганні, що в умовах постійно зростаючої вартості будівельної продукції суттєво збільшує загальні витрати на будівництво та експлуатацію.

Структура контрактів. Структура і характер контрактів є одним з серйозних бар'єрів для підвищення ефективності в будівельній галузі. Штрафи, ризики та винагорода під час контрактного процесу по-різному впливають на учасників, і це призводить до відмови від ризику та зменшення співпраці. Без покращення контрактних процедур у всій галузі, прогрес до досягнення загальної мети підвищення ефективності буде майже неможливим. Нарешті, нинішні контрактні структури не поділяють ризик ефективно. Як контракти з фіксованою ціною (lump-sum), так і контракти з відшкодуванням витрат (cost-reimbursable) мають явний бінарний підхід до розподілу ризику. Коли одна сторона несе більшість ризиків, узгоджені зусилля команди з підвищення ефективності та результатів проекту будуть складнішими, а сторона, яка ризикує, буде схильна більш консервативним підходам щодо інновацій.

Недосконалість процесів. Також, однією з ключових проблем галузі є неефективне управління процесами проектування, будівництва, експлуатації тощо. Занадто часто це низький рівень комунікації, відсутність достатнього та обдуманного завантаження проектних та будівельних команд, поверхнева увага до процесів спільного планування призводять до високого рівня змін протягом життєвого циклу об'єктів. Це знижує продуктивність праці, примушуючи зупиняти роботу, вимагаючи переробки та руйнування налагоджених ланцюжків матеріалів, техніки, робочої сили тощо.

Управління життєвим циклом. Окремо слід зазначити в цілому відсутність підходів щодо управління життєвим циклом об'єктів (зокрема оцінка життєвого циклу, впливу на середовище, вартісний аналіз тощо). І якщо в інвестиційно-будівельній діяльності передових країн поступово відбуваються структурні зміни, в основі яких є зміщення фокусу з процесу проектування та будівництва на весь життєвий цикл об'єкта, то в Україні наразі таких системних підходів не відзначається, крім певних напрацювань та пропозицій. Що, в свою чергу, негативно відображається на реалізації державної політики щодо розвитку будівельної галузі в цілому, ефективності планування та використання бюджетних коштів, унеможливорює мультиплікативний ефект від впровадження нових технологій та підходів. Це зумовлено рядом факторів, що більш детально розглянуті у передумовах.

Недоінвестованість в інформаційні технології. Повільний темп інновацій у будівельній галузі скоріше є наслідком систематичної нестачі широких статистичних, аналітичних, операційних, економічних та ін. даних майже на всіх ключових етапах та процесах. Що взагалі можна охарактеризувати як певний "інформаційний вакуум", який заважає галузі (на відміну від інших, наприклад, машинобудівної) системно акумулювати та оперувати даними протягом життєвого циклу об'єктів, створюючи надійну аналітичну базу для прийняття рішень.

Так, будівельна галузь займає чи не останні місця за індексом цифровізації, а також характеризується, як високо локалізований і фрагментований сектор, який відстає в більшості критеріїв. Наприклад, прийняття рішень на будівельних майданчиках для різних секторів, які географічно розсіяні – досить важке завдання. І враховуючи різні рівні компетенцій дрібних будівельних фірм, які

часто функціонують як субпідрядники, створення нових можливостей у масштабах всієї галузі є ще одним викликом. До того ж, завдяки використанню, у своїй більшості, традиційних методів проектування існує досить вагома проблема постійної «втрати» даних на кожному з переходів до наступного етапу життєвого циклу об'єкта. В цей же час, інвестиції сектору в інформаційні та комунікаційні технології є замалими порівняно з іншими секторами.

Дивлячись на означені виклики як на певний мотиватор, наразі будівельна галузь має великий потенціал для подальших змін. Враховуючи стрімкий розвиток нових технологій, таких як промислове 3D сканування та друкування, дрони, доповнена реальність, роботизація будівельних майданчиків, нові матеріали, сучасне програмне забезпечення та інформаційні платформи, більшість з яких досягла ринкової зрілості для широкого застосування, цифровізація будівельної галузі, де ключова роль відводиться застосуванню технологій та підходів інформаційного моделювання (BIM), все частіше визнається потенційним драйвером для галузі, що може суттєво сприяти сталому розвитку та, зокрема, Стратегії ЄС 2020.

Актуальність основних проблемних питань, які можуть бути вирішені завдяки впровадженню BIM.

Наразі, будівельна галузь має цілий ряд системних, взаємопов'язаних проблем та викликів. Будівництво вважається достатньо неефективним як в процесі, так і в наданні послуг, у вигляді кінцевих результатів, що призводить до збільшення термінів реалізації, підвищення витрат у будівництві та експлуатації, зниженні якості, рівня безпеки, екологічності тощо. Технології та управлінські підходи, які використовуються у вітчизняному будівництві є застарілими порівняно з європейськими країнами.

Аналіз стану справ у будівельній галузі свідчить про необхідність:

1. Корінних змін у процесах створення, зберігання, обміну, передачі інформації, її подальшому використанню та підвищення ефективності процесу управління об'єктами на всіх етапах життєвого циклу.
2. Уніфікації процесів управління та обміну інформацією.
3. Підвищення ефективності управління контрактами в процесі життєвого циклу об'єкту будівництва.
4. Підвищення інвестиційної привабливості галузі.
5. Підвищення конкурентоздатності українських компаній галузі.
6. Забезпечення прозорості інвестиційно-будівельних процесів та ціноутворення будівельних матеріалів та послуг.
7. Прогнозування експлуатаційних витрат будівництва та сталий розвиток будівельної галузі.
8. Цифрової трансформації цілого ряду державних функцій, сервісів та систем, забезпечення їх загальної інтеграції та взаємозв'язку.
9. Зниження регуляторного навантаження.
10. Підвищення енергоефективності будівельної галузі.
11. Підвищення екологічності будівельної галузі.
12. Підвищення безпеки об'єктів будівництва.
13. Забезпечення нормативно-правового поля для застосування BIM протягом усього життєвого циклу.
14. Гармонізація національних стандартів та вимог з європейськими (ISO, CEN).

15. Створення інформаційного та методологічного підґрунтя для подальшої еволюції галузі в рамках більш глобальних концепцій, таких як Smart Cities, Digital Twins, Digital Single Market, Industry 4.0 тощо.



Рис. 1. Схематичне позиціонування BIM та супутніх підходів в галузевому контексті

Одним з найперших ключових завдань, що потребують вирішення, є створення умов для подолання "інформаційного вакууму" у будівельній галузі. Наразі, вона відзначається системною нестачею широких статистичних, будівельних, операційних, економічних даних тощо, їх загальною роздільністю, хаотичністю, невідповідністю, непрозорістю і т. ін. Відсутність повноти узгоджених даних значно ускладнює вирішення зазначених проблем, звужує аналітичні можливості для пошуку і прийняття стратегічних рішень та оцінки їх кінцевого ефекту, деформує системність впровадження нових методів та технологій у галузі в цілому. Натомість, сприяє інформаційній ерозії, "розмиттю" ціноутворення, конфронтації інтересів учасників інвестиційно-будівельних процесів на різних етапах протягом усього життєвого циклу.

Системні процеси створення та обміну цифровою інформацією про будівлю є ключовим аспектом для поліпшення ефективності та якості будівельної галузі. Завдяки моделюванню та управлінню інформацією про забудову, можна підвищити функціональність та якість процесів управління об'єктом протягом усього життєвого циклу, знижуючи витрати на проєктування, будівництво та експлуатацію та досягаючи оптимізації ключових показників проєкту (вартість, ефективність будівництва, якість, вплив на оточуюче середовище тощо). Впровадження інформаційного моделювання надає технічну можливість для переходу від традиційного процесу управління інформацією (за допомогою паперових звітів, експертних оцінок при плануванні, відсканованих документів та повторній обробці даних) до створення експертних моделей задля оптимізації ключових показників проєкту на основі надійних, узгоджених даних, сприяючи

створенню необхідних умов для подальшого переходу до принципів управління життєвим циклом об'єктів будівництва [1, с. 50].

З іншого боку, використання BIM дозволить збільшити прозорість інвестиційно-будівельних процесів, передбачуваність результатів, створить певні умови для переосмислення, вдосконалення або спрощення існуючих регулятивних процедур, нормативно-правової бази, характеру контрактних угод тощо.

Таким чином, формуючи та використовуючи єдине інформаційне поле, впроваджуючи та застосовуючи технології та підходи BIM, будівництво отримує можливість суттєво зменшити негативні наслідки, викликані загальною фрагментацією галузі. Стандартизація, уніфікованість цифрових процесів та єдині "правила гри" дозволять більше та якісніше інтегрувати малі та середні підприємства до інвестиційно-будівельної діяльності, покращити їх ефективність та взаємодію з замовником, за рахунок створення більш прозорих та узгоджених механізмів обміну, керування інформацією протягом життєвого циклу об'єкта.

Окрім фактору задіяної робочої сили, причини низької продуктивності будівельної галузі мають комплексний характер і значною мірою залежать від недосконалості управлінських процесів, застарілої системи організації будівництва. Застосування BIM може забезпечити взаємозв'язок ресурсів, операцій, строків, їх прив'язку до виробничого процесу, підвищуючи контрольованість, керованість процесів, їх ефективність, моніторинг та планування. Також BIM може сприяти створенню необхідної бази для запровадження нових технологій і практик – наприклад, автоматизація та роботизація будівельних майданчиків, використання дронів, нових підходів у модуляризації та типізації будівельних виробів, використання алгоритмічних методів до їх попереднього проектування (algorithm driven design) і виготовлення, промислового 3D друку і т. ін, що позитивно впливає на якість і темпи будівництва.

Зрештою, застосування BIM надає певні можливості для вирішення екологічних проблем та більш ефективного використання ресурсів. Будівельний сектор споживає велику кількість невідновлюваної енергії, через що відбуваються великі викиди CO₂. Загальний обсяг викидів CO₂ у світовому будівельному секторі був 5,7 млрд. т. у 2009 році, що складає близько 23% загального обсягу викидів CO₂, що виробляється глобальною економічною діяльністю. Згідно інформації ЄС для переходу на конкурентоспроможну низьковуглецеву економіку в 2050 р., рівень викидів CO₂ у будівельному секторі у 2030 р. планується скоротити на 40-50%, а у 2050 р. – на 90%. BIM-технології дозволяють керувати енергоефективністю будівель розраховуючи необхідні показники ще при проектуванні та дозволяють обрати найбільш оптимальний варіант.

