

## Технологія бетонування внутрішніх стін і перегородок вертикальним пересувним методом

Максим Клис, канд. техн. наук, доц.<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0001-6790-8281)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

### АНОТАЦІЯ

У тезах розглянуто технологію бетонування внутрішніх несучих стін і перегородок вертикальним пересувним методом із застосуванням мобільної платформи з інтегрованою опалубкою. Суть підходу полягає в поетапному заповненні порожнини опалубки знизу вгору в межах одного сегменту на всю висоту стіни із подальшим боковим переміщенням платформи на сусідній сегмент без повного демонтажу. Узагальнено вимоги до бетонних сумішей, регламент керування швидкістю підйому рівня та тиском на щити, практики віброуцільнення та влаштування вертикальних робочих швів (ключ/шпонка, адгезійні системи). Наведено типову структуру операцій, контроль геометрії й поверхні, а також орієнтири продуктивності та трудомісткості, як їх повідомляють автори публікацій (зокрема, скорочення циклу порівняно зі стаціонарними щитовими системами та зменшення трудовитрат за рахунок мінімізації перестановок опалубки). Розроблені обмеження застосування (щільне армування, висока текучість сумішей, ризики надлишкового тиску) та сфери доцільності — інтер'єри з насиченою інженерією, серійне планування перегородок, ритмічні фронти робіт у житлових і громадських будівлях.

*Ключові слова:* внутрішні стіни, перегородки, вертикальне бетонування, пересувна опалубка, робочий шов, продуктивність, контроль тиску, віброуцільнення.

### 1. ВСТУП

У внутрішньому контурі будівель (квартири, коридори, технічні кімнати, блоки санвузлів, лікарняні/готельні блоки) монолітні перегородки й несучі стіни традиційно бетонують зі стаціонарних щитових систем із частими перестановками, підбиттям геометрії та складною логістикою матеріалів у тісному інженерному просторі. Це створює значні непродуктивні витрати часу, підвищує ризик геометричних відхилень і дефектів поверхні, а також ускладнює синхронізацію з роботами з арматурою, закладними та інженерними мережами. Потреба скоротити тривалість циклу «підготовка, бетонування, догляд, перестановка опалубки», зменшити трудомісткість і стабілізувати якість у повторюваних інтер'єрах стимулювала впровадження вертикального пересувного методу бетонування.

Суть методу полягає у бетонуванні вертикальних сегментів стіни на всю висоту поверху, із подальшим боковим переміщенням комплексу опалубки на наступний сегмент без повного демонтажу. Ключовим елементом є пересувна платформа, яка поєднує раму-візок на колесах, двосторонні щити на повну висоту поверху, систему замків і стяжок, площадки з огороженнями, вузол під'єднання бетонопроводу (рукава), направляючі для точного позиціонування та кронштейни під глибинні вібратори. Після заповнення одного сегмента і досягнення ранньої міцності, достатньої для зняття навантаження на щити, пересувну платформу розчіплюють, зсувають у бік на наступний крок (типово 0,9–1,3 м) і відразу повторюють цикл, зберігаючи калібрування й вертикальність.

Такий підхід принципово відрізняється від:

- ковзної опалубки, де щити безперервно піднімаються вгору всією довжиною стіни (вимагає іншої організації суміші та практично безперервного режиму);
- підйомно-переставної опалубки, де великі панелі відпрацьовують секції з подальшим вертикальним підйомом краном;

- класичних щитів, що переставляються кожного разу, з повторним виставленням і герметизацією стиків.

### 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕСУВНОГО БЕТОНУВАННЯ

Платформа являє собою жорстку сталеву або комбіновану раму на колесах з гальмами, до якої кріпляться двосторонні щити опалубки на повну висоту поверху. На рамі розташовані огорожені робочі помости, упори для позиціонування, швидкорознімні замки і стяжки, вузол під'єднання бетонопроводу з герметичним патрубком, тримачі для глибинних вібраторів і кабелів, а також елементи мікрорегулювання по вертикалі і горизонталі.

Перед бетонуванням очищають внутрішню поверхню щитів, локально наносять розділювальну емульсію, закладають стики ущільнювальними стрічками.

Бетон укладають ярусами приблизно по 0,5–0,7 м по висоті з контрольованою швидкістю підйому рівня. Для звичайних сумішей доцільно триматися в межах близько 1,5–2,0 м за годину; для самоущільнювальних — обережніше, приблизно 1,0–1,5 м за годину, щоб обмежити тиск на щити.

Після досягнення проектної висоти сегмента поверхню зрівнюють, контролюють заповнення кутів і тонких зон, видаляють локальні витікання. Відразу організують догляд: накриття поліетиленовою плівкою або нанесення мембраноутворювальної емульсії, а при необхідності — локальне утеплення, щоб уникнути швидкого висихання та температурних перепадів.

Вертикальний шов має забезпечувати спільну роботу суміжних сегментів.

Після того як бетон у нижній зоні набрав ранню міцність, достатню для зняття гідростатичного тиску на щити, опалубні замки розтискають, знімають частину стяжок, платформа відводиться від стіни на безпечний зазор і переміщується в бік на наступний крок.

Оптимальний результат дає «шаховий» графік із двома незалежними фронтами: поки одна платформа бетонує,

друга завершує догляд і готується до переміщення, що знижує простої бетонного насоса і віброінструменту. У тісних інтер'єрах важливо розвести траєкторії руху платформ і маршрути подачі суміші, щоб уникати взаємних перешкод і небезпечних перетинів.

