

Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНОДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ
Всеукраїнської наукової конференції**

***«Підвищення ефективності експлуатації,
обслуговування і сервісу технологічних машин та
обладнання – 2026»***

29 січня 2026 року

Харків

ХНАДУ 2026

ОРГАНІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ ЗВЕДЕННЯ ОБ'ЄКТА З ВИКОРИСТАННЯМ ГРУПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕХАНІЗОВАНИХ МОДУЛІВ

Максим БАЛАКА¹, Ірина ДУБОВИК²

¹Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

²Провідний інженер кафедри будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

Організація будівництва при застосуванні групових механізованих модулів ковзного типу ґрунтується на потоково-модульній схемі, яка передбачає розподіл об'єкта на незалежні виробничі секції, що працюють у взаємному часовому зсуві.

Це дозволяє забезпечити ритмічність процесу бетонування, рівномірне навантаження на механізовані комплекси і скорочення терміну зведення будівлі в цілому [1-6].

У межах організаційної структури виділяють три основні рівні:

- рівень технологічного модуля — безпосереднє управління параметрами підйому, бетонування та контролю.
- рівень секції — синхронізація групи модулів, організація подачі суміші, армування та контролю якості.
- рівень будівлі — загальне управління потоками, логістикою матеріалів і координацією робіт між секціями.

Для зведення будівлі висотою 12 поверхів при чотирьох секціях організаційна схема забезпечує безперервний добовий цикл із зміною робочих фронтів через 10–12 год, що відповідає оптимальній тривалості одного технологічного циклу модулів (рис.1).

Будівельний процес при використанні модульної системи включає такі основні види робіт:

- підготовчі (монтаж напрямних, розмітка, встановлення модулів);
- арматурні (збирання та встановлення арматурних каркасів);
- бетонування (подача, ущільнення, контроль витримки);
- підйом опалубки (гідрравлічне переміщення);
- контроль, очищення та переміщення модулів на нову секцію.

Послідовність операцій визначає циклограму зведення вертикальних елементів, у якій виділяють три фази:

- основна — безпосереднє бетонування й формування поверхні.
- підготовча — арматурні та опалубні операції.
- заключна — контроль, очищення, переміщення обладнання.

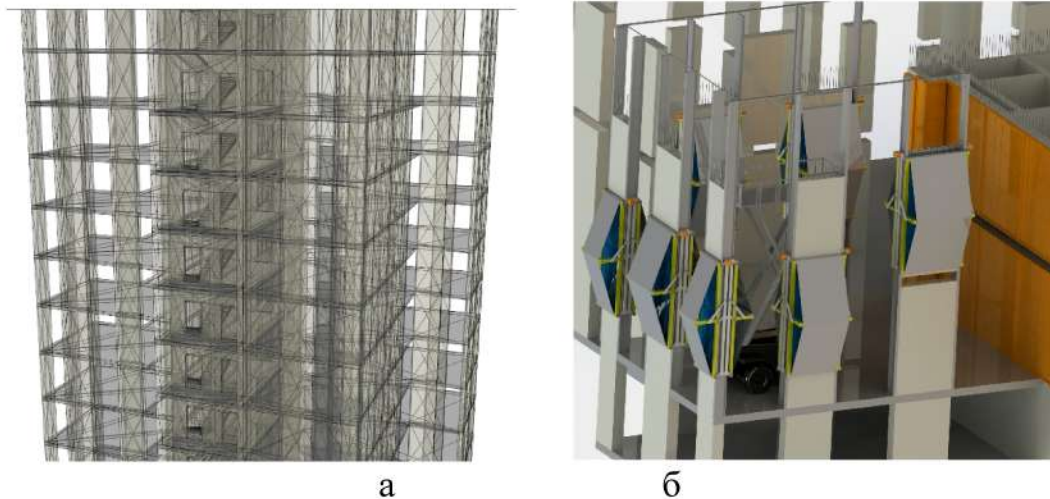


Рис. 1 – Схема зведення монолітних конструкцій: а – конструктивна схема будівлі; б – схема роботи групових механізованих модулів.