Будівництво є одним з найбільших та неефективних споживачів сировини та іншої супутньої продукції, а також створює значний обсяг будівельних відходів з низьким рівнем повторної переробки. Однією з цілей ЄС до 2020р, згідно Waste Framework Directive є досягнення 70% повторного використання, переробки або відновлення будівельних відходів під час зведення або демонтажу об'єктів. Застосування BIM надає можливість оптимізувати використання ресурсів – наприклад, наявність BIM-моделей існуючих будівель дозволить більш точно проаналізувати доступні об'єми матеріалів, придатних до повторного використання, що можуть бути отримані при їх утилізації, сумістити їх з

потребами нового об'єкта та виробити найбільш ефективний підхід до демонтажу, логістики тощо [2, с.118].

Одним з шляхів вирішення перелічених проблем, окрім загальної цифровізації та санації галузі, є впровадження технологій та підходів BIM. Наприклад, впровадження подібних технологій у Великобританії дозволило зменшити витрати на будівництво в середньому на 15-25% та покращити показники будівельних об'єктів.

Формулювання цілей статті.

Метою статті є необхідність відображення концепції BIM, варіанту впровадження BIM-технологій і застосування подібних технологій в Україні, що в свою чергу може принести економічний результат, за умови комплексного підходу при впровадженні BIM, направлено перш за все на зміну процесів управління об'єктом будівництва отриманої за допомогою інформаційного моделювання протягом усього життєвого циклу об'єкта. Метою концепції є розробка стратегії впровадження BIM технологій задля вирішення більшої частини проблем будівельного сектору.

Виклад основного матеріалу дослідження з новим обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Концептуальні засади BIM були окреслені ще у минулі роки, майже з найперших днів застосування електронного обчислення. Проте на певних етапах йому передувало застосування САД-систем (що в більшості були логічним продовженням традиційного методу креслення), оскільки, щоб досягти свого сучасного рівня і своїх можливостей, інформаційне моделювання мало пройти певний шлях розвитку, спираючись на наявні технології в комп'ютерній та інформаційній сфері, нові концепції та підходи у галузі проектування та будівництва.

BIM – процес створення цифрового представлення будівлі на основі об'єктно-орієнтованого підходу, комплексної інформаційної моделі, що концентрує та зберігає всі необхідні дані, які використовуються на всіх етапах життєвого циклу як надійна основа для прийняття рішень. Застосування BIM безпосередньо чи опосередковано впливає на всі залучені сторони у галузі капітального будівництва. BIM – це принципово інший спосіб створення, використання та обміну даними життєвого циклу об'єкту. Терміни «інформаційна модель будівлі» («BIMs») та «інформаційне моделювання будівництва» («BIM») часто використовуються як взаємозамінні та взаємопов'язані, що відображає суттєве збільшення значення та використання терміну для задоволення зростаючих потреб галузі. Саме тому, поняття «BIM» є набагато більш комплексне, ніж простий переклад або розшифровка абрєвіатури і може бути розкрито на основі трьох ключових концепцій:

Як процес взаємодії. Спільний та інтерактивний процес між усіма залученими сторонами, що підтримується різними інструментами, технологіями і програмним забезпеченням, з використанням певних підходів та методологій, які передбачають створення і управління цифровими представленнями геометричних, фізичних, функціональних та інших характеристик на всіх стадіях життєвого циклу об'єктів.

Як продукт. Результат BIM-процесу, кінцевим продуктом якого має бути цілісна інформаційна система, що представлена інформаційною

моделлю/моделями (BIMs), що містить у собі всю необхідну інформацію про об'єкт і може використовуватись усіма залученими сторонами.

Як управління життєвим циклом. Наявність інформаційних моделей з необхідними та актуалізованими даними на кожному з етапів надає можливість оперувати життєвим циклом об'єкта, від початку проектування та до завершення експлуатації, застосовуючи їх у підготовці і прийнятті ефективних, прозорих та виважених фінансових, проектних, будівельних, експлуатаційних та технічних рішень, використовувати як аналітичну базу, тощо.

Слід також зауважити, що можливості інформаційного моделювання також залежать від існуючих ІТ-технологій, програмного забезпечення та фізичних характеристик мереж і апаратного обладнання.

ВІМ в контексті життєвого циклу об'єктів

Ефективна трансформація будівельної галузі передбачає використання інформаційного моделювання на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. Незважаючи на те, що трансформація в цілому передбачає більш глобальний процес цифровізації, принципи та технології ВІМ розглядаються як один з ключових механізмів її реалізації. Оскільки саме застосування ВІМ дозволяє побудувати системний підхід до створення, обміну та передачі, аналізу і використання інформації.

Протягом **життєвого циклу** генерується значний обсяг даних, які, як зазначено, мають бути надійною основою для прийняття рішень, а також бути передані для обробки та використання на наступному з його етапів. Одну з найперших задач, що дозволяє вирішити застосування ВІМ – це значно мінімізувати «втрати» даних при переході між цими етапами, забезпечити їх безперервність, на відміну від традиційних методів, де шлях інформації «уривався» наприкінці кожного етапу у вигляді паперових креслень. Це зумовлюється використанням інформаційної моделі як своєрідної бази в рамках CDE, що централізовано концентрує та зберігає всі необхідні дані, керуючись прийнятими стандартами та процедурами протягом всього життєвого циклу.

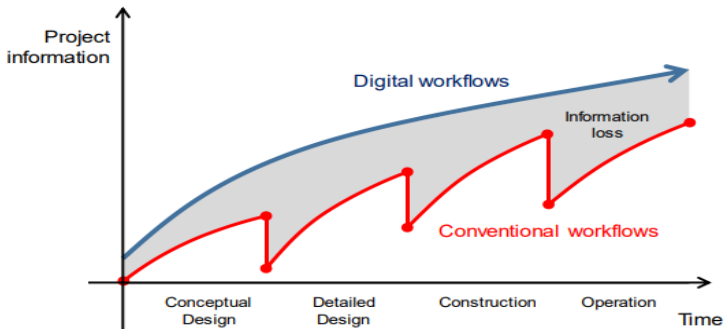


Рис. 2. Втрата інформації, спричинена порушеннями в цифровому інформаційному потоці

Очевидно, що найбільший ефект із застосування BIM можна досягти за умови його використання починаючи з якомога раннього етапу життєвого циклу об'єкта і безперервно до самого його кінця, повноцінно застосовуючи на кожному з етапів.

На етапі **концепції** одними з основних задач створення інформаційної моделі є визначення місця розташування об'єктів будівництва, головного обладнання, систем енергозабезпечення, переліку будівель та споруд та їх основних конструктивних властивостей, точок підключення до централізованих систем енергозабезпечення та трас лінійних інженерних споруд і комунікацій, необхідних для реалізації задач проекту [5, с. 62]. Проте, крім вирішення традиційних задач на цьому етапі, використання BIM дозволяє дослідити цілий ряд можливостей майбутньої будівлі не тільки на основі її геометричного вираження, але й з попередньою аналітичною перевіркою її основних показників ефективності для досягнення оптимального результату – будь то енергоефективність, порівняння проектних варіантів, вплив на оточуюче середовище, прогнозування та управління вартістю об'єкта тощо [6, с. 71]. А наявність бази даних, отриманих з попередніх проектів дозволяє суттєво вдосконалити аналітичний процес, систему прийняття рішень на ранніх етапах, збільшити розуміння майбутнього проекту та його властивостей замовником або експлуатантом. Таким чином, використання BIM на цьому етапі дозволяє створити оптимальну структуру проекту та забезпечити базу для оптимізації організаційних рішень в його реалізації.

Для стадії **проекування** моделі концептуальної стадії разом з усією інформацією, зібраною для проекту (як у форматі 3D, так і інших форматах) на попередньому етапі, використовуються для розробки основних моделей необхідних дисциплін та спеціальних розділів проекту. Саме на цій стадії BIM має можливість максимального впливу на проект, оскільки від прийнятих проектних рішень, що розробляються та деталізуються, залежить цілий ряд кінцевих показників об'єкта, у тому числі й вартісних. Це досягається шляхом залучення до командної роботи усіх спеціалістів, які приймають участь в проекті, для спільної взаємодії та координації в процесі розробки, використовуючи зведені інформаційні моделі будівлі. Це дозволяє, в свою чергу, зробити кілька проектних ітерацій, в рамках яких виконати пошук і виявлення міждисциплінарних колізій, проектних помилок, як візуально, так і автоматично за допомогою програмних засобів, оптимізувати архітектурні, конструктивні та інженерні рішення, враховуючи ключові показники проекту, які визначені ще на етапі концепції. Власне, ці моделі також використовуються для створення всієї необхідної проектної документації.

На **тендерному** етапі ключовою задачею є організація та систематизація (класифікація) контенту створеної моделі за видами матеріалів, робіт та послуг, оцінка вартості, тривалості та послідовності будівництва, а також визначення ключових показників якості проекту, стратегії реалізації, вибір підрядних організацій, постачальників та проведення торгів. Використання BIM на цьому етапі дозволяє оптимізувати вибір підрядної організації, зробити первинну оптимізацію інженерних рішень, а також зробити більш реалістичний прогноз щодо графіка і вартості реалізації проекту.

Використання BIM суттєво впливає на **етап будівництва**. Спеціальна інформаційна модель об'єкта включає в себе сукупність тривимірної, графічної, текстової та календарної інформації (4D BIM) про процес організації і виконання будівельних робіт (у тому числі і тимчасових, логістичних та ін.), фінансування будівництва та витрати (5D BIM), а також візуалізацію процесу зведення об'єкта.

Така модель може бути синхронізована з планом виконання робіт, що дозволяє контролювати фактичний стан об'єктів, відстежувати і аналізувати можливі відхилення, фіксувати ресурсні та бюджетні витрати, отримувати аналітичні дані щодо потреб у матеріалах, завантаженню будівельної техніки, робочої сили або надходження необхідної продукції на будівельний об'єкт, а також отримувати іншу оперативну інформацію в режимі реального часу.

По завершенню будівництва, модель об'єкта має бути актуалізована на підставі виконавчої зйомки/документації із урахуванням усіх змін та відхилень, для відтворення реалістичної цифрової копії об'єкта «як він є» (as built) і використання на наступному етапі.

На **етапі експлуатації** передбачається, що отримана інформаційна модель (6D BIM) містить всі необхідні дані для ефективного управління та використання будівлі. Ці дані можуть включати в себе інформацію про виробника певного обладнання/системи, дату встановлення, необхідне технічне обслуговування та деталі про те, як вони повинні бути налаштовані і експлуатуватися для оптимальної роботи, енергоефективності, а також дані про термін служби та виведення з експлуатації. Цифрове та централізоване представлення таких даних, поєднаних з тривимірною моделлю, суттєво полегшує процес оперування будівлею, дозволяє легко отримувати необхідну інформацію для подальшого аналізу і моніторингу функціонування об'єкта, прийняття рішень, планування тощо [7, с. 39].

Слід зауважити, що насичення такими даними має важливе значення ще на етапах концепції та проектування, оскільки дозволяє прийняти найбільш оптимальне та ефективне рішення враховуючи довгострокову перспективу експлуатації будівлі. Важливою частиною є збір операційних даних протягом експлуатації за допомогою датчиків, моніторингових систем, звітів та інших джерел надходження інформації. Ці дані мають постійно оброблятися та аналізуватися з метою їх подальшого використання для оптимізації та покращення ключових показників об'єкта. Врешті, інформаційна модель може бути використана для процесів демонтажу або подальшої **реновації**, санації або реконструкції об'єкта.

Висновки, зроблені в результаті дослідження і перспективи подальших досліджень.

Використання BIM як інструменту, що, перш за все, оперує інформаційною складовою (в деяких випадках свідомо переформулюють акцент саме на Building Information Management, тобто, управління інформацією в рамках будівельних об'єктів), разом з новими методологіями та інформаційними технологіями, дозволить створити необхідні умови для системного створення, накопичення, управління та обміну ключової інформації у єдиному середовищі для її широкого використання всіма учасниками будівельної галузі. Це фундаментальна необхідність для подальшої реформації та модернізації галузі, що охоплює колосальний спектр завдань, починаючи від створення надійної основи для прийняття рішень в рамках інвестиційно-будівельних процесів, переходу до управління життєвим циклом та вартісного аналізу, поліпшення контролю капітальних вкладень, вдосконалення принципів ціноутворення, забезпечення інтегрованості та взаємозв'язку державних сервісів та інформаційних систем тощо.

Впровадження інформаційного моделювання будівлі (BIM) розглядається як рішення для управління інформацією під час проектування, будівництва та операційних етапів життєвого циклу активу. Слід відзначити, що особливе значення впровадження BIM-технологій в контексті життєвого циклу має для **державного**

сектору, де об'єкти будуються і експлуатуються за бюджетні кошти. У цьому питанні BIM-технології дозволяють заощаджувати та максимально ефективно використовувати державні кошти на будівельних проєктах, що призведе до збільшення кількості побудованих та реконструйованих об'єктів. Такі технології також допомагають мінімізувати корупційні ризики при їх реалізації. Таким чином громадський сектор отримує інструмент контролю за державними витратами при будівництві, а державний сектор отримує можливість для прозорого ведення проєктів та підвищить рівень довіри з боку населення.

Стосовно **бізнесу**, то їх зацікавленість у використанні BIM-технологій зумовлена можливістю покращити якість проєктування, зменшити витрати у будівництві, експлуатації, що призведе до збільшення прибутків будівельних компаній. Крім цього, оптимізувати операційну діяльність за рахунок скасування застарілих, гальмуючих процесів, що часто призводять до дублювання роботи або додаткового навантаження задля досягнення певних традиційних вимог, що втрачають свою актуальність в сучасних умовах. Проте це неможливо в умовах застарілої нормативно-законодавчої бази. Оновлення якої потребує детального аналізу, широкого обговорення та пошуків спільних рішень між представниками усіх секторів.

В результаті проведеного аналізу зарубіжного і вітчизняного досвіду, наукових і дослідницьких робіт в області BIM та здійснення адаптації накопичених знань до вітчизняних особливостей сформовані переваги від використання інформаційного моделювання:

- зниження витрат;
- зменшення термінів підготовки проєктної документації;
- зменшення ймовірності помилок при проєктуванні;
- скорочення термінів введення будівлі в експлуатацію.
- контроль ключових показників і дотримання термінів виконання робіт;
- швидке надання інформації щодо результатів досліджень і випробувань, проєктної документації та звітів в електронному вигляді;
- оперативне коригування вартісних показників будівництва;
- врахування при проєктуванні оптимальних показників енергоефективності будівель;
- ефективна інтеграція з GIS;
- можливість повноцінного використання на всіх етапах життєвого циклу об'єкта накопиченої бази даних і знань по об'єкту капітального будівництва усіма стейкхолдерами проєкту;
- організація надійного зберігання і використання актуальної та достовірної інформації, що дозволяє знизити кількість помилок і колізій на всіх етапах життєвого циклу об'єкта;
- зменшення ймовірності технічних, планових і фінансових ризиків на всіх етапах життєвого циклу об'єкта;
- зниження витрат і збільшення ефективності процесу будівництва за рахунок типізації проєктних рішень і підвищення рівня автоматизації проєктних і будівельних робіт;
- оптимізація обсягів і термінів виконання робіт на всіх етапах життєвого циклу об'єкта за рахунок підвищення точності міждисциплінарних рішень;
- моніторинг ходу будівництва та аналіз планово-фактичних показників по моделі об'єкта, що забезпечують прозорість фактично виконаних обсягів робіт;

- підвищення точності планування термінів виконання робіт і бюджету на всіх етапах життєвого циклу об'єкта;
- формування електронного паспорту об'єкта;
- легше вирішення юридичних суперечок;

Впровадження BIM в рамках узгодженої інформаційної екосистеми дозволяє знизити вплив фрагментації галузі та сприяти вдосконаленню взаємодії її учасників. В той самий час, як загальна уніфікація та алгоритмізація процесів та взаємин суб'єктів галузі разом з потужною інформаційною підтримкою та розповсюдженням супроводжуючих матеріалів та найліпших практик, надає змогу покращити якість та ефективність процесів компаній малого та середнього бізнесу, збільшити їх загальну залученість до інвестиційно-будівельної діяльності за рахунок підвищення якості кінцевого результату їх послуг. Проте шляхи і темпи впровадження BIM у європейських, та інших розвинених країнах різняться між собою. Тому важливим етапом є дослідження успіхів та помилок, зроблених іншими державами.

Шляхи впровадження BIM. Загалом можна виокремити чотири юридичні шляхи впровадження BIM, які з в процесі реалізації еволюційно змінюються.

1) Добровільне застосування.

Суть: створення умов для можливості застосування BIM та користування його перевагами. З цього етапу починають впровадження усі країни.

Переваги: дозволяє будівельному сектору самостійно переходити до застосування BIM. Однакові умови для малих та великих компаній.

Недоліки: не системне впровадження, при постійному застосуванні існують ризики низького темпу впровадження BIM у будівництві.

2) Обов'язковий для будівництва коли держава виступає замовником, та параметр проекту перевищує певний бар'єр.

Суть: для ефективного використання бюджетних коштів BIM технології застосовуються при державному будівництві для проектів перевищуючих певний встановлений бар'єр (вартість проекту, площа об'єкта, складність об'єкта, кількість поверхів тощо).

Переваги: забезпечує частковий перехід до використання BIM технологій, залишає малим компаніям, які не можуть дозволити собі застосування BIM технологій, можливість отримувати дрібні державні замовлення. Добровільне застосування у комерційному секторі.

Недоліки: створення розриву між компаніями, які застосовують BIM та які не застосовують, несистемність збору даних про забудови в одному форматі.

3) Обов'язковий для всього будівництва коли держава виступає замовником.

Суть: для ефективного використання бюджетних коштів BIM технології обов'язково застосовуються при державному будівництві.

Переваги: стимулює масштабне впровадження, бо державні замовлення становлять значну частину ринку, що зумовлює перехід великої кількості проектів до використання BIM, сприяє ефективному використанню бюджетних коштів.

Недоліки: ризики для малих компаній, які не мають коштів для впровадження BIM технологій, через що державні замовлення розподіляються між великими компаніями. Може потребувати підвищення вартості проектів на початковому етапі впровадження.

4) Обов'язковий для будь-якого будівництва.

Суть: застосування BIM технологій обов'язкове для будівництва усіх об'єктів.

Переваги: повний перехід до використання BIM технологій, знижує вартість будівельних проєктів у перспективі.

Недоліки: ризики для малих компаній, які не мають коштів для впровадження BIM технологій, через що будівельний ринок розподіляється між великими компаніями. Може потребувати підвищення вартості проєктування на початковому етапі впровадження.

Всі країни розпочинали впровадження BIM технологій з добровільного застосування. Процес впровадження включає в себе такі елементи: створення робочої групи, яка включає в себе представників державних органів влади, бізнесу та громадськості, розробку необхідних змін для створення сприятливих умов для застосування BIM технологій, поділ на етапи впровадження та визначення бажаного рівня BIM на кожному з них, відбір пілотних проєктів, та процес створення нових учбових програм та напрямів для навчання або перекваліфікації працівників у області BIM.

Слід відзначити, що також існує багато методів, якими держава може сприяти використанню BIM технологій не тільки як замовник, а й ще як регулятор, створюючи не лише законодавчу базу для використання BIM технологій, а ще й працюючи над сприятливими умовами для переходу до використання BIM. Такими можуть бути певні податкові пільги, дотації, повернення частини коштів на придбане програмне забезпечення, безкоштовні навчальні програми, експертна підтримка, фінансування масштабної медійної підтримки тощо.

Будівництво за державним замовленням у більшості країн складає значну частину ринку. Тому процес впровадження обов'язкового застосування BIM для об'єктів, які будуються за державним замовленням потребує особливої уваги. В цьому напрямі слід відмітити різницю у напрямках реалізації пілотних проєктів за державні кошти:

- Інфраструктурні;
- Житлові споруди;
- нежитлові споруди.

