

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

ІГНАТЕНКО ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 69.057.4

**СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
МОДЕЛЕЙ ЗВЕДЕННЯ ВЕЛИКОПРОГОНОВИХ БУДІВЕЛЬ
ПІДЙОМНИМИ МОДУЛЯМИ**

Спеціальність 05.23.08 – технологія та організація промислового та
цивільного будівництва

РЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2026

Дисертацією є рукопис.

Дисертація виконана в Київському національному університеті будівництва і архітектури (м. Київ) Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Осипов Олександр Федорович,
професор кафедри будівельних технологій
Київського національного університету
будівництва і архітектури

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Менейлюк Олександр Іванович,
в.о. завідувача кафедри будівельних технологій
Одеської державної академії будівництва та
архітектури;

доктор технічних наук, професор
Шумаков Ігор Валентинович,
завідувач кафедри технології та організації
будівельного виробництва Навчально-наукового
інституту будівельної та цивільної інженерії
Харківського національного університету
міського господарства імені О. М. Бекетова

доктор технічних наук, професор
Радкевич Анатолій Валентинович,
професор кафедри будівельного виробництва та
геодезії, перший проректор Українського
державного університету науки і технологій,
м. Дніпро

Захист відбудеться «16» вересня 2026 року о 12.00 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.03 у Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, пр. Повітряних сил, 31, ауд. 204.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, пр. Повітряних сил, 31.

Реферат розіслано «21» липня 2026 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.056.03
канд. тех. наук, доцент



Максим КЛИС

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Актуальність дослідження обумовлена загальною потребою швидкого відновлення промислової та соціальної інфраструктури України, зруйнованої внаслідок бойових дій. В умовах існуючої забудови населених місць та часто неможливої або ускладненої логістики застосування традиційних кранових технологій при відновленні пошкоджених та зведенні нових великопрогонових будівель (ВБ) стає неефективним. Перехід до безкранових технологій з використанням підйомних модулів (ПМ) дозволяє вирішити цю проблему з мінімальними затратами та ризиками. Тому створення системи формування конструктивно-технологічних моделей (КТМ) зведення ВБ підйомними модулями є актуальною науково-прикладною проблемою.

Ключовими аргументами, які підсилюють необхідність випрацювання теоретичних основ та інструментарію безкранових технологій зведення ВБ з використанням КТМ, є:

- *технологічна незалежність від логістики.* В умовах пошкоджених доріг та зруйнованих мостів переміщення важких самохідних кранів в зону будівництва для більшості об'єктів відновлення неможлива. Натомість ПМ на базі гідравлічних домкратів можуть бути доставлені на будівельний майданчик малотоннажним компактним транспортом;
- *відновлення пошкоджених та зведення нових ВБ в умовах обмеженого технологічного простору.* В умовах існуючої забудови промислових територій при відновленні пошкоджених або зведенні нових ВБ, де відстань між цехами мінімальна, передпідйомне розкріплення самохідних кранів ускладнене. Радіус повороту стріли кранів максимально обмежений. Натомість безкранові технології з використанням ПМ дозволяють виконувати вертикальне зведення ВП зі спиранням на підрощувані або суцільні колони каркаса ВБ, що зводяться, за умови розміщення підйомних механізмів в межах будівельного майданчика, розміри якого не виходять за зовнішній контур об'єкта зведення;
- *економічна ефективність і енергонезалежність.* В умовах сьогодення вартість оренди потужних кранів дуже висока. Системи ПМ, до складу яких входять гідравлічні чи пневматичні домкрати, гідроциліндри двосторонньої дії при менших вартостях можуть працювати від мобільних генераторів, що критично важливо для відновлення пошкоджених чи зведення нових великопрогонових об'єктів на територіях з нестабільним енергопостачанням.

Аналіз праць вітчизняних та закордонних вчених - Черненка В.К., Тонкачєєва Г.М., Осипова О.Ф., Назаренка В.Ф., Ситника Н.П., Ровінського Л., Флігієра К., у яких розглянуто організаційно-технологічні складові монтажних процесів і наведено класифікацію методів монтажу ВБ, підтверджує сталу тенденцію зміщення акцентів від класичних кранових технологій до комбінованих технологій зведення ВБ, при застосуванні яких ВП укрупнюються на монтажних стендах кранами і переміщуються на проєктну висоту за допомогою кранів або різноманітних підйомників.