### 3. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ТРУДОМІСТКІСТЬ ТА БЕЗПЕКА

Приймальні допуски доцільно закладати у проєкт виробництва робіт: відхилення від вертикалі не більше приблизно 3 мм на метр і не більше 10 мм на поверх; відхилення товщини стіни в межах приблизно  $\pm 5$  мм; нерівність у двометровій рейці до 5 мм для поверхонь під опорядження. Внутрішні кутові зони та місця біля закладних перевіряють на наявність раковин; локальні дефекти усувають ін'єктуванням або ремонтними сумішами після набору міцності.

Для сегмента завширшки близько 1,2 м, завтовшки 150 мм і на висоту 3,0 м об'єм складає приблизно 0,54 кубічного метра. Типовий цикл однієї зміни за умови безперервної подачі: підготовка позиції 10–15 хвилин, укладання і віброущільнення 25–30 хвилин, зачистка і первинний догляд 5–10 хвилин, разом близько 40–55 хвилин на сегмент. Це дозволяє виконувати приблизно 8–10 сегментів за зміну однією платформою, що еквівалентно 4–5 кубічним метрам. За наявності двох платформ у шаховому ритмі можна вийти на 14–18 сегментів за зміну, тобто близько 8–10 кубічних метрів.

Раціональний склад: керівник робіт (майстер), два бетонярі-арматурники, оператор вібратора, підсобний працівник або сигнальник на подачі. Середні трудовитрати на один сегмент становлять близько 3,0–3,5 людино-години, що для наведеного прикладу відповідає приблизно 5,5–6,5 людино-години на кубічний метр з урахуванням сервісних операцій. Виробіток зростає завдяки повторюваності геометрії, завчасному калібруванню платформи і скороченню простоїв бетонного насоса.

Головні технологічні ризики: надмірний тиск на щити при занадто швидкому підйомі рівня; розшарування самоущільнювальної суміші при невірній реології; утворення повітряних кишень у зонах щільної арматури; витік цементного молочка через нещільні стики; пошкодження арматури контактами з вібратором. Запобіжні заходи: консервативна швидкість заповнення, поетапне віброущільнення з перекриттям шарів, обов'язкова герметизація стиків, застосування вставок і формувачів каналів у місцях інженерії, регулярний контроль стану щитів і стяжок, а також щоденна перевірка справності гальм коліс і огорожень помостів.

Пересувні платформи оснащують суцільними поручнями висотою не менше 1100 мм, бортовими дошками і протиковзкими настилами. Зона під рукавом і під платформою огорожується, встановлюються сигналізатори, організовується безпечний маршрут подачі суміші і руху людей. Суміщення робіт на сусідньому сегменті під час активної вібрації не допускається; монтаж інженерних систем у примикаючій стіні починають лише після досягнення необхідної міцності.

Метод найефективніший у приміщеннях з повторюваними осередками планування — житло, готелі, гуртожитки, лікарні, офісні блоки.

### 4. ВИСНОВКИ

Вертикальний пересувний метод бетонування з використанням пересувної платформи — не просто альтернатива класичним щитовим системам, а стратегічно доцільна технологія для внутрішніх конструкцій у будівлях з повторюваними осередками планування. Результати проведеного аналізу демонструють, що ця інтеграція обладнання, процесу та контролю забезпечує багаторівневу та наскрізну оптимізацію:

1. На етапі підготовки та організації виробництва: збереження калібрування опалубки і “крокування” уздовж фронту робіт усувають циклічні втрати на розбирання/монтаж, зменшують залежність від кранів та стабілізують ритм. Стандартизовані карти операцій і попередній “сухий” прогін платформи вирівнюють продуктивність бригад, що дає скорочення тривалості циклу на 20–35 % і зниження трудомісткості на 15–30 % у порівнянні з класичною перестановкою щитів.

2. На етапі бетонування та забезпечення якості: контрольоване заповнення знизу вгору з регламентованою швидкістю підйому рівня, цілеспрямоване глибинне віброущільнення та технологічно підготовлені вертикальні робочі шви зменшують гідростатичний тиск на щити, запобігають порожнинам у зонах щільної арматури і забезпечують відтворену геометрію та чисту поверхню під опорядження.

3. На етапі логістики та безпеки виконання: “шаховий” графік двох пересувних платформ, розведення потоків людей і матеріалів та фіксовані маршрути подачі суміші мінімізують простої бетононасоса і перехресні завади в інтер'єрі. Це підвищує передбачуваність суміжних робіт, зменшує ризики інцидентів і забезпечує масштабованість процесу без втрати якості при нарощуванні фронту.

Таким чином, вертикальний пересувний метод бетонування з використанням пересувної платформи є технологічно та економічно доцільним рішенням для внутрішніх конструкцій у будівлях із повторюваними планувальними осередками, за умов чіткої організації процесу, належного контролю якості та дотримання вимог безпеки.

#### Список літератури

- [1] ACI Committee 347. Guide to Formwork for Concrete (ACI PRC-347-14(21)). (2014; перевид. 2021). American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- [2] ACI Committee 237. Form Pressure Exerted by Self-Consolidating Concrete (ACI PRC-237.2-21). (2021). American Concrete Institute.
- [3] DIN 18218:2010-01. Fresh Concrete Pressure on Vertical Formwork. (2010). Deutsches Institut für Normung (DIN)
- [4] EFNARC. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use. (2005). EFNARC, UK.
- [5] Gamil Y., El Gharbawy M., Shihata L. Lateral Formwork Pressure for Self-Compacting Concrete—A Review of Prediction Models and Monitoring Technologies. (2021). Materials, 14(16), 4767.