Це дозволяє перевірити процес використання BIM технологій з огляду на тип об'єктів які планується будуватись державою найбільше, або які є пріоритетними для заощадження ресурсів та часу.

З урахуванням курсу України до євроінтеграції, буде більш доцільним йти перевіреним шляхом європейських BIM-лідерів і використовувати європейські стандарти, що значно пришвидшує та здешевшує процес впровадження, відкриває європейський ринок та сприяє залученню інвестицій. Також, досвід впровадження та застосування BIM за кордоном показує, що весь функціонал та переваги інформаційного моделювання не можна звести до якогось одного конкретного програмного продукту. Підлаштовувати взаємодію підприємств та держави під яке-небудь програмне забезпечення є непродуктивним рішенням. Саме тому треба сконцентруватися на оптимізації процесів проєктування, будівництва та експлуатації, на побудові нового рівня взаємодії між учасниками будівельних проєктів та на нормативно-правовій базі.

Згідно теорії подолання розриву Джеффри Мура, стосовно поширення BIM технології Україна, в цілому, знаходиться в групі більш пізнього поширення (у світовому масштабі). Це не є виключно негативним фактором, оскільки дозволяє користуватися вже набутим досвідом та уникнути критичних помилок, але треба намагатися потрапити до більш передових груп. В середині країни поширення

технологій відбудеться за таким самим принципом, який слід враховувати роблячи акцент на інноваторах та компаніях, які готові стати ранніми наслідувачами та просувачами новітніх технологій в будівельній галузі, зокрема BIM.

Передумови впровадження BIM в будівельному секторі.

Питання впровадження BIM технологій в Україні поступово назрівало протягом довгого часу, через початок процесу впровадження у європейських та сусідніх країнах, що спричинило зацікавленість у цих технологій українськими компаніями, частина з яких почала використовувати ці технології. Дивлячись на те, як BIM технології розвивають будівельну сферу та у відповідь на звернення зацікавленої спільноти експертів, що почала формуватись в Україні, представники Міністерства регіонального розвитку почали звертати увагу на це питання, роблячи заяви, щодо зацікавленості у впровадженні BIM технологій. Оптимальним є поєднання сильних сторін, що забезпечує впровадження BIM, з низкою можливостей для реалізації запланованих проєктів будівництва.

В сучасних реаліях вітчизняного будівельного девелопменту доцільним є узгодження системи девелопменту в будівництві з вимогами і стандартами, визначеними Project Management Institute. Це передбачає включення до складу інструментарію організації будівництва, окрім BIM-модулів, також і спеціальних візуальних компонент – «карт чутливості». Зазначені «карти» для формату даного дослідження доцільно представити у вигляді формалізованої (на ґрунті BIM-технологій) графоаналітичної візуалізації змін впливу окремих організаційних і технологічних характеристик проєкту на підсумкові результати циклу [9], [13], [14].

Сильні сторони:

- наявність доступних технологій та програмного забезпечення (щоправда, рівень ліцензування становить до 10-20%)
- існує активна спільнота BIM експертів, яка готова долучатися до процесів впровадження BIM в Україні (UA BIM Task Group розпочала свою діяльність з лютого 2019 р.)
- наявність фахівців (проєктувальники, інженери, тех. нагляд, і т.д.), які мають досвід роботи з BIM технологіями.
- наявність на теперішній час цілого ряду концептуальних та стратегічних напрацювань, досвіду (позитивного та негативного) інших країн, у тому числі Європи та СНД в рамках впровадження BIM, що є цінним джерелом для вивчення та аналізу
- підписана асоціація України з ЄС, яка сприяє інтеграції українського ринку до європейського, а у будівельній сфері цього неможливо зробити без впровадження BIM технологій
- наявність певних прагнень та державних ініціатив до цифровізації, інтеграції до європейських ринків, у тому числі і в будівельній галузі. В тому числі, визнання важливості процесу впровадження BIM технологій з боку представників Міністерства регіонального розвитку.
- наявність досвіду великих приватних компаній у використанні BIM-технологій при проєктуванні та будівництві об'єктів, а також наявність спеціалізованих компаній, працюючих на аутсорсі, що забезпечує наявність певних знань та досвіду роботи, як і з міжнародними стандартами ISO, так і з українськими нормами
- Великі компанії у відсутності законодавчого закріплення BIM вже використовують BIM технології для оптимізації процесів та економії коштів. Тому є

досвід у проектуванні та будівництві інфраструктурних об'єктів, нежитлових, і житлових об'єктів (цілий ряд великих житлових комплексів). Також наявність певного досвіду використання BIM технологій українськими державними організаціями.

- Прагнення державних органів до підвищення енергоефективності, важлива частина чого залежить від будівельної сфери
- законодавчі ініціативи, покликані сприяти цифровізації галузі
- Реалізація проекту з ЄС, в рамках якого співфінансується впровадження Дорожньої карти BIM “Допомога органам влади України в удосконаленні менеджменту циклом інфраструктурного проекту”. Надання нових можливостей суміжним областям: «розумні» цифрові міста та «інтелектуальні» енергосистеми, виробництво, кібербезпека, нові матеріали, тощо.

Можливості:

- Можливість українським компаніям отримавши досвід в Україні, виходити на європейські ринки
- Можливість оцифрування даних по всім будівельних об'єктах (BIM+GIS).
- Підвищення ефективності витрат державних коштів (інвестиції та експлуатація)
- Підвищення прозорості використання державних коштів
- Зниження вартості будівельних об'єктів
- Збільшення темпів реалізації будівельних проєктів.
- сприяння запровадженню управління життєвим циклом
- Зменшення впливу Зростання вартості енергоносіїв, за рахунок переходу на інформаційні технології проектування, будівництва та експлуатації із високим рівнем прогнозування та контролю.
- Суттєво сприяти підвищенню ефективності енергозбереження
- За галуззю знань “архітектура та будівництво” навчається 36 660 студентів (за 2018-2019 навчальний рік), що складає 3% від усієї кількості студентів України, а у 2019 р. було 7 247 випускників з вищих навчальних закладів за галуззю “архітектура та будівництво”, що потенційно дозволяє отримати велику кількість підготовлених кадрів при впровадженні програм з BIM технологій у закладах освіти.
- Потужний ринок ІТ в Україні, який оцінюється в \$5 млрд. та нараховує до 200 тис. спеціалістів, можливості якого можуть бути залучені до технічного супроводження процесів впровадження BIM
- Членство в ISO та афілійоване членство у CEN, що дозволяє у перспективі бути учасниками процесу розробки та вдосконалення стандартів.

Для усунення цих проблем та ефективного впровадження BIM, доречно використовувати досвід компаній, які вже працюють з цими технологіями. З цією метою має бути створена робоча група UA BIM Task Group, до якої входять представники державних органів, будівельних компаній та громадськості. Залучення усіх зацікавлених сторін та розподіл функцій між ними є першочерговими задачами для ефективного впровадження BIM технологій.

Список літератури:

1. Мазур І.І. Девелопмент нерухомості: справочник професіонала: уч.пособ. / І.І. Мазур, В.Д. Шапіро і др. – М.: Омега-Л, 2009. – 1035 с.
2. Лівінський О.М., Курок О.І., Дудар І.Н., Тонкачев Г.М., Бондаренко М.І., Хоменко О.Г., Савенко В.І., Ровенчак Т.Г., Потапова Т.Е., Шарапа С.П. Організація,

планування та управління в будівництві. Підручник. – К.: (УАН), «МП ЛЕСЯ», 2016. – 566 с.

3. Ушацький С.А. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.

4. Гладка О.М. Стратегічні віхові рішення в проєктах девелопменту нерухомості: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / О.М. Гладка. – К: КНУБА, 2012. – 196 с.

5. Петрович Й.М. Управління діяльністю організаційно-виробничих систем: навч. посіб. / Й.М. Петрович. – К.: Знання, 2013. – 510 с.

6. Гриньова В.М., Салун М.М. Організація виробництва: підручник. – К.: Знання, 2009. – 582 с.

7. Чертков О.Ю. Будівельно-інжинірингові фірми як основа модернізації організації будівництва: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / О.Ю. Чертков. – К: КНУБА, 2007. – 192 с.

8. Концепція вправдження BIM Будівельного Інформаційного Моделювання в Україні" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.google.com/document/d/1YKha1ObXpFхYJa6C4I0n_Ydc0AJ34FхуEkwUsBejDI/edit

9. Кушнір С.І., Бондар О.А., Поколенко В.О., Якимчук І.М., Хоменко О.М. Застосування BIM-технологій для моделювання циклу будівельного проєкту та адміністрування його середовищем // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 2019, № 15. С. 26-33. <https://doi.org/10.15802/btrp2019/172376>

10. Eastman, C., Tiecholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Hoboken.

11. Бондар О.А., Кочедикова А.Є. Удосконалення організаційно-економічної моделі інноваційної діяльності підприємства. *Управління розвитком складних систем*, 2015. 25(1), 75-77.

12. Буравлева А.Ф., Клипина Н. А., Крутилова М.О. Внедрение BIM-технологий в процесс проектирования и строительства объектов недвижимости. *Вестник научных конференций*, 2016. 10- 3(14), 36-39.

13. Кушнір С.І. BIM-компоненти вибору виконавців будівельних девелоперських проєктів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*, 2014. 30(3), 34- 38.

14. Кушнір С.І. Адміністративні процедури BIM-технологій при реалізації будівельних проєктів. *Управління розвитком складних систем*, 2017. 29(2), 143-151.

References:

1. Mazur, I.I., Shapiro, V.D. et al. (2009). *Development nedvyzhymosty: spravochnyk profytsionala*. [Real estate development: a directory of professionals]. Omega-L. Moscow. Russia.

2. Livinsky, O.M., Kurok, O.I., Dudar, I.N., Tonkacheev, G.M., Bondarenko, M.I., Khomenko, O.G., Savenko, V.I., Rovenchak, T.G., Potapova, T.E., Sharapa, S.P. (2016). *Orhanizatsiya, planuvannya ta upravlinnya v budivnytstvi*. [Organization, planning and management in construction]. MP LESYA. Kyiv. Ukraine.