З урахуванням першочергових завдань, що стоять перед вітчизняною будівельною індустрією щодо відновлення пошкоджених внаслідок війни та зведення нових великопрогонових будівель промислового та цивільного призначення в умовах адаптивного будівництва при обмеженій можливості застосування в будівельних процесах класичних кранових технологій, актуальність теми дисертаційного дослідження є очевидною. Вона спрямована на науково обґрунтоване вирішення проблеми створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, які вертикально переміщують передпідйомно укрупнені блоки ВП на проєктні відмітки за умови функціональної взаємодії компоновок підйомних модулів з підрозумованими або суцільними колонами каркаса ВБ, що зводиться. У контексті цього **наукова гіпотеза** дослідження базується на припущенні, що функціонально-цільовий обрис КТМ зведення великопрогонових будівель ПМ доцільно розглядати не в конструктивно-технічній формі, а як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових КТМ з елементами соціотехнічної системи перетворень, що дозволяє декомпонувати ці функції на дворівневу ієрархію та створювати адаптовані КТМ, які відповідають заданим параметрам технологічного призначення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана у межах науково-дослідних робіт, що здійснюються за участі автора на кафедрі будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури, а саме «Вдосконалення теоретичних основ варіантного проєктування технологій будівництва та реконструкції об'єктів промислового та цивільного призначення» (НДР 0125U002046).

Зміст і новизна результатів дисертації відповідають напряму розвитку, визначеному законодавчими актами України, такими як Національна програма відновлення регіонів і територій України (Закон № 2389-ІХ від 09.07.2022), План «Відновлення України» (Розпорядження КМУ від 18.03.2024 №244), Державна стратегія регіонального розвитку на 2021–2027 роки (Постанова КМУ від 13.08.2024 №940).

Мета і завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає в розробці теоретичних основ та методологічних принципів системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка забезпечує адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, мінімальні показники складності, трудомісткості та тривалості процесів зведення ВБ, повну автоматизацію операцій по вертикальному переміщенню ВП та роботизацію завершальної фази встановлення опорних конструкцій ВП у проєктне положення і забезпечення максимального рівня безпеки висотних монтажних робіт.

Для досягнення поставленої в роботі мети визначено наступний перелік завдань дослідження:

- проаналізувати сучасний рівень технологій зведення великопрогонових будівель, виявити основні тенденції, обмеження традиційних кранових методів та обґрунтувати актуальність переходу до безкранових адаптивних технологій у

контексті існуючої забудови населених місць та повоєнного відновлення об'єктів критичної інфраструктури України;

- визначити та систематизувати основні складові КТМ зведення великопрогонових будівель, а також ключові групи функцій взаємодії та факторів впливу в соціотехнічній системі перетворень;
- сформувати функціонально-цільовий обрис КТМ як сукупність функцій багатоваріантної взаємодії основних складових з елементами соціотехнічної системи перетворень та встановити дворівневу ієрархічну структуру цієї взаємодії (зовнішні та внутрішні функції);
- дослідити закономірності формування компоновок ПМ та структурно-логічну залежність їх функціональної взаємодії від технологічних особливостей безкранових методів зведення великопрогонових будівель;
- визначити та обґрунтувати пріоритетні критерії оптимізації КТМ зведення великопрогонових будівель підйомними модулями в умовах обмеженого технологічного простору та високих вимог безпеки;
- виконати порівняльний модельний аналіз альтернативних варіантів КТМ, провести їх оптимізацію та визначити пріоритетні варіанти з сегментацією за масою великопрогонових покриттів, що зводяться, та розмежуванням областей раціонального використання;
- розробити технологічні рішення з роботизації та повної автоматизації завершальної фази закріплення ригелів великопрогонових покриттів у проектному положенні за умови переміщення конструкцій у трьох площинах без присутності монтажників у зоні підвищеного ризику;
- узагальнити структурно-логічну послідовність створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, сформулювати рекомендації щодо її практичного застосування в умовах адаптивного будівництва при технічній неможливості використання класичних кранових технологій та пошкодженій логістичній інфраструктурі.

Об'єкт дослідження - технологічні процеси безкранового зведення великопрогонових будівель в обмеженому технологічному просторі в умовах існуючої забудови населених місць, ускладненої логістики за підвищених вимог до безпеки виконання висотних монтажних робіт.

Предмет дослідження - функціонально-цільова взаємодія між основними складовими КТМ зведення ВБ підйомними модулями, закономірності її дворівневої ієрархічної структуризації та методологічні принципи формування адаптивних, оптимізованих та роботизованих КТМ на основі багатоваріантної функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ та конструктивними складовими КТМ зведення ВБ.

Методи дослідження. Для дослідження розвитку конструктивних рішень ВБ та особливостей технологічних процесів їхнього зведення використовувався метод статистичного дослідження. З метою обґрунтування актуальності, формування мети та завдань дослідження, аналізу й узагальнення науково-технічної літератури використано методи системно-структурного аналізу і синтезу, узагальнення, класифікації та порівняльного аналізу. При визначенні

складу та систематизації функцій КТМ зведення ВБ використано методи морфологічного аналізу та синтезування оптимальних рішень. Для формування конструктивно-функціональної структури груп КТМ був використаний метод функціонально-фізичного аналізу. Визначення функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ виконувалось з використанням методів порівняльного аналізу технічних характеристик та модельного аналізу. Дослідження процесу оптимізації варіантних рішень КТМ виконувалось з використанням методу критеріальної оптимізації.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи полягає в у створенні теоретичних основ системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями яка ґрунтується на представленні КТМ як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії основних складових ПМ з елементами соціотехнічної системи перетворень, з декомпозицією цих функцій на дворівневу ієрархію та цілеспрямованим конструюванням ПМ, призначених для їх виконання, за умови відповідності ієрархії результатів. Це дає змогу різноманітними комбінаційними варіантами компоновок ПМ створювати адаптовані моделі зведення, що відповідають попередньо визначеним параметрам технологічного призначення. Уперше розроблено цілісну науково-прикладну систему безкранового зведення ВБ, в якій функціональна взаємодія крокових підйомних модулів або підрозумованих стовпів підйомних модулів зі спареними колонами каркасів дозволяє переміщувати блоки великопрогонових покриттів з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проектного закріплення в автоматичному режимі на будівельних майданчиках, розміри яких в плані не перевищують габаритні розміри покриттів, що зводяться. При цьому, монтажники залучаються виключно в процеси остаточного закріплення ригелів ВП між оголовками колон каркаса. За умови мінімізації ризиків при знаходженні персоналу поза зоною зведення ВП, весь процес роботизованого автоматичного підйому ВП дистанційно контролюється з центрів управління, розташованих поза зоною монтажних робіт.

Таким чином, результати дисертаційної роботи сприяють створенню ефективного технологічного середовища адаптивного оперативного безпечного зведення великопрогонових об'єктів, що є критично важливим для відновлення промислової та цивільної інфраструктури України в умовах сучасних викликів.

Наукову новизну складають наступні результати.

В даній дисертаційній роботі подано **вперше:**

➤ сформовано та досліджено основні складові КТМ зведення великопрогонових будівель, якими є силові технічні агрегати (стаціонарні та пересувні підйомні модулі) та несучі конструкції (збірні підрозумованні або суцільні колони каркаса, ригелі ВП, що зводяться), що дозволяє визначати умови їхнього об'єднання у єдину цільову систему, забезпечує можливість моделювання варіантів її компоновки, залежно від умов зведення ВП, та що вперше покладено в основу методології створення та застосування технологічних систем зведення ВП крокуючими ПМ;

- обґрунтовано методичний підхід щодо дослідження функціонально-цільового обрису КТМ, не у відомій конструктивно-технічній формі, а як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії складових КТМ з елементами системи перетворень та який покладено у теоретичне підґрунтя процесу моделювання власної структури та функції зазначених технологічних систем;
- створено теоретичні основи цілісної науково-прикладної системи безкранового зведення ВП, в якій завдяки функціональній взаємодії основних складових КТМ забезпечується автоматичне вертикальне переміщення блоків ВП в просторі між спареними колонами каркаса зі спиранням на крокові ПМ або підрошувані стовпи ПМ з одночасним забезпеченням просторової стійкості та геометричної незмінності ВП, як в процесі підйому, так й під час технологічних пауз в підйомному процесі;
- розроблено теоретичні принципи роботизації завершальної фази зведення ВП, що дозволяє виконувати автоматичне наведення та встановлення ригелів ВП у проєктне положення між оголовками спарених колон каркаса в трьохвимірному просторі за умови відсутності персоналу в зоні зведення;
- обґрунтовано концептуальні принципи та система конструктивно-технологічних моделей використання спарених колон каркаса як багатофункціональних складових КТМ, які одночасно виконують роль вертикальних напрямних, опорних вузлів і обмежувачів горизонтальних відхилень під час переміщення блоків ВП;
- обґрунтований новий підхід до вирішення комплексної проблеми зведення ВБ в умовах існуючої забудови населених місць, ускладненої логістики та неможливості використання традиційних кранових технологій, при якому у відповідності до створеної системи формування КТМ вертикальне переміщення блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення на рівень проєктних відміток виконується підйомними модулями в автоматичному режимі на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри ВП, що зводиться, при відсутності персоналу в зоні підйому та дистанційному керуванні всіма етапами процесу вертикального переміщення ВП.

Удосконалено:

- методологічні принципи декомпозиції складних технологічних систем на дворівневу ієрархічну структуру функціональної взаємодії (зовнішні F1–F4 та внутрішні F5–F6 функції), що дозволяє системно формувати адаптивні КТМ залежно від конкретних умов будівництва;
- підходи до оптимізації КТМ на основі комплексної системи критеріїв (адаптивність до обмеженого простору, мінімізація трудомісткості, тривалості процесів та максимізація безпеки висотних робіт), що забезпечило перехід від евристичних рішень до науково обґрунтованого вибору раціональних варіантів;
- структурно-логічну залежність конструктивно-технологічного наповнення компоновок ПМ від технологічних особливостей безкранових методів зведення з застосуванням ПМ;
- модель порівняльного аналізу варіантів КТМ, яка враховує одночасно технічні, економічні параметри та умови безпеки виконання монтажних робіт.

Набуло подальшого розвитку:

- теорія безкранових методів монтажу будівельних конструкцій на основі створення багатофункціональних адаптивних технологічних систем, основною складовою яких є стаціонарні або пересувні підйомні модулі, функціонально взаємодіючи зі спареними суцільними колонами каркасів;
- методологія роботизованого безкранового зведення нових та відновлення пошкоджених ВБ, придатна для застосування в умовах постійно змінюваного адаптивного будівництва;
- теорія функціонально-цільового моделювання складних будівельних систем з урахуванням динаміки факторів впливу зовнішнього та внутрішнього середовища;
- наукові засади інтеграції систем дистанційного керування та моніторингу у процес безкранового роботизованого монтажу великопрогонових об'єктів промислового та цивільного призначення з використанням запропонованої системи формування КТМ зведення ВП підйомних модулів.

Практична цінність результатів дисертації полягає в створенні дієвої системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка дозволяє вирішувати актуальні проблеми сучасного будівництва в умовах існуючої забудови населених місць. Запропонована система забезпечує:

- можливість безкранового зведення та реконструкції великопрогонових об'єктів на територіях, де використання традиційних кранів технічно неможливе або економічно недоцільне;
- суттєве зниження трудомісткості та тривалості монтажних робіт завдяки автоматизації вертикального переміщення блоків ВП і роботизації завершальної фази їхнього наведення та закріплення;
- підвищення безпеки висотних робіт за рахунок мінімальної присутності персоналу в зоні ризику (24–34 м) - монтажники залучаються лише на етапі остаточного закріплення опорних покрівельних конструкцій;
- адаптивність технології до обмеженого монтажного простору, коли розміри будівельного майданчика не перевищують габарити об'єкта зведення.
- постійний моніторинг за всіма процесами зведення ВП з використанням камер спостереження, розташованими на крокових ПМ або на секціях підрощених стовпів ПМ.

Розроблені варіанти КТМ (6g₃ - для зведення ВП масою 1200–6000 тонн та 7b₂ - для зведення ВП масою до 1200 тонн) створюють інструментарій для оперативного відновлення об'єктів критичної інфраструктури, а також для зведення нових будівель в умовах існуючої забудови населених місць.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою працею, її теоретичні положення, практичні розробки, висновки та рекомендації належать особисто автору, є його внеском у розвиток наукової підгалузі «Безкранові технології зведення великопрогонових будівель» науки «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». Результати дисертації опубліковано автором самостійно та у співавторстві. Внесок здобувача у роботах, опублікованих у співавторстві, висвітлено у списку опублікованих

праць. З наукових публікацій, виданих у співавторстві, у дисертації використано ті матеріали, які становлять особистий внесок автора.

Апробація результатів досліджень. Основні положення дисертації, результати теоретичних досліджень оприлюднено на 23-х міжнародних науково-практичних конференціях (МНПК) та міжнародних науково-практичних форумах (МНПФ), зокрема на: МНПК «*Modern Challenges in Science, Education, and Society: A Global Context*» (Стенфорд, США, 2025); МНПФ «*Architecture, Construction, Design: Technology, Energy, Management - 2024*» (Київ, Україна, 2024); IX МНПК «*Science in modern society*» (Пекін, Китай, 2024); XV МНПК «*The modern vector of the development of science*» (Філадельфія, США, 2024); 69-й МНПК «*Science – Technology – Innovation*» (Торонто, Канада, 2024); X-й МНПК «*Theoretical and practical perspectives of modern science*» (Стокгольм, Швеція, 2024); 5-й МНПК «*Ways of Science Development in Modern Crisis Conditions*» (Дніпро, Україна, 2024); XIV-й МНПК «*Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем*» (Чернігів, Україна, 2024); МНПК «*Current state and modernization priorities of science, education and society*» (Орхус, Данія, 2024); 3-й МНПК «*Scientific Research and Innovation*» (Дніпро, Україна, 2024); МНПК «*Interdisciplinary Approaches to Tackle Global Challenges and Promotion of Innovative Solutions*» (Дніпро, Україна, 2024); МНПК «*Current issues of science, education and technology in modern conditions*» (Орхус, Данія, 2024); 5-й МНПК «*Integration of Education, Science and Business in Modern Environment*» (Дніпро, Україна, 2024); МНПК «*Science, education and technology: global trends and the regional aspect*» (Тампере, Фінляндія, 2024); МНПК «*Сучасний стан та пріоритети модернізації науки, освіти та технологій*» (Біла Церква, Україна, 2024); МНПК «*Current issues of science, education and technology in Ukraine and the world*» (Тампере, Фінляндія, 2023); МНПК «*Impact of Artificial Intelligence and Other Technologies on Sustainable Development*» (Дніпро, Україна, 2023); МНПК «*Перспективні напрямки розвитку науки, освіти та технологій: теорія і практика*» (Ізмаїл, Україна, 2023); МНПК «*Vectors of science, education and technology development in the context of globalization*» (Тампере, Фінляндія, 2023); МНПК «*Наука, освіта та суспільство: світові тенденції та регіональний аспект*» (Кременчук, Україна, 2023); МНПК «*Стратегічні орієнтири розвитку науки, освіти, технологій та суспільства*» (Полтава, Україна, 2023); МНПК «*Перспективи розвитку науки, освіти і технологій в Україні та світі*» (Житомир, Україна, 2023); МНПК «*Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти, технологій і суспільства*» (Кропивницький, Україна, 2023).

Публікації. Основні етапи, результати та висновки дисертаційної роботи представлено в 56 друкованих працях, серед яких – 6 статей у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та Web of Science Core Collection, 9 статей у спеціалізованих наукових виданнях, включених до категорії «Б» переліку фахових видань України, 16 статей у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію, 23 публікації апробаційного характеру у вигляді тез доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях, 2 статті у наукових періодичних виданнях,

які додатково відображають результати дисертації. Уведеному переліку друкованих праць 40 – без співавторів, з яких: 4 – у вітчизняних фахових виданнях [7–10], 11 – у наукових періодичних видання інших держав [14–26], 23 – тези доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях [32–54], 2 – у наукових виданнях, які додатково відображають результати роботи [55; 56].

Структура та обсяг дисертації відповідає встановленим вимогам та змісту вирішуваних в дисертації завдань. Дисертація містить анотацію українською та англійською мовами, список праць здобувача, перелік умовних позначень, вступ, шість розділів, загальні висновки, список використаних джерел із 252 найменувань, додатки на 16 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 355 сторінок, з них 280 сторінок основного тексту, включаючи 81 рисунок та 18 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження; визначено її мету, завдання, об'єкт, предмет, сформовано методологічну основу дослідження; висвітлено наукову новизну, науково-теоретичне та практичне значення одержаних результатів; наведено відомості про апробацію результатів дослідження, структуру та обсяг дисертації.

У **першому розділі «Аналіз сучасного рівня технології зведення конструкцій великопрогонових будівель»** методом збору та обробки статистичних даних аналізувався розвиток конструктивних рішень ВБ з несучими залізобетонними та металевими конструкціями (рис.1). Був виділений сегмент найбільш складних конструктивних складових ВБ для зведення – просторові металеві інтегровані ВП. Трудомісткість зведення сучасних ВП (прогін до 404м) складає до 75% від загальної трудомісткості зведення всіх КВБ.



* - в 1983 році найбільше покриття в світі з прогоном 144м було зведено в Україні (м. Київ)

Рис.1 Динаміка збільшення прогонів великорозмірних промислових та цивільних об'єктів, реалізованих за період за 1932 - 2024 років (Джерело: розроблено автором)

Були проаналізовані відомі методологічні підходи до формулювання основних організаційно-технологічних структур та методів монтажу будівельних конструкцій, в першу чергу КВБ. Детально розбирались відомі структурно-логістичні схеми проектування складних технологічних систем, принципи формування організаційно-технологічних структур (ОТС) та методів монтажу (ММ) у відповідності до граничних умов виконання будівельних процесів. Зі складових ОТС процесу зведення ВБ відбирались монтажні процеси з показниками найбільшої трудомісткості. Найбільші показники трудомісткості були характерні для операцій по передпідйомному укрупненню конструкцій ВП (до 35 %) та підйому ВП на проєктні відмітки (до 40 %).

Враховуючи конструктивно-технологічні характеристики 12 реалізованих варіантів зведення ВП методом вільного підйому підтягуванням та методами примусового підйому (переміщення) підтягуванням чи виштовхуванням, з використанням статистичних даних та проведенням системно-структурного аналізу, були відібрані найбільш ефективні рішення по зведенню ВБ (рис.2).

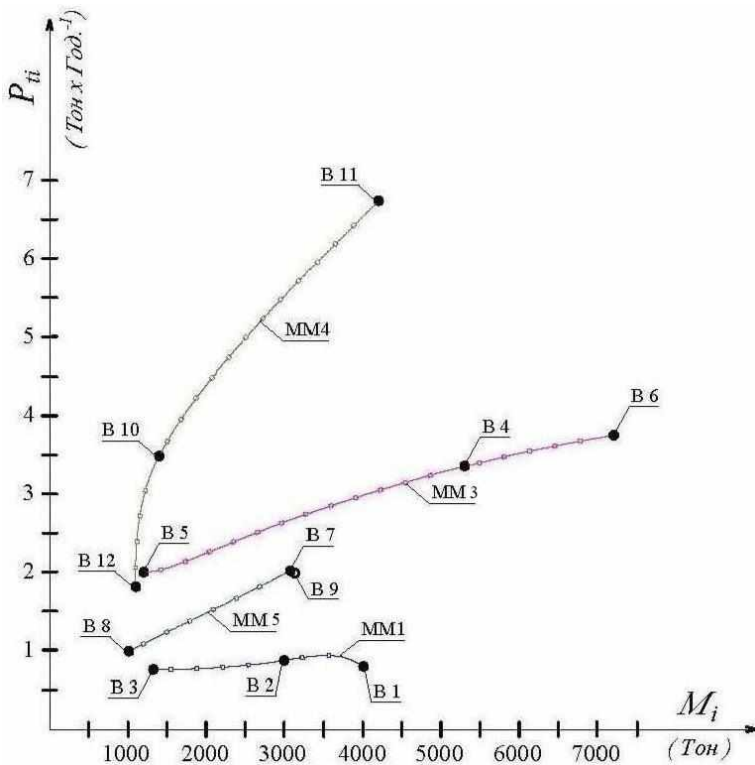


Рис.2 Співвідношення мас M_i зведених великопрогонових покриттів та показників продуктивності монтажних підрозділів P_{ti} , задіяних в зведенні КВБ (Джерело: розроблено автором)

Метод порівняльного аналізу був використаний при детальному дослідженні технологічних особливостей мобільних, обмежено-мобільних та немобільних монтажних машин та механізмів, задіяних в процесах зведення ВП. Головною вимогою, яка ставилась до підйомних агрегатів, які досліджувались, була їхня спроможність виконувати вертикальне переміщення блоків ВП в умовах існуючої забудови населених місць. Недоліки та переваги відомих рішень зведення ВБ були враховані при формуванні цілі задач дисертаційної роботи.

Так найкращі показники продуктивності монтажних підрозділів, які були задіяні в зведенні ВБ характерні для ММ3 – метод примусового переміщення блоку покриття по вертикальних напрямних та ММ4 – метод монтажу, який передбачає спирання ВП на підрошуванні колони каркаса ВБ, що зводиться, чи на підрошуванні стовпи ПМ.

Саме відібрані варіанти зведення ВБ з використанням методів ММ3 та ММ4 стали практичними підґрунтям для визначення концепції системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями.

У другому розділі «Визначення складу та систематизація функцій конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель» була визначена методика та методи досліджень взаємодії ПМ зі складовими КТМ на всіх етапах зведення КВБ. При дослідженні конструктивно-технологічної структури процесів зведення КВБ з загального комплексу технологічних операцій були виділені саме ті операції, в яких різноманітні підйомні механізми взаