

Є.О. Галенко,

аспірант

ORCID: 0000-0001-9309-658X,

О.М. Махня,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-7167-2857,

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

КЛАСИФІКАЦІЯ КОВЗНИХ ОПАЛУБНИХ СИСТЕМ

У статті розглянуті сучасні ковзні опалубні системи, які відрізняються від інших видів опалубки можливістю їх переміщення в процесі зведення конструкцій без проміжних етапів монтажу і демонтажу опалубки. Це, та можливість використання високого рівня автоматизації робочого процесу, що дозволяє підвищити темпи монолітного будівництва і значно зменшити кількість робочих швів, що в свою чергу підвищує надійність конструкцій, а також зменшує трудомісткість опалубних робіт. Розвиток конструктивних рішень ковзних опалубних систем створив значний спектр різновидів цих систем, що дозволяє розширити сферу застосування ковзних опалубок.

На основі аналізу існуючих ковзних опалубних систем запропонована їх класифікація за критеріями, що впливають на конструктивні рішення, а саме: конструктивні рішення формують елементів, конструктивні рішення опорної частини опалубної системи та механізм руху опалубної системи в процесі зведення монолітної конструкції. Пропонується розрізняти ковзні опалубні системи за наступними ознаками конструктивних рішень формують елементів, а саме: розмір опалубних щитів; форма поверхні формують елементів; розташування формують елементів по відношенню до конструкції, що зводиться; геометрія формують елементів; спосіб кріплення формують елементів по відношенню до поверхні конструкції, що зводиться; матеріал із якого виконана поверхня формують елементів, що контактує з свіжоукладеною бетонною сумішшю конструкції. За конструктивними рішеннями опорної частини опалубної системи, пропонується розглядати наступні ознаки: спосіб облицювання опорної частини; конструкція домкратних рам; розташування домкратних стержнів. За механізмом руху опорної частини опалубної системи пропонується виділяти наступні ознаки: елементи, що переміщуються в процесі зведення монолітної конструкції; напрямок переміщення ковзної опалубної системи; різновиди домкратів, що використовують для переміщення опалубної системи; система управління переміщенням ковзної опалубної системи. Подана класифікація враховує технічні параметри та функціональні властивості, що сприяє кращому розумінню вибору оптимального типу опалубки для конкретних будівельних завдань. Результати дослідження можуть бути корисними для інженерів, архітекторів та інших фахівців будівельної галузі, які зацікавлені в покращенні ефективності та якості будівельних проектів.

Ключові слова: *ковзна опалубна система, формоутворювальні елементи (опалубні щити), домкрат, домкратний стержень, домкратна рама, робоча платформа.*

Вступ. Досягнення високого темпу монолітного будівництва можливе при застосуванні безперервного методу влаштування армобетонних конструкцій за допомогою ковзної опалубки. Традиційна ковзна опалубка застосовується для зведення вертикальних конструкцій стін (рис. 1). Вона складається з внутрішніх (1) і зовнішніх (2) формоутворювальних елементів (опалубних щитів), що кріпляться до стійок, які охоплюють домкратні рами (3). Рами сприймають розпір від бетонної суміші, що укладають в простір між щитами. Переміщення опалубки виконують одночасно по всьому контуру її встановлення за допомогою домкратів (4), які кріплять до ригелів домкратних рам. Система ковзної опалубки переміщується, по попередньо змонтованим всередині конструкції, стержням (5) на які обпираються домкрати. Крім того система ковзної опалубки включає одну чи дві робочі платформи (6) для обслуговування домкратів, армування, приймання і укладання бетонної суміші та систему підвісних підмостків (7), які використовують для усунення дефектів бетонування і обслуговування системи.

До переваг ковзної опалубки необхідно віднести:

- підвищення монолітності будівель за рахунок скорочення, а інколи і усунення, робочих швів;
- виключення процесів проміжного монтажу і демонтажу опалубки, як це відбувається при застосуванні розбірно-переставної опалубки;
- застосування мінімальної кількості формоутворювальних елементів, за рахунок їх переміщення вздовж поверхні конструкції, що зводиться;
- зменшення трудомісткості і собівартості робіт із влаштування опалубних систем;
- скорочення тривалості будівництва за рахунок безперервного методу формування армобетонних конструкцій.

До недоліків ковзних опалубних систем необхідно віднести:

- необхідність безперервного бетонування, що максимально зменшує терміни на усунення можливих відмов в процесі виконання робіт;
- необхідність у одночасному рівномірному переміщенні опалубної системи задля усунення перекосів і деформацій;
- чутливість якості монолітної конструкції, що зводиться, до коливань таких факторів, як швидкість переміщення опалубної системи, термін тужавлення бетонної суміші, погодні умови, тощо.

На сьогоднішні ковзні опалубні системи застосовують для зведення: силосів, градирень, пірсів, мостових опор, веж, висотних житлових і громадських будинків, ядр жорсткості будівель, пірсів, димохідних труб, вертикальних стволів тунелів і шахт, водойм і каналів, тощо. За свою історію існування ковзні опалубні системи зазнали певних змін і модифікацій, за рахунок чого окремі ковзні опалубні системи досить істотно відрізняються одна від одної. А тому досить актуальним є виконання аналізу таких опалубних систем і встановлення їх класифікації.

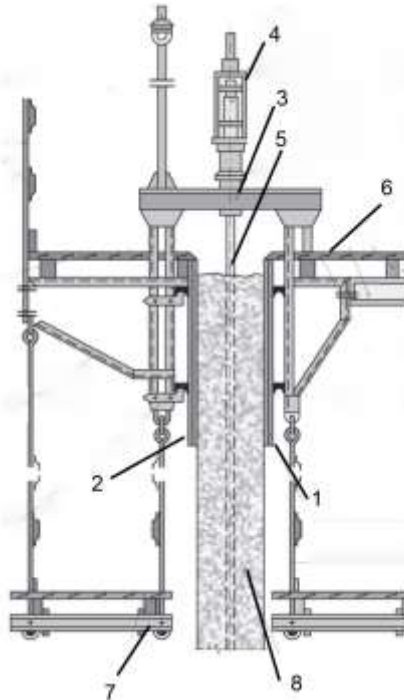


Рис. 1. Традиційна ковзна опалубна система:

1 і 2 – відповідно, внутрішній і зовнішній формоутворювальний елемент,
3 – домкратна рама, 4 – домкрат, 5 – домкратний стержень, 6 – робоча платформа,
7 – зовнішні підмості, 8 – конструкція, що зводиться

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженням і удосконаленням технології зведення будівель за допомогою ковзних опалубок присвячені роботи В.С. Атаєва, С.Д. Косенкова, А.Ф. Мацкевича, І. Г. Совалова, Б.Г. Слипченка, Г.М. Тонкачєєва, Р.І. Федоренка та інших. В роботах [1, 2, 4-13] розглянуті різні аспекти застосування ковзних опалубних систем для зведення висотних монолітних будівель. Автори дають огляд різних типів ковзної опалубки, їхніх переваг і недоліків, дають класифікацію рухливих опалубних систем [4], а також наводять фактори, які враховувалися при проектуванні та будівництві будівель [10, 12, 13] із застосуванням ковзних опалубних систем.

Постановка завдання. Завданням даної публікації є спроба створення класифікації ковзних опалубних систем із врахуванням сучасного світового рівня досягнень у сфері зведення монолітних будівель і споруд.

Основна частина. Основна особливість ковзних опалубних систем є забезпечення безперервності бетонування конструкцій на певній ділянці за рахунок переміщення формоутворювальних елементів вздовж конструкції в процесі її зведення. Відповідно до цього, основними критеріями, що впливають на конструктивні рішення ковзних опалубних систем, можуть бути конструктивні

рішення формоутворювальних елементів, конструктивні рішення опорної частини опалубної системи та, власне, механізм руху опалубної системи в процесі зведення монолітної конструкції. Виходячи з цього і була виконана класифікація ковзних опалубних систем.

При розгляді конструктивних рішень формоутворювальних елементів, можна виділити наступні ознаки:

- розмір опалубних щитів;
- форма поверхні формоутворювальних елементів (опалубних щитів);
- розташування формоутворювальних елементів по відношенню до конструкції, що зводиться;
- геометрія формоутворювальних елементів;
- спосіб кріплення формоутворювальних елементів по відношенню до поверхні конструкції, що зводиться;
- матеріал із якого виконана поверхня формоутворювальних елементів, що контактує з свіжоукладеною бетонною сумішшю конструкції.

За ознакою «розмір опалубних щитів» можна поділити ковзні опалубні механізми на системи із дрібнощитовою та великощитовою опалубкою. Використання дрібних щитів дозволяє виготовляти конструкції складної конфігурації, тоді як великорозмірні щити дозволяють зменшити трудомісткість монтажу і демонтажу опалубки.

Форма поверхні формоутворювальних елементів може бути плоска, криволінійна чи комбінована, що дозволяє значно розширити можливості застосування опалубних систем для влаштування конструкцій різноманітних геометричних форм.

В сучасних ковзних опалубних системах розташування формоутворювальних елементів по відношенню до конструкції, що зводиться, може бути:

- двобічне – традиційне розташування (рис. 1), коли опалубні щити розташовують по периметру конструкції із зовнішньої та внутрішньої сторони, наприклад, при зведенні стін;
- однібічне – формоутворювальні елементи (рис. 2) розташовують лише з однієї сторони конструкції. Такий спосіб застосовують при зведенні вертикальних стовпів тунелів і шахт, або при ремонтні чи підсиленні монолітних конструкцій, тощо.

За геометрією формоутворювальних елементів ковзні опалубні системи можна поділити на опалубки із:

- постійною геометрією формоутворювальних елементів - цей тип опалубки складається з фіксованої форми опалубних щитів, що адаптована до геометрії конструкції, яка зводиться;
- змінною геометрією формоутворювальних елементів – в даному випадку передбачається певна зміна форми конструкції по її довжині, що досягається за рахунок системи фіксованих і рухомих опалубних щитів з контрольованими відносними рухами формоутворювальних елементів.

Враховуючи те, що в процесі зведення конструкції, формоутворюючі елементи рухаються вздовж бетону, який набирає міцність, важливим фактором на процес бетонування є зчеплення між бетоном і поверхнею формоутворювального елемента, що повинно бути мінімальним. Окрім технологічних факторів, це може бути досягнуто конструктивними рішеннями опалубної системи та шляхом

застосування ефективних матеріалів для виготовлення формуютьючих елементів.

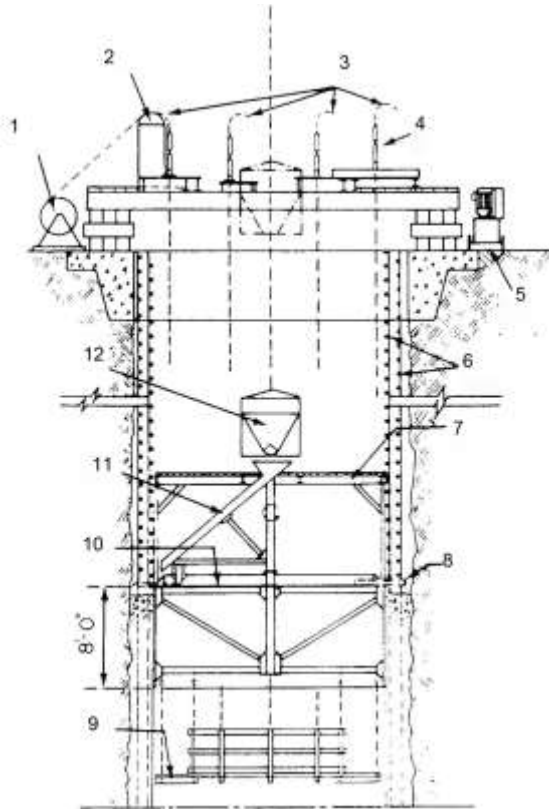


Рис. 2. Принципова схема опалубної системи Scanada International, Inc., яку застосовують для зведення вертикального стволу шахти [8]:

- 1 – лебідка; 2 – блок; 3 – трос; 4 – тросові домкрати для підйому і опускання;
- 5 – гідравлічний насос; 6 – арматурний каркас; 7 – робоча платформа, що встановлюється під час бетонування; 8 – консольна платформа, що встановлюється по периметру конструкції; 9 – підмости; 10 – опорна частина; 11 – бетонолітний жолоб;
- 12 – бункер для бетонної суміші

За способом кріплення формуютьювальних елементів по відношенню до поверхні конструкції, ковзні опалубні системи поділяють на системи в яких:

– формуютьювальні елементи кріплять паралельно поверхні конструкції, що зводиться. Таке кріплення використовували в початкових конструктивних рішеннях опалубних систем;

– формуютьювальні елементи кріплять із забезпеченням однобічної конусності до поверхні конструкції, що зводиться. За такого розташування опалубних щитів, з однієї сторони конструкції формуютьювальні елементи

встановлюють паралельно до поверхні конструкції, а з іншої сторони з нахилом до напрямку руху. Тобто, на початку відстань між палубами забезпечує проектну товщину конструкцію, але в подальшому, по мірі твердіння бетону, вона збільшується для зменшення зчеплення між бетоном і палубою;

- формоутворювальні елементи кріплять із забезпеченням двобічної конусності до поверхні конструкції, що зводиться;
- в опалубних системах застосовують рухливі формоутворювальні елементи (рис. 3).

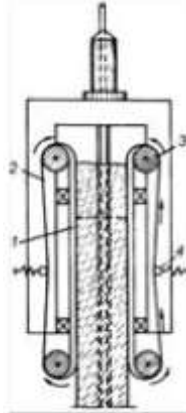


Рис. 3. Приклад ковзної опалубної системи із рухливими формоутворювальними елементами [4]:

- 1 – щит опалубки; 2 – гнучка стрічка; 3 – роликові опори;
- 4 – притисний пристрій для натягування

В останньому випадку, опалубна система працює наступним чином. Після монтажу опалубки у простір між формоутворювальними елементами (щитами із гнучкою стрічкою) укладають бетонну суміш, що в подальшому ущільнюють. Після витримування бетону до запроектованої міцності, включають привод, який створює рух гнучкої стрічки і підняття самої опалубної системи. Переміщення формоутворювальних елементів дозволяє їх очистити від залишків бетонної суміші і відповідно зменшити зчеплення опалубки із бетоном.

На зчеплення між бетоном і формоутворювальними елементами також впливає матеріал з якого виготовлена палуба, яка може бути виготовлена на основі деревини, металу чи полімерів.

Аналіз конструктивних рішень опорної частини ковзної опалубної системи, дозволяє виділити наступні ознаки для подальшої класифікації:

- спосіб обпирання опорної частини;
- конструкція домкратних рам;
- розташування домкратних стержнів.

За способом обпирання опорної частини опалубної системи, ковзні опалубки можна поділити на наступні різновиди:

- опалубні системи, що в процесі виконання робіт, опираються на конструкцію, що зводиться (рис. 1);
- опалубні системи, які використовують без опирання на конструкцію, що зводиться (рис. 4, 5);
- опалубні системи із комбінованим опиранням (рис. 2, 3).

За конструктивним рішенням домкратних рам, ковзні опалубні системи можна поділити на наступні різновиди:

- опалубні системи з єдиними домкратними рамами, з так званими охоплюючими рамами (рис. 1), яка розміщується поверх конструкції, що зводиться. Такі рами дозволяють усунути вплив розпірних зусиль від бетонної суміші, що укладається, але значно ускладнює процес армування конструкції і збільшує його трудомісткість;
- опалубні системи з дискретними домкратними рамами, тобто, які не з'єднані між собою, застосовують для влаштування високоармованих конструкцій спеціальних споруд.



Рис. 4. Приклад ковзної опалубної системи для влаштування горизонтальних і похилих монолітних конструкцій із горизонтальним переміщенням формоутворювальних елементів [16]

За розташування домкратних стержнів, ковзні опалубні системи можна поділити на наступні різновиди:

- із розташуванням домкратних стержнів всередині конструкції (рис. 1), що зводиться;
- із розташуванням домкратних стержнів ззовні конструкції, що зводиться;
- без застосування домкратних стержнів (рис. 3-5).



Рис. 5. Приклад зі змішаним переміщенням формоутворювальних елементів ковзних опалубних систем [15]

І останнім критерієм за яким були розглянуті ковзні опалубні системи був механізм переміщення опалубної системи в процесі влаштування монолітної конструкції. При цьому були розглянуті наступні ознаки:

- елементи, що переміщуються в процесі зведення монолітної конструкції;
- напрямок переміщення ковзної опалубної системи;
- різновиди домкратів, що використовують для переміщення опалубної системи;
- система управління переміщенням ковзної опалубної системи.

За напрямком переміщення формоутворювальних елементів в процесі зведення монолітної конструкції, ковзні опалубні системи можна поділити на наступні різновиди:

- із вертикальним переміщенням формоутворювальних елементів (рис. 1–3);
- із переміщенням у горизонтальному напрямку формоутворювальних елементів (рис. 4);
- зі змішаним переміщенням формоутворювальних елементів (рис. 5).