3. *Orhanizatsiya budivnytstva*. [Organization of construction]. (2007). In Ushatsky, S.A., Sheiko, Yu.P., Trigger, G.M. (ed.). Kondor. Kyiv. Ukraine.

4. Hladka, O.M. (2012). *Stratehichni vikhovi rishennya v proektakh developmentu nerukhomosti*. [Strategic milestones in real estate development projects]. Ph.D. Thesis: 05.13.22. KNUCA. Kyiv. Ukraine.

5. Petrovych Y.M. (2013). *Upravlinnya diyal'nistyu orhanizatsiyno-vyrobnychykh system*. [Management of organizational and production systems]. Znannya. Kyiv. Ukraine.

6. Hryn'ova, V.M., Salun, M.M. (2009). *Orhanizatsiya vyrobnytstva*. [Organization of production]. Znannya. Kyiv. Ukraine.

7. Chertkov, O.Yu. (2007). *Budivel'no-inzhynirnyhovi firmy yak osnova modernizatsiyi orhanizatsiyi budivnytstva*. [Construction and engineering firms as a basis for modernization of the construction organization]: Ph.D. Thesis: 05.23.08. KNUCA. Kyiv. Ukraine.

8. Kontseptsiya vpravadzhennya VIM Budivel'noho Informatsiynoho Modelyuvannya v Ukraini". [Concept of implementation of VIM Construction Information Modeling in Ukraine"]. Available at: https://docs.google.com/document/d/1YKha1ObXpFxyJa6C4I0n_Ydc0AJ34FxyEkwUsBeIjDI/edit

9. Kushnir, S.I., Bondar, O.A., Pokolenko, V.O., Yakymchuk, I.M., Khomenko, O.M. (2019). "Application of BIM-technologies for modeling of the construction project cycle and its administration by the environment". *Bridges and tunnels: theory, research, practice*. No. 15, pp. 26-33. <https://doi.org/10.15802/bttrp2019/172376>

10. Eastman, C., Tieholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. Hoboken.

11. Bondar, O.A., Kochedikova, A.E. (2015). "Improving the organizational and economic model of innovation of the enterprise". *Management of complex systems development*. 25 (1), pp. 75-77.

12. Buravleva, A.F., Klipina, H.A., Krutilova, M.O. (2016). "Introduction of BIM-technologies in the process of design and construction of real estate". *Vestnyk nauchnykh konferentsiy*. 10- 3 (14), pp. 36-39.

13. Kushnir, S.I. (2014). "BIM-components of the choice of executors of construction development projects". *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 30 (3), pp. 34- 38.

14. Kushnir, S.I. (2017). "Administrative procedures of BIM-technologies in the implementation of construction projects". *Management of complex systems development*, 29 (2), pp. 143-151.

А.А. Тугай, В.О. Поколенко, А.Д. Есипенко, А.В. Дубинка

Предпосылки и пути внедрения бим-концепции в строительной отрасли

Статья направлена на рассмотрение содержания информационного моделирования строительно-инвестиционных проектов путем совместного применения BIM-технологий (Building Information Modeling - информационное моделирование зданий) для полного жизненного цикла объектов строительства. Использование данного подхода при реализации инвестиционно-строительных проектов дает возможность детализировать проект для принятия своевременных решений на каждом этапе жизненного цикла проекта, от концепции будущего объекта до его эксплуатации.

Технологии информационного моделирования строительных объектов дают возможность определить и повысить уровень взаимодействия между участниками проекта и усовершенствовать организацию совместной работы между всеми участниками строительства. Для этого необходимы количественные и качественные преобразования, в том числе переход к информационному моделированию и в связанных со строительством направлениях, которые

способствуют более эффективному распределению инвестиций и формированию оптимальной стоимости проекта, решению задач наращивания объемов строительства и реализации масштабных инфраструктурных проектов в оптимальных сроках на государственном уровне.

Определение предпосылок и путей реализации BIM-концепции с оптимизацией бизнес процессов является актуальным и требует научного обоснования и внедрения изучения технологии информационного моделирования в учебном процессе для качественного и профессионального подхода к строительным проектам на практике.

Ключевые слова: BIM–технологии, модель организации и управления строительством, строительство, девелопмент, инвестиции.

A.A. Tugay, V.O. Pokolenko, A.D. Yesipenko, A.V. Dubinka

Background and ways to implement bim concept in the construction industry

The article is aimed at considering the content of information modeling of construction and investment projects through the joint application of BIM-technologies (Building Information Modeling - information modeling of buildings) for the full life cycle of construction objects. The use of this approach in the implementation of investment and construction projects makes it possible to detail the project in order to make timely decisions at every stage of the project life cycle, from the concept of a future facility to its operation.

Building information modeling technologies make it possible to determine and increase the level of interaction between project participants and improve the organization of collaboration between all construction participants. This requires quantitative and qualitative transformations, including the transition to information modeling and in areas related to construction, which contribute to a more efficient allocation of investments and the formation of the optimal project cost, solving the problems of increasing construction volumes and implementing large-scale infrastructure projects in optimal terms at the state level.

Determining the prerequisites and ways of implementing the BIM concept with the optimization of business processes is relevant and requires scientific substantiation and implementation of the study of information modeling technology in the educational process for a high-quality and professional approach to construction projects in practice.

Key words: BIM–technologies, model of organization and management of construction, construction, development, investments.

Посилання на статтю

APA: Tugay, A.A., Pokolenko, V.O., Yesipenko, A.D. & Dubinka, A.V. (2020). Background and ways to implement bim concept in the construction industry. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 166-184.

ДСТУ: Тугай О.А. Передумови і шляхи впровадження BIM-концепції в будівельній галузі [Текст] / О.А. Тугай, В.О. Поколенко, А.Д. Єсіпенко, О.В. Дубинка // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 166-184.

УДК 69:338.45; 699.8; 624.012.3/4;278

А.С. Максимов¹,
завідувач відділу енергозбереження і
термомодернізації в будівництві
ORCID: 0000-0001-7029-5690

И.В. Вахович²,
канд. екон. наук, доцент
ORCID: 0000-0001-8486-759X

¹ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ
²Київський національний університет будівництва та архітектури, м Київ

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ШКІЛ

Аналіз найбільш розповсюджених конструктивно-технологічних рішень, що використовуються при термомодернізації, показав неможливість здійснення вибору оптимального рішення для окремої огорожувальної конструкції лише за прямою оцінкою фізико-механічних та техніко-економічних характеристик.

Запропоновано здійснювати вибір оптимального конструктивно-технологічного рішення в проектах термомодернізації з усіх можливих у два етапи. На першому етапі необхідно відкинути ті рішення, реалізація яких для даного типу будівлі технічно неможлива або економічно чи технічно недоцільна. На другому – здійснити оцінку за системою показників, які комплексно характеризують конструктивно-технологічне рішення.

У статті на основі аналізу літературних джерел та власного досвіду авторів щодо розробки та супроводу проектів термомодернізації, розроблена система критеріальної оцінки для конструктивно-технологічних рішень термомодернізації. Система критеріальної оцінки для конструктивно-технологічних рішень термомодернізації містить низку показників, які враховують фізико-хімічні властивості утеплювача, екологічність, надійність і стабільність системи теплоізоляції, технологічні фактори – такі як ремонтпридатність, сезонність виконання робіт, забезпечення високої якості робіт за рахунок технологічності системи, здатність до звукоізоляції, економічність, художню ефективність. Методом експертних оцінок для кожного критерія та підкритерія визначена його вага в загальній оцінці. Розроблена нами система оцінки технічних рішень термомодернізації огорожувальних конструкцій передбачає, що оцінка по критеріях, які мають підкритерії, визначається, як сума оцінок підкритеріїв. Оцінка критеріїв здійснюється за п'ятибальною шкалою. Оптимальним технічним рішенням визнається те рішення, яке набрало найвищу оцінку за сумарним показником.

Ключові слова: *термомодернізація, оптимальні конструктивно-технологічні рішення, оцінка технічних рішень термомодернізації, утеплення огорожуючих конструкцій*

Вступ. Енергоємність внутрішнього валового продукту (ВВП) в Україні є більшою у 2,5 рази в порівнянні із розвиненими індустріальними країнами, енергоспоживання будівель на опалення приблизно в 3-3,5 разів вище. Низькі

показники енергоефективності будівель України можна пояснити відсутністю необхідності використання сучасних енергоощадних технологій через низькі показники вартості енергоресурсів, які були чи не найменші в Європі. Через це будівлі та енергогенеруючі підприємства оснащені застарілим та зношеним технологічним обладнанням, мають низькі показники опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, суттєві втрати енергії при виробництві, транспортуванні та споживанні, неощадне та не ефективне використання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі України.

За останні 10 років умови значно змінились, вартість природного газу (та інших основних енергетичних ресурсів) збільшилася більше ніж в 5 разів, а житлово-комунальне господарство України характеризується їх високим рівнем споживання.

Таким чином питання підвищення енергоефективності будівельних об'єктів, нових та вже збудованих, стає стратегічним напрямом розвитку економіки країни.

Сьогодні багато вчених вирішують задачі по розробці та впровадженню технічних, організаційних та технологічних рішень з реалізації проектів з підвищення енергоефективності в різних секторах економіки, ці задачі сьогодні одні з най актуальніших.

Прийняття рішення щодо вибору варіантів технічних рішень для здійснення термомодернізації має ґрунтуватися на їх всебічній оцінці, для чого має бути сформована відповідна система критеріїв

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що може бути застосовані різні підходи до оцінки теплоізоляційних систем.

Так положення ДБН В.2.6–31:2016 встановлюють мінімальні вимоги до теплотехнічних показників конструкцій теплоізоляційної оболонки будівель та до енергетичних характеристик будівель або відокремлених їх частин, що визначені на підставі економічно обґрунтованого рівня енергетичної ефективності будівлі з урахуванням очікуваного життєвого її циклу за умови задоволення побутових потреб людини та створення оптимальних мікрокліматичних умов для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі.

В документі зазначено, що технічні рішення для забезпечення оптимального рівня витрат на споживання енергії та подальшого підвищення енергетичної ефективності будівель повинні враховувати кліматичні і місцеві особливості, внутрішнє кліматичне середовище та економічну ефективність. Такі заходи не повинні суперечити істотним вимогам стосовно будівель, таким як легкість доступу, безпека та призначення будівлі.

Матеріали та конструкції, що використовуються для теплоізоляції будівель, не повинні вмішувати та виділяти токсичних та шкідливих для здоров'я людини речовин. Величина ефективної питомої активності природних радіонуклідів в матеріалах, що використовуються для теплоізоляції будівель, не повинна перевищувати 370 Бк/кг.

Також ДБН встановлене мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будівель.

Автори [7] здійснюють порівняння конструктивних рішень енергоефективних огорожувальних стінових конструкцій за наступними показниками: товщина стіни, опір теплопередачі, вага 1 м² стіни, вартість 1 м² стіни, трудомісткість зведення стін, корисна площа внутрішніх приміщень.

Автори [8] розподілили фактори, що впливають на прийняття організаційно-економічних рішень при виборі матеріалів для термореновації будівель за такими групами:

1. Економічні: вартість матеріалу, вартість робіт, трудомісткість робіт, довговічність, експлуатаційні витрати.
2. Екологічні: вогнетривкість, хімічна стійкість, біологічна стійкість шкідливості
3. Теплофізичні: теплопровідність, густина, паропроникність, гігроскопічність, морозостійкість, міцність на стискування, звукопоглинання;
4. Художньо-естетичні: яскравість, кольоровість, тональність, фактурність, колір.

Автори [10] розглядають критерії вибору замовником системи теплоізоляції дещо з іншої позиції, враховуючи організаційний аспект:

1. Наявність успішно змонтованих і експлуатованих систем теплоізоляції на будинках аналогічного класу.
2. Комплектність системи з урахуванням правильно зазначених витрат матеріалів на одиницю площі.
3. Наявність технічної документації на систему, альбому технічних рішень з примикань системи до елементів фасаду, детальних інструкцій з монтажу.
4. Ціни, розраховуючи на один квадратний метр поверхні фасаду, з урахуванням повної комплектації системи.
5. Строки й умови поставок матеріалів, що входять у комплект системи (графік поставок).
6. Власна вага пропонованої системи (цей пункт особливо важливий для будинків підвищеної поверховості).
7. Надання постачальником вибору фактур і видів штукатурок, а також їхнє тонування в об'ємі.
8. Інжинірингове обслуговування (навчання, шеф-монтаж, технічний нагляд).
9. Видача гарантій на систему не менше 5-10 років.

Автор [11] виділяє та обґрунтовує наступні критерії оцінки зовнішніх систем утеплення:

- 1) Надійність і стабільність системи утеплення.
- 2) Протипожежний захист.
- 3) Тепловий захист.
- 4) Теплотривкість.
- 5) Звукоізоляція.
- 6) Дифузія і конденсація водяної пари.
- 7) Антикорозійний захист та хімічна стійкість.
- 8) Довговічність.
- 9) Ремонтопридатність.
- 10) Комфортні умови проживання.
- 11) Колірні та архітектурні рішення.

Постановка завдання. Розробити критерії та систему оцінки для вибору оптимальних конструктивно-технологічних рішень термомодернізації для окремих огорожувальних конструкцій.

Методи дослідження. Для дослідження поставленої у роботі мети використано методи аналізу і синтезу, історичний, статистичний,

ретроспективного аналізу, аналітичного групування; метод математичного моделювання, експертних оцінок, послідовних ітерацій.

Основна частина. Оцінка та вибір оптимальних конструктивних рішень має здійснюватися в декілька етапів. На першому етапі здійснюється аналіз представлених на ринку України та Європи систем теплоізоляції огорожувальних конструкцій (фасадів, покрівель, вікон, перекриття над неопалювальним підвалом) та відкидаються ті, які:

- технічно неможливо застосувати при термомодернізації будівель шкіл;
- мають суттєві недоліки з технічної точки зору;
- за своєю вартістю та вартістю влаштування є в декілька разів дорожчими ніж інші системи з такими ж технічними характеристиками.

Для вибору оптимальних технічних рішень з термомодернізації шкіл, за рештою систем має бути проведений більш ретельний порівняльний аналіз.

Як показує аналіз літературних джерел, кожна теплоізоляційна система може бути оцінена за цілою низкою показників, що характеризують її різні властивості, які залежать від складу системи – теплоізоляційного матеріалу, його опорядження та додаткових ізоляційних матеріалів (гідроізоляція, пароізоляція тощо).

Основою кожної теплоізоляційної системи є теплоізоляційний матеріал (шар), який визначає основні теплотехнічні показники системи. Опоряджувальний та ізоляційні шари в основному виконують захисні та естетичні функції.

Вибір теплоізоляційного матеріалу (теплоізоляційної системи) має здійснюватись з урахуванням природнокліматичних умов району будівель шкіл, архітектурно-конструктивних рішень щодо формування фасадів та архітектурно-планувальних рішень всередині будівель і властивостей матеріалів, який буде виконуватись відповідно до структурної моделі еколого-економічного моніторингу та розрахунків щодо умов експлуатації – температура і вологість матеріалу, що визначають перенос тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огорожувальних конструкціях.

До властивостей теплоізоляційних матеріалів висувають ряд вимог:

- низька теплопровідність ;
- стійкість до коливань температур при експлуатації;
- однорідність властивостей;
- оптимальна густина;
- низький рівень займистості і вибухонебезпечності;
- міцність при транспортуванні і монтажі;
- волого та водостійкість;
- стійкість до атмосферних впливів;
- стійкість до впливу комах;
- хімічна стійкість;
- нешкідливість для людини.

Здатність утримувати повітря – одна з найважливіших характеристик теплоізоляційного матеріалу, так як повітря володіє низькою теплопровідністю.

Прийняття рішення щодо вибору варіантів технічних рішень для здійснення термомодернізації має ґрунтуватись на їх всебічній оцінці, для чого має бути сформована відповідна система критеріїв.

З урахуванням проаналізованих підходів до оцінки систем утеплення огорожувальних конструкцій, вимог нормативних документів та власного досвіду щодо розробки проектів термомодернізації будівель, обстеження

технічного стану існуючих будівель тощо нами було розроблено власну систему оцінки та вибору технічних рішень з термомодернізації.

Не викликає сумнівів що, для всіх утеплюючих систем найважливішим є забезпечення заданого рівня опору теплопередачі. Тому при створенні системи оцінки, ми виходили з того, що всі технічні рішення термомодернізації одного конструктивного елементу, що порівнюються, забезпечують однаковий, заданий нормами, рівень опору теплопередачі.

Переліки критеріїв, складені з урахуванням доцільності оцінки різних властивостей систем для різних огороджувальних конструкцій наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Перелік критеріїв для оцінки технічних рішень термомодернізації фасадів, конструкції підлоги першого поверху, перекриття над неопалюваним підвалом та покриття

Назва критерію	Використання критерію при оцінці					
	фасаду	Вага критерію та розподіл ваги підкритеріє	конструкції підлоги першого поверху, перекриття над неопалюваним підвалом	Вага критерію та розподіл ваги підкритеріє	покриття	Вага критерію та розподіл ваги підкритеріє
1	2	3	4	5	6	7
1. Густина утеплювача	+	0,04	+	0,03	-	
2.Теплотехнічна однорідність	+	0,04	+	0,04	+	0,09
3.Дифузія і конденсація водяної пари	+	0,04	+	0,05	+	0,02
3.1.Гігроскопічність	+	0,01	+	0,025	+	0,01
3.2.Паропроникність	+	0,01	+	0,025	+	0,01
4.Вплив ґрунтових вод	-		+	0,03	-	
5.Екологічність	+	0,2	+	0,2	+	0,2
5.1.Вогнетривкість	+	0,12	+	0,06	+	0,07
5.2.Хімічна стійкість	+	0,02	+	0,03	+	0,03
5.3.Біологічна стійкість	+	0,03	+	0,03	+	0,03
5.4.Шкідливість	+	0,03	+	0,08	+	0,07
6.Надійність і стабільність	+	0,2	+	0,2	+	0,2
6.1. Вплив власної ваги системи	+	0,03	+	0,07	+	0,03
6.2. Вплив гідротермічних навантажень за рахунок щоденних і сезонних коливань температури і вологості повітря	+	0,03	+	0,03	+	0,04
6.3. Вплив деформації при усадці	+	0,02	+	0,05	+	0,03

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
6.4. Ударна міцність	+	0,05	+	0,05	+	0,04
6.5. Вплив вітрового напору та вітрового відсмоктування	+	0,03	-		+	0,03
6.6. Вплив сонячної радіації	+	0,02	-		+	0,03
7. Ремонтопридатність	+	0,04	-		+	0,08
8. Сезонність виконання робіт	+	0,04	-		+	0,05
9. Забезпечення високої якості робіт за рахунок технологічності системи	+	0,1	+	0,1	+	0,07
9.1. Можливість взаємозамінності застосовуваних в системі утеплення елементів	+	0,01	-		+	0,01
9.2. Необхідність підготовки поверхні для кріплення системи	+	0,02	+	0,04	+	0,01
9.3. Обсяг додаткових витрат на виконання індивідуального проекту	+	0,01	-		+	0,01
9.4. Трудомісткість робіт	+	0,01	+	0,02	+	0,01
9.5. Необхідна кваліфікація виконавців	+	0,03	+	0,04	+	0,01
9.6. Кількість типорозмірів виробів, що використовуються в системі	+	0,02	-		+	0,01
9.7. Кількість технологічних процесів	-		-		+	0,01
10. Економічний (економічна ефективність)	+	0,2	+	0,2	+	0,2
10.1. Вартість влаштування 100 м ² системи	+	0,1	+	0,1	+	0,15
10.2. Витрати на експлуатацію системи протягом 25 років (розрахунок на 100м ²)	+	0,05	+	0,07	+	0,05
10.3. Ступінь збільшення опору теплопередачі конструкції за умови збільшення товщини шару утеплюючого матеріалу, а отже і його вартості на 10%.	+	0,05	+	0,03	-	
11. Звукоізоляція	+	0,02	+	0,05	+	0,02
12. Теплопровідність тепло ізолюючого шару	+	0,04	<i>В умовах експлуатації</i>	0,1		
13. Художньо-естетичний	+	0,04	-		+	0,05

Розроблена нами система оцінки технічних рішень термомодернізації огорожувальних конструкцій передбачає, що оцінка по критеріях, які мають підкритерії, визначається, як сума оцінок підкритеріїв [12]. Кожен підкритерій оцінюється експертним шляхом в балах від 0 до 5, де 0 - найгірше значення

показника, 5 – найкраще. Оцінка критеріїв, які не мають підкритеріїв, також здійснюється за п'ятибальною шкалою.

Сумарний показник оцінки технічних рішень (K_0) визначається, як сума оцінок по кожному з критеріїв (K_i) з урахуванням відповідних вагових коефіцієнтів (a_i, c_i), що враховують важливість кожного з критерію чи підкритерію (k_i):

Вагові коефіцієнти критеріїв для оцінки різних видів огорожувальних конструкцій були визначені експертним шляхом та представлені в табл. 1.

Оптимальним технічним рішенням визнається те рішення, яке набрало найвищу оцінку за сумарним показником.

На рис. 1 представлені результати експертної оцінки систем термомодернізації фасадів будівель шкіл.

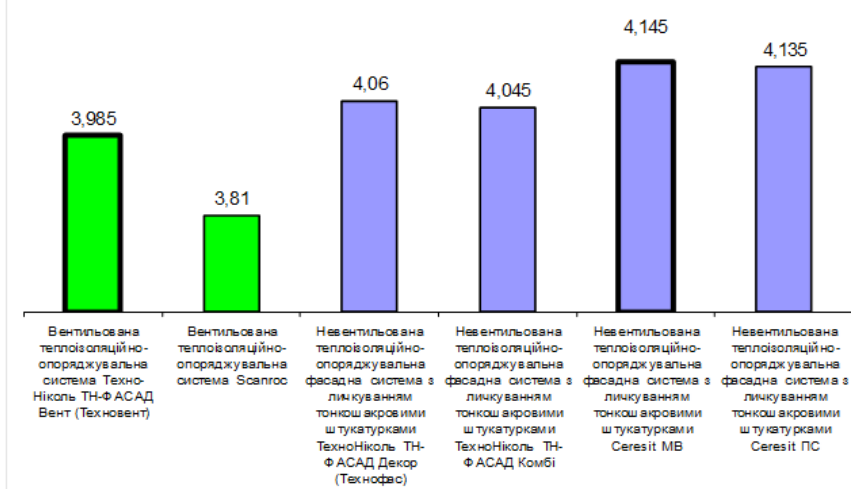


Рис. 1. Результати експертної оцінки систем термомодернізації фасадів будівель шкіл

Висновки. Розроблена нами система критеріальної оцінки для конструктивно-технологічних рішень термомодернізації містить низку показників, які враховують фізико-хімічні властивості утеплювача, екологічність, надійність і стабільність системи теплоізоляції, технологічні фактори - такі як ремонтпридатність, сезонність виконання робіт, забезпечення високої якості робіт за рахунок технологічності системи, здатність до звукоізоляції, економічність, художню ефективність. Така система оцінки дозволяє всебічно оцінити конструктивно-технологічне рішення та обрати оптимальне.

Список літератури:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків К.: ДП «Архбудінформ». – 2015

3. ДСТУ-Н Б А.2.2-13: 2015 «Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель». Режим доступу: <http://bit.do/ftWBP>
4. ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель». К.: Мінрегіонбуд, 2017.
5. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / Максимов А.С. та інші. – AMU, USAID, 2015. –184 с.
6. Беленкова О.Ю. Економічна оцінка заходів з підвищення енергоефективності/ О.Ю. Беленкова, Т.Ю. Цифра, О.В. Мацапура, І.О. Остапенко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, вип.36, 2018 – С.78-82.
7. Меньлюк О.І. Аналіз нових конструктивних рішень енергоефективних огорожувальних стінових конструкцій/ Меньлюк О.І., Черепашук Л.А., Олійник Н.В. // «Молодий вчений», № 1 (53), 2018. – С.435-439
8. Ратушняк Г. С, Ратушняк О. Г. Управління енергозберігаючими проектами термомодернізації будівель. Навчальний посібник. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. - 130 с.
9. Беленкова О.Ю. Економічна оцінка заходів з підвищення енергоефективності/ О.Ю. Беленкова, І.О. Остапенко // Будівельне виробництво. – 2013. - Вип. 55. - С.28 - 31.
10. Системи із жорстким закріпленням утеплювача в стіні. Електронний ресурс: Режим доступу: [<http://www.aspectplus.com.ua/content/view/82/60/lang.ua/>]
11. Александров А. В. «СтройПРОФИль» № 4-05. Електронний ресурс: Режим доступу: [<http://stroyprofile.com/archive/1704>]
12. Звіт про науково-дослідну роботу «Проведення аналітичних досліджень та розробка принципів будівельно-технічних рішень щодо проведення комплексної термомодернізації будинків загальноосвітніх шкіл бюджетного утримання (на прикладі 6 проектів) з обґрунтуванням доцільності для повторного застосування» договір № Н-14/296-2012 від 24.10.2012.-К.:ДП НДІБВ, 2013
13. Підготовка проектних пропозицій із чистої енергії: практичний посібник / Під загальною редакцією Тормосова Р.Ю., Романюк О.П., Сафіуліної К.Р. – К.:ТОВ «Поліграф плюс», 2015. 176 с.

References:

1. Law of Ukraine "On Energy Efficiency of Buildings" of 22.06.2017 No. 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. DSTU-N B V.3.2-3:2014 (2015) Nastanova z vykonannya termomodernizatsii zhytlovykh budynkiv K.: DP «Arkhbudinform».
3. DSTU-N B A.2.2-13:2015 —Energy efficiency of buildings. Guidelines for the energy assessment of buildings. URL: https://thermomodernisation.org/wp-content/uploads/2017/11/1783_-_2.2-13_2015.pdf.
4. DBN B.2.6 - 31:2016 "Thermal insulation of buildings" (2017), Minregionbud, Kyiv.
5. Enerhoefektyvnist v munitsypalnomu sektori. Navchalnyi posibnyk dlia posadovykh osib mistsevoho samovriaduvannya (2015) / Maksymov A.S. ets. – AMU, USAID.
6. Bielienkova O.Iu., Tsyfra T.Iu., Matsapura O.V. & Ostapenko I.O. (2018) Ekonomichna otsinka zakhodiv z pidvyshchennia enerhoefektyvnosti. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn.* 36.78-82.
7. Menejliuk O.I., Cherepaschuk L.A., Olijnyk N.V. Analysis of new constructive

solutions of energy efficient heating constructions. *Molodyj vchenyj*, issue 1 (53), 2018. – pp.435-439

8. Ratushniak H. S, Ratushniak O. H. (2009) *Upravlinnia enerhozberhaiuchymy proektamy termorenovatsiii budivel'*. Navchal'nyj posibnyk. [Management of energy-saving projects of thermal renovation of buildings. Tutorial.] UNIVERSUM, Ukraine, Vinnytsia.

9. Bielienkova, O.Yu., Ostapenko, I.O. (2013) *Ekonomichna otsinka zakhodiv z pidvyshchennia enerhoefektyvnosti. Budivnele vyrobnytstvo*. 55. 28 - 31.

10. Systems with rigid fixing of a heater in a wall. Electronic resource: Access mode: [<http://www.aspectplus.com.ua/content/view/82/60/lang,ua/>]

11. Aleksandrov A. V. «StrojPROFYI!» № 4-05. Electronic resource: Access mode: [<http://stroyprofile.com/archive/1704>]

12. *Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Provedennia analitychnykh doslidzhen ta rozrobka pryntsyropykh budivnelno-tekhnychnykh rishen shchodo provedennia kompleksnoi termomodernizatsii budynkiv zahalnoosvitnikh shkil biudzhetnoho utrymanna (na prykladi 6 proektiv) z obgruntuvanniam dotsilnosti dlia povtornoho zastosuvannia»* (2013).-К.:DP NDIBV.

13. Tormosov, R.Iu., Romaniuk, O.P., Safiulina, K.R. (2015) *Pidhotovka proektnykh propozytsii iz chystoi enerhii: praktychnyi posibnyk*. – К...:TOV «Polihraf plus».

А.С. Максимов, И.В. Вахович

Выбор оптимальных технических решений термомодернизации зданий школ

Анализ наиболее распространенных конструктивно-технологических решений, используемых при термомодернизации, показал невозможность осуществления выбора оптимального решения для отдельной ограждающей конструкции только по прямой оценке физико-механических и технико-экономических характеристик.

Предложено осуществлять выбор оптимального конструктивно-технологического решения в проектах термомодернизации из всех возможных в два этапа. На первом этапе необходимо отбросить те решения, реализация которых для данного типа здания технически невозможна или экономически или технически нецелесообразно. На втором - осуществить оценку по системе показателей, комплексно характеризующих конструктивно-технологическое решение.

В статье на основе анализа литературных источников и собственного опыта авторов по разработке и сопровождению проектов термомодернизации, разработана система критериальной оценки для конструктивно-технологических решений термомодернизации. Система критериальной оценки для конструктивно-технологических решений термомодернизации содержит ряд показателей, которые учитывают физико-химические свойства утеплителя, экологичность, надежность и стабильность системы теплоизоляции, технологические факторы - такие как ремонтпригодность, сезонность выполнения работ, обеспечение высокого качества работ за счет технологичности системы, способность к звукоизоляции, экономичность, художественную эффективность. Методом экспертных оценок для каждого критерия и подкритерия определен его вес в общей оценке. Разработанная нами система оценки технических решений термомодернизации ограждающих конструкций предусматривает, что оценка по критериям, которые имеют подкритерии, определяется, как сумма оценок подкритериев. Оценка критериев осуществляется по пятибалльной шкале. Оптимальным техническим решением признается то решение, которое получило высшую оценку по суммарному показателю.

Ключевые слова: *термомодернизация, оптимальные конструктивно-технологические решения, оценка технических решений термомодернизации, утепление ограждающих конструкций.*

A. Maksymov, I. Vakhovych

Selection of optimal technical solutions for thermal modernization of school buildings

Analysis of the most common design and technological solutions used in thermal modernization, showed the impossibility of choosing the optimal solution for a single enclosing structure only by direct assessment of physical, mechanical and technical and economic characteristics.