Суміщення фаз у часі дає можливість реалізувати безперервний потоковий графік, при якому затримки на стиках циклів не перевищують 0,5 – 1 год.

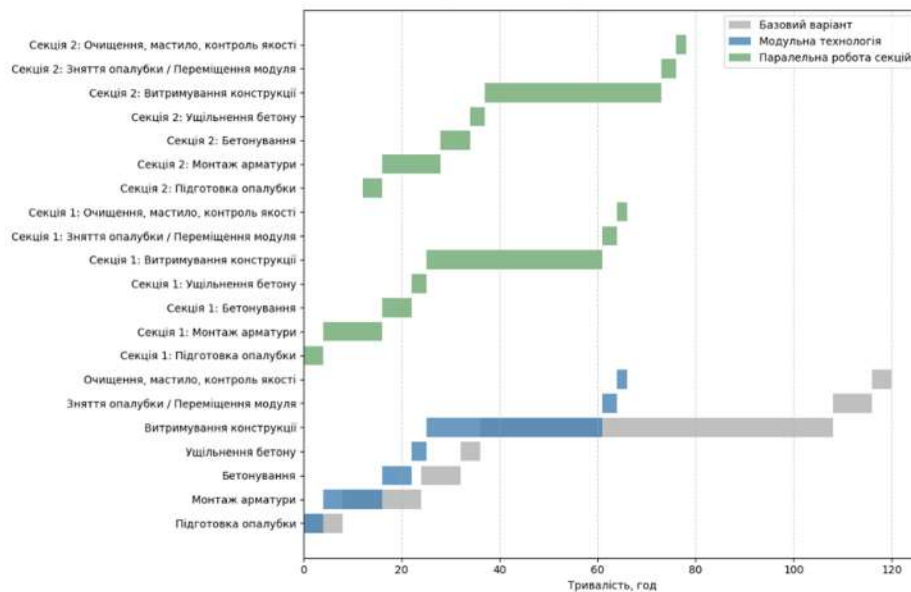


Рис. 2 – Приклад циклограми процесу зведення вертикальних конструкцій

У порівнянні з традиційним переставним методом [2] це скорочує тривалість зведення поверху з 6 до 4 діб.

Для кількісної оцінки ефективності організації робіт використано три інтегральні показники.

Коефіцієнт ритмічності процесу:

$$K_p = \frac{t_\phi}{t_N} \quad (1)$$

де t_ϕ - фактична тривалість циклу;

t_N - нормативна тривалість циклу.

Для досліджуваної технології [3] $K_p = 0,85 - 0,90$, що свідчить про високу стабільність ритму.

Коефіцієнт змінності використання обладнання:

$$K_3 = \frac{T_3}{T_{\text{Ц}}} \quad (2)$$

де T_3 - тривалість зміни,
 $T_{\text{Ц}}$ - цикл бетонування.

Для досліджуваної технології [3] $K_3 = 2,0 - 2,2$, тобто обладнання використовується практично без простоїв.

Коефіцієнт організаційного узгодження потоків:

$$K_O = \frac{N_{\text{П}}}{N_{\text{Ц}}} \quad (3)$$

де $N_{\text{П}}$ - кількість одночасно діючих потоків,
 $N_{\text{Ц}}$ - загальна кількість циклів.

У запропонованій схемі $K_O = 0,75 - 0,8$, що на 30 % вище порівняно з традиційною секційною організацією.

Економічну ефективність технології визначено відповідно до ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 «Правила визначення вартості будівництва» та ISO 15686-5:2017 «Building and constructed assets – Service life planning – Part 5: Life-cycle costing».

Витрати порівнювались для двох варіантів:

- Базовий варіант: використання переставної щитової опалубки типу ДОКА;
- Досліджуваний варіант: використання групових механізованих модулів ковзного типу.

Розрахунок виконано для зведення пілонів загальною площею 3000 м² (12 поверхів).

Таблиця 1

Результати порівняльного аналізу

Показник	Базовий варіант	Запропонована технологія	Відхилення, %
Трудомісткість, люд·год/м ²	1,25	0,65	-48
Тривалість циклу, год	16	10-12	-30
Коефіцієнт оборотності	50	85-90	+70
Енергозатрати, кВт·год/м ²	0,18	0,13	-28
Якість поверхні, Ra, мм	0,9	0,4	покращено
Собівартість 1 м ² , грн	345	290-300	-15

Отже, економічний ефект від впровадження технології становить:

$$E = (C_b - C_n) \cdot A = (345 - 295) \cdot 3000 = 150,00 \text{ грн} \quad (4)$$

де A - площа вертикальних конструкцій.

При капітальних витратах на виготовлення комплексу модулів 500 000 грн, термін окупності становить менше 1 року, що є економічно обґрунтованим для серійного будівництва.

Враховуючи, що один комплект модулів може бути використаний до 100 циклів, розрахунок за методом повних витрат життєвого циклу (Life Cycle Costing) показав:

$$C_{Ж} = C_I + C_E + C_3 \quad (5)$$

де C_I - інвестиційні витрати (500 тис. грн),
 C_E - експлуатаційні витрати за весь період (≈ 250 тис. грн),
 C_3 - залишкова вартість після використання (≈ 50 тис. грн).

Тоді, $C_{Ж}=700\,000$ грн., що відповідає $7,0$ грн/м² за один цикл використання. Для порівняння, традиційні системи мають $C_{Ж}=10\text{--}12$ грн/м², що свідчить про зниження витрат на $35\text{--}40\%$ за рахунок збільшеної оборотності й зменшення експлуатаційних простоїв.

Висновки

Розроблено організаційно-технологічну схему зведення вертикальних монолітних конструкцій із використанням групових механізованих модулів, що забезпечує потоковість і скорочення тривалості циклів на 30% . Визначено інтегральні показники організаційної ефективності: $KP=0,9$, $K3=2,1$, $KO=0,8$, що свідчить про стабільний ритм роботи. Економічний аналіз підтвердив зниження трудомісткості майже на 50% , собівартості – на 15% , а строк окупності обладнання становить < 1 року. За показниками життєвого циклу витрати зменшуються на $35\text{--}40\%$ у порівнянні з традиційними системами, що робить технологію економічно доцільною для промислового впровадження. Додатковими ефектами є підвищення рівня безпеки праці, цифровізація процесів і екологічна стійкість технологічного циклу.

Література

1. Jongeling, R., van Nederveen, S. (2010). "BIM-based scheduling of formwork operations." *Automation in Construction* 19(4): 502–512. ISSN 0926-5805. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.002>
2. Tonkacheev G., Molodid O. S. et al. (2024) Innovative technologies of frame construction. Textbook. Kyiv. Lira. 315 pp.
3. Tonkacheev G. and others Vertically movable formwork. Patent of Ukraine No. 94543 U. Bul. No. 22, 25.11.2014
4. Тонкачєєв, Г., Рашківський, В., Махиня, О., & Дубовик, І. (2025). Оптимізація технології формування монолітних вертикальних конструкцій з використанням рухомих стрічкових опалубних систем. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(56), 245–254. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56\(1\).245-254](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).245-254)
5. Рашківський, В., Махиня О., Дубовик, І., & Заєць, Ю. (2026). Методика визначення параметрів стрічкового опалубного модуля для будівельних вертикальних залізобетонних конструкцій. *Смарт технології: промислова та цивільна інженерія*, 4(17), 102–112. <https://doi.org/10.32347/st.2025.4.1901>
6. Горбатюк Є., Балака М., Литвинюк Д., Тіняков О. Використання механізованих комплексів при виконанні демонтажних робіт на пошкоджених об'єктах нерухомості. *Енергоощадні машини і технології: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф. (20–21 трав. 2025 р.)*. К.: КНУБА, 2025. С. 117–120.