Необхідно відмітити те, що при переміщенні ковзної опалубної системи у горизонтальному напрямку, вона опирається не на конструкцію, що зводиться, а на опору фіксованої форми, такої як, ущільнений ґрунт (рис. 4). Бетону-приймач опалубної системи являє собою жолоб, призначений для рівномірного розподілу бетонної суміші по всіх частинах форми. Після цього бетонна суміш вібраційно ущільнюється. За допомогою формоутворюючих елементів виконується зміцнення, надання необхідної форми та фінішна обробка поверхні монолітної конструкції.

За елементами, що переміщуються в процесі зведення монолітної конструкції, ковзні опалубні системи можна поділити на наступні різновиди:

- переміщення формоутворювальних елементів відносно конструкції, що зводиться (рис. 1–5);
- переміщення, власне, конструкції, що зводиться, відносно формоутворювальних елементів, тоді як останні не змінюють свого положення (рис. 6).

Остання передбачає, що ковзні опалубні системи можна застосовувати при зведенні підземних конструкцій методом «стіна в ґрунті» [2]. В даному випадку передбачається, що опалубна система монтується стаціонарно на рівні ґрунту над попередньо викопаною траншеєю під майбутню конструкцію. При цьому нижня частина формоутворювальних елементів (4) закривається днищем (5). Перед бетонуванням встановлюється арматурний каркас (10) і майбутня конструкція підвищується на тросах (6). Після бетонування і набранням бетоном першого ярусу необхідної проектної міцності, відчиняється днище (5) і конструкція починає поступово опускатися у траншею під власною вагою із підтриманням за допомогою тросів (6). Темп опускання конструкції повинен відповідати заданому терміну тужавлення бетону для забезпечення геометричної незмінності конструкції та її якості.

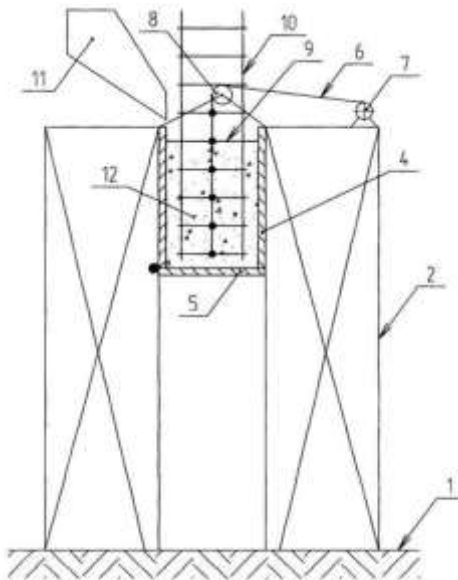


Рис. 6. Принципова схема стаціонарної ковзної опалубної системи, при виготовленні конструкції, що переміщується в процесі виконання робіт [3]:
1 – рівень ґрунту; 2 – опорна частина опалубної системи; 4 – формоутворювальні елементи; 5 – днище; 6 – тяга (трос); 7 – лебідка, що оснащена гальмом; 8 – блок; 9 – верхній рівень бетонної суміші, що укладається; 10 – арматурний каркас; 11 – смінь для укладання бетонної суміші; 12 – ярус укладеної бетонної суміші

За різновидами домкратів, що використовують для переміщення опалубної системи, ковзні опалубки можна поділити на опалубки, які використовують: механічні, електромеханічні, пневматичні, вібраційні, та гідравлічні домкрати. На сьогодні в будівельній практиці широко поширення набули ковзні опалубні системи, що обладнанні гідравлічними домкратами.

Необхідно пам'ятати про те, що правильне бетонування конструкцій, при застосуванні ковзної опалубної системи залежить від чітко встановленого положення робочої платформи і домкратних рам. Будь які зміщення робочих платформ, домкратних стержнів і рам можуть призвести до деформацій домкратних стержнів, пошкодження бетону і відхилень будівлі від вертикалі. Тому, в даному випадку, важливо забезпечити сумісне і одночасне переміщення всіх елементів опалубної системи, що забезпечується системою управління. Згідно якої ковзні опалубні системи можна поділити на:

- опалубні системи із ручним управлінням;
- опалубні системи із напівавтоматичним управлінням;
- опалубні системи із автоматичним управлінням.

На сьогодні більшість ковзних опалубних систем передбачає автоматичне чи напівавтоматичне управління переміщенням.

За результатами аналізу складена класифікація ковзних опалубних систем, що наведена на рис. 7.

Висновок. Запропонована класифікація ковзних опалубних систем, яка передбачає їх класифікацію за критеріями, що впливають на конструктивні рішення, а саме: конструктивні рішення формоутворювальних елементів, конструктивні рішення опорної частини опалубної системи і механізм руху опалубної системи в процесі зведення монолітної конструкції. Дана класифікація дає уявлення про існуючі ковзні опалубні системи і дозволяє підвищити обґрунтованість вибору і формування конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних будівель і споруд.

Список літератури:

1. Дауров М.К., Тонкачєєв Г.М. Влаштування прямокутних паль методом занурення з виготовленням на форшахті. *Містобудування та територіальне планування*. 2017. Вип. 65. С. 153 - 157. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/bitstreams/da5415a7-d846-40fa-b077-5531e03e0b4e/download>
2. Заволока М.В. Монолітне домобудування. Одеса: ОДАБА, 2002. 223 с.
3. Тонкачєєв Г.М. Югов А.М., Чепелянський А.Я., Москаленко В.І. Спосіб зведення монолітної будівельної конструкції: пат. 104020 Україна № а201113024; заявл. 07.11.2011; опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24. 6 с.
4. Тонкачєєв Г.Н., Шарапа С.П., Клис М.В. Технологія зведення монолітних багатоповерхових будівель і перспективи її розвитку. *Містобудування та територіальне планування*. 2013. Вип. 47. С. 633-637 URL: <https://repository.knuba.edu.ua/bitstreams/3f198edc-1ab6-4313-b062-eddd07a48399/download>