It is proposed to select the optimal design and technological solution in thermal modernization projects from all possible in two stages. At the first stage, it is necessary to discard those solutions, the implementation of which for this type of building is technically impossible or economically or technically impractical. In the second - to assess the system of indicators that comprehensively characterize the design and technological solution.

In the article, based on the analysis of literature sources and the authors' own experience in the development and maintenance of thermal modernization projects, a system of criterion evaluation for structural and technological solutions of thermal modernization is developed. The criterion evaluation system for structural and technological solutions of thermal modernization contains a number of indicators that take into account the physicochemical properties of the insulation, environmental friendliness, reliability and stability of the insulation system, technological factors such as maintainability, seasonality, high quality of work due to system technology, ability to sound insulation, economy, artistic efficiency. The method of expert evaluations for each criterion and sub-criterion determines its weight in the overall evaluation. The system of evaluation of technical decisions of thermal modernization of enclosing designs developed by us provides that the estimation on criteria which have subcriteria is defined as the sum of estimations of subcriteria. The evaluation of the criteria is carried out on a five-point scale. The optimal technical solution is the solution that received the highest score on the total.

Keywords: *thermal modernization, optimal constructive-technological decisions, estimation of technical decisions of thermal modernization, warming of enclosing designs.*

Посилання на статтю

APA: Maksymov, A. & Vakhovych, I. (2020). Selection of optimal technical solutions for thermal modernization of school buildings. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 45, 185-194.

ДСТУ: Максимов А.С. Вибір оптимальних технічних рішень термомодернізації будівель шкіл [Текст] / А.С. Максимов, І.В. Вахович // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2020. – № 45. – С. 185-194.

ЗМІСТ

1	В.А. Басараб ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ.....	3
2	Д.Ю. Снежков О ПОСТРОЕНИИ ГРАДУИРОВОЧНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ СКЛЕРОМЕТРИЧЕСКИХ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА.....	16
3	В.І. Доненко, О.М. Назаренко, І.А. Назаренко, М.П. Марченко, В.П. Суліма ТЕХНІЧНІ ПЕРЕВАГИ СИСТЕМИ СЕДИМЕНТАЦІЙНОГО ВІДНОВЛЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА.....	26
4	О.Ф. Осипов, Д.Р. Лека СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ПЕРШИХ МАСОВИХ СЕРІЙ.....	37
5	Р.Я. Зельцер ІНСТИТУЦІОНАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ПЕРЕДУМОВА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВНИЦТВА.....	46
6	Ю.С. Рябініна, Т.Ю. Цифра ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ВІКОННІ СИСТЕМИ: ВИДИ, РОЗВИТОК, ПОРІВНЯННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ.....	57
7	І.А. Шатрова, О.О. Демидова ДОСВІД І НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБҐРУНТУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ВИКОНАННЯ РОБІТ У БУДІВНИЦТВІ.....	71
8	А.О. Попаденко, С.В. Колесніченко ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОГРАФІЧНОГО КОНТРОЛЮ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТРІЩИН У СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЯХ.....	80
9	В.С. Добровольський, С.В. Матвієвський ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БАШТОВИХ КРАНІВ У БУДІВНИЦТВІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ.....	91
10	Г.М. Тонкачев, К.В. Носач ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОННОЇ СУМІШІ НА ТЕХНОЛОГІЮ ВЛАШТУВАННЯ СТОВПЧАСТИХ ФУНДАМЕНТІВ.....	102
11	П.Є. Григоровський, В.О. Басанський, Ю.В. Крошка, І.В. Осадча МЕТОДИКА ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ТРИВАЛОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЙ.....	112
12	А.В. Радкевич, К.М. Нетеса, Т.В. Ткач АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ КАПІТАЛЬНИХ РЕМОНТІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ПУБЛІЧНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ В СИСТЕМІ PROZORRO.....	120
13	О.А. Тугай, О.Ю. Зеленков ОРГАНІЗАЦІЯ КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ РОБІТ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ, ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ІНВЕСТУВАННЯ.....	131

14	О.С. Молодід, І.В. Максим'юк, А.О. Григорова ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПІДСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ЗА РІЗНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ.....	144
15	В.В. Титок БУДІВНИЦТВО ДОСТУПНОГО ЖИТЛА З ВИКОРИСТАННЯМ МІСЦЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	154
16	О.А. Тугай, В.О. Поколенко, А.Д. Єсипенко, О.В. Дубинка ПЕРЕДУМОВИ І ШЛЯХИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІМ-КОНЦЕПЦІЇ В БУДІВЕЛЬНІЙ ГАЛУЗІ.....	166
17	А.С. Максимов, І.В. Вахович ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ШКІЛ.....	185
	ЗМІСТ	195

ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ

Вимоги до оформлення матеріалів, які подаються до збірника наукових праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин»

Стаття повинна бути структурована відповідно до вимог МОН України (Бюлетень ВАК України. - 2003. - №1. - С. 2) і мати такі елементи:

- 1) постановку проблеми у загальному вигляді;
- 2) аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми;
- 3) формулювання мети статті;
- 4) виклад основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- 5) висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Стаття супроводжується:

- 1) відомостями про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, рік народження, науковий ступінь та вчене звання, ORCID, коло наукових інтересів, посада, місце роботи, службова адреса, адреса електронної пошти, номери службового, домашнього, мобільного телефонів);
- 2) електронним носієм інформації, на якому розміщуються **дві копії** вищезазначених матеріалів (стаття, анотації, відомості про авторів).

Обсяг статті не повинен перевищувати 20 тис. знаків (0,5 др. арк.). Перевищення обсягу може слугувати підставою для відмови у публікації.

Стаття готується у текстовому редакторі MicrosoftWordy такому порядку:

- 1) індекс УДК (ліворуч);
- 2) ініціали, прізвище авторів, вчені ступені, звання (праворуч), ORCID;
- 3) назва статті;
- 4) анотація українською мовою (курсивом);
- 5) текст статті із заголовками розділів (**Вступ, Аналіз досліджень і публікацій,**

Постановка завдання, Основна частина, Висновки, Список літератури, References);

- 6) анотація російською мовою (курсивом);
- 7) розширена анотація англійською мовою (курсивом) (**обсяг анотації має складати не менш 1800 знаків**).

Оформлення статті

1. Поля: зверху, знизу, справа, зліва – 2см.
2. Шрифт: TimeNewRoman, розмір – 14 пт., міжрядковий інтервал – 1,5.
3. Абзац – 1,25 см; вирівнювання тексту – по ширині.
4. Формат – А4; орієнтація – книжкова.
5. Розділи статті виділяються **напівжирним** стилем.
6. Рисунки, графіки, діаграми мають бути читабельними, контрастними; треба уникати сірих та блідих кольорів. Оскільки друк статті чорно-білий, краще робити рисунки, графіки, діаграми чорно-білими або з відтінками сірого кольору.

Необхідно пояснювати всі символи та скорочення, які використані на рисунках, графіках, діаграмах.

Назви рисунків, графіків, діаграм наводяться під ними окремим текстовим рядком.

7. Формули потрібно виконувати з використанням редактора формул MS Equation 3.0, Math Type. *Не допускається* частину формули писати в текстовому вигляді, а частину – в редакторі формул.

Розміри шрифтів в редакторі формул приймаються за умовчанням редактора.

Розміри формул не можна змінювати (не розтягувати і не стискати). Не можна з метою вирівнювання формул вставляти їх в таблиці.

Формули в статті мають бути пронумеровані. Номер ставиться справа від формули в круглих дужках. Якщо формула займає декілька рядків, то номер формули наводиться в останньому рядку формули.

В тексті статті спочатку йде посилання на формулу, а потім сама формула, а не навпаки. Пояснення значень символів та числових коефіцієнтів, що входять до формули, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі. Пояснення значень символів або числових коефіцієнтів слід давати з нового рядка. Перший рядок пояснення починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Діаграми, графіки, схеми, формули не потрібно розміщувати в окрему рамку або поверх тексту. Текст має бути зверху та знизу без використання обтінання.

Оформлення списку літератури та бібліографічні посилання подаються у двох формах одночасно, а саме:

1. **Список літератури:** оформлення відповідно до вимог МОН України;

Список використаної літератури формується одним із способів:

- у порядку появи посилань у тексті;
- в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або назв джерел;
- у хронологічному порядку.

Використана література вказується мовою оригіналу. При алфавітному порядку формування списку використаної літератури спочатку вказуються українські видання, потім іноземні, потім електронні ресурси.

В списку використаної літератури має бути 8-25 назв.

2. **Reference**, необхідний для коректного індексування посилань статті наукометричними та пошуковими системами; він дублює перший список латинією та наводить кириличні джерела у перекладі (за його наявності у цитованому виданні) або у транслітерованому вигляді.

Списки цитувань мають бути оформлені за міжнародним стандартом APA (American Psychological Association (APA) Style) (<http://nbuv.gov.ua/node/929>).

APA Citation Style (<https://www.library.cornell.edu/research/citation/apa>)

У списку "References" необхідно до джерел обов'язково додавати DOI (digital object identifier) – цифровий ідентифікатор об'єкта, якщо він присвоєний цитованому джерелу.

Перевірити наявність DOI можна через будь-яку пошукову систему.

Увага! Невідповідність оформлення статті наведеним вище вимогам може бути приводом відмови у публікації. Редакція повідомляє авторів про рішення з приводу публікації. Редакція не рецензує подані матеріали, і, у випадку відмови в публікації, не повертає рукописи й не вступає в теоретичні дискусії.

Автор не має права передавати в інші видавництва статтю, прийняту до друку редакцією та затверджену редакційною колегією.

Статті за підписами авторів відображають їх власні погляди, що можуть не збігатися з позицією редакційної колегії.

За точність даних та наведених цитат несе відповідальність автор статті.

Наукове видання

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ ФОРМУВАННЯ РИНКОВИХ ВІДНОСИН

Збірник наукових праць

Випуск 45

Технічний

Затверджено МОН України як фахове видання

Редагування та коректура *В.В. Туток*

Підписано до друку 18.02.2020. Формат 60×84 1/16

Ум. друк. арк. 13,14. Обл.-вид. арк. 12,91.

Тираж 150.

Видавець і виготовлювач:

ТОВ «Видавництво «Ліра-К»,

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи ДК № 3981 від 15.02.2011.