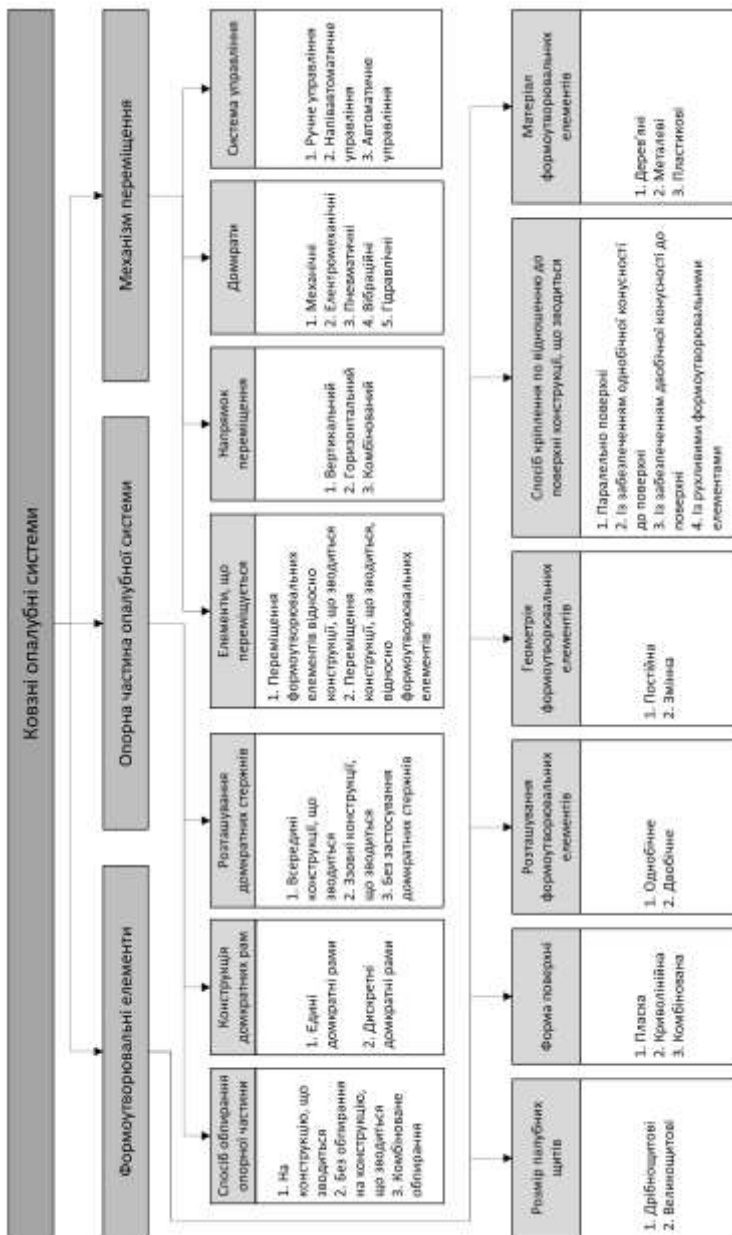


Рис. 7. Класифікація ковзних опалубних систем

5. Шарапа С.П. Теоретичне та експериментальне дослідження процесу переміщення рухомого модулю зі стрічкою по бетону. *Містобудування та територіальне планування*. 2015. Вип. 57. С. 476 - 482. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/bitstreams/5ffc0f13-43f2-436c-81f0-5106b4f8a276/download>
6. Shapira A. Contemporary Trends in Formwork Standards. *Journal of Construction Engineering and Management*. Journal of Construction Engineering and Management. Volume 125, Issue 2. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:2(69)
7. Formwork and falsework for heavy construction. Bulletin No. 48, January 2009. DOI: doi.org/10.35789/fib.BULL.0048. URL: <https://www.fib-international.org/publications/fib-bulletins/formwork-and-falsework-for-heavy-construction-114-detail.html>
8. Peurifoy R.L., Oberlender G.D. Formwork for Concrete Structures. Fourth Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2011. 543 p.
9. Diaconu R., Paul D. Brindasu Optimum Solution for Sliding Formwork Equipment. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vol. 808. P. 298-306. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.808.298
10. Wei Li, Xiaoshan Lin, Ding Wen Bao, Yi Min Xie. A review of formwork systems for modern concrete construction. *Structures*. Volume 38, April 2022, P. 52-63. DOI: 10.1016/j.istruc.2022.01.089
11. Li Yudian. Analysis on the causes and prevention measures of the potential safety hazard of the formwork support system. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2020. 510: 052021. DOI: 10.1088/1755-1315/510/5/052021
12. Hawkins, W.J., Herrmann, M., Ibell, T.J., Kromoser, B., Michaelski, A., Orr, J.J., Pedreschi, R., Pronk, A., Schipper, H.R., Shepherd, P., Veenendaal, D., Wansdrong, R. and West, M. Flexible formwork technologies – a state of the art review. *Structural Concrete*, 2016, 17: 911-935. <https://doi.org/10.1002/suco.201600117>
13. Arumsari P., Xavier Ch. Cost and time analysis on the selection of formwork installation method. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2020, 426:012042. DOI: 10.1088/1755-1315/426/1/012042
14. Scanada Group. An Unparalleled Level of Experience and Expertise. URL: <https://www.scanada.com/>
15. SRG Global. URL: www.srgglobal.com.au
16. GOMACO Corporation. URL: www.gomaco.com

Reference:

1. Daurov, M.K., Tonkacheev, H.M. (2017). Arranging of rectangular piles by method of dipping with making on preliminary shaft. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. Vyp. 65. P. 153-157. <https://repository.knuba.edu.ua/bitstreams/da5415a7-d846-40fa-b077-5531e03e0b4e/download> {in Ukrainian}
2. Zavoloka, M.V. (2002). Monolitne domobuduvannia. Odesa: ODABA. 223 p. {in Ukrainian}
3. Tonkacheiev, H.M., Yuhov, A.M., Chepelianskyi, A.Ia., Moskalenko, V.I. (2013). Sposib zvedennia monolitnoi budivelnoi konstruktsii: patent 104020 Ukraine No. a201113024; statement 07.11.2011; published 25.12.2013, Bull. No. 24. 6 p. {in Ukrainian}
4. Tonkacheiev, H.N., Sharapa, S.P., Klys, M.V. (2013). Technology of construction of monolithic multi-story buildings and prospects for its development.

Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. Vyp. 47. P. 633-637
<https://repository.knuba.edu.ua/bitstreams/3f198edc-1ab6-4313-b062-eddd07a48399/download> {in Ukrainian}

5. Sharapa, S.P. (2015). Theoretical and experimental study of the process movement of mobile module with tape on concrete. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. Vyp. 57. P. 476-482. <https://repository.knuba.edu.ua/bitstreams/5ffc0f13-43f2-436c-81f0-5106b4f8a276/download> {in Ukrainian}

6. Shapira, A. (1999). Contemporary Trends in Formwork Standards. *Journal of Construction Engineering and Management*. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 125, Is. 2. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9364(1999)125:2(69) {in English}

7. Formwork and falsework for heavy construction. Bulletin No. 48, January 2009. DOI: doi.org/10.35789/fib.BULL.0048. URL: <https://www.fib-international.org/publications/fib-bulletins/formwork-and-falsework-for-heavy-construction-114-detail.html> {in English}

8. Peurifoy, R.L., Oberlender, G.D. (2011). *Formwork for Concrete Structures*. Fourth Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc., 543 p. {in English}

9. Diaconu, R., Paul, D. (2015). Brindasu Optimum Solution for Sliding Formwork Equipment. *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 808. P. 298-306. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.808.298 {in English}

10. Wei Li, Xiaoshan Lin, Ding Wen Bao, Yi Min Xie. (2022). A review of formwork systems for modern concrete construction. *Structures*. Volume 38, April 2022, P. 52-63. DOI: 10.1016/j.istruc.2022.01.089 {in English}

11. Li Yudian. (2020). Analysis on the causes and prevention measures of the potential safety hazard of the formwork support system. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 510: 052021. DOI: 10.1088/1755-1315/510/5/052021 {in English}

12. Hawkins, W.J., Herrmann, M., Ibell, T.J., Kromoser, B., Michalski, A., Orr, J.J., Pedreschi, R., Pronk, A., Schipper, H.R., Shepherd, P., Veenendaal, D., Wansdrong, R. and West, M. (2016). Flexible formwork technologies – a state of the art review. *Structural Concrete*, 17: 911-935. <https://doi.org/10.1002/suco.201600117> {in English}

13. Arumsari, P., Xavier, Ch. (2020). Cost and time analysis on the selection of formwork installation method. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 426:012042. DOI: 10.1088/1755-1315/426/1/012042 {in English}

14. Scanada Group. An Unparalleled Level of Experience and Expertise, from: <https://www.scanada.com/>

15. SRG Global, from: www.srgglobal.com.au

16. GOMACO Corporation, from: www.gomaco.com

Y. Halenko, O. Makhynia

Classification of sliding formwork systems

The article discusses modern sliding formwork systems, which are different from other types of formworks in that they can be moved during the construction of structures without the need for intermediate stages of formwork installation and removal. This, and the possibility of using a high level of process automation, allows to increase the rate of monolithic construction and significantly reduce the number of working seams, which in turn increases the structural reliability and reduces the complexity of formwork operations. The development of constructive solutions for sliding formwork systems has

created a significant range of varieties of these systems, which allows expanding the range of applications for sliding formwork.

Based on the analysis of existing sliding formwork systems, their classification is proposed according to the factors that influence the constructive solutions, namely: constructive solutions of forming elements, constructive solutions of the supporting part of the formwork system and the mechanism of movement of the formwork system in the process of constructing a monolithic structure. It is proposed to classify sliding formwork systems according to the following features of the structural solutions of the forming elements, namely: the size of the formwork panels; the shape of the surface of the forming elements; the location of the forming elements in relation to the structure being constructed; the geometry of the forming elements; the method of fixing the forming elements in relation to the surface of the structure being constructed; the material of the surface of the forming elements in contact with the freshly placed concrete mixture. According to the constructive solutions of the supporting part of the formwork system, it is proposed to consider the following features: the method of supporting the formwork part; the construction of jacking frames; the location of jacking rods. According to the mechanism of movement of the supporting part of the formwork system, it is proposed to distinguish the following features: elements that move in the process of raising a monolithic structure; direction of movement of the sliding formwork system; types of jacks used to move the formwork system; control system for moving the sliding formwork system. The presented classification takes into account technical parameters and functional properties, which contributes to a better understanding of the choice of the best type of formwork for specific construction tasks. The results of the study may be useful for engineers, architects and other construction industry professionals interested in improving the efficiency and quality of construction projects.

Key words: *sliding formwork system (slipform construction), forming elements (formwork panels), jack, jack rod, jack frame, working platform.*

Посилання на статтю:

АРА: Halenko, Y., & Makhynia, O. (2023). Classification of sliding formwork systems. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 52(1), 157-170.

ДСТУ: Галенко Є.О., Махиня О.М. Класифікація ковзних опалубних систем. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2023. № 52(1). С. 157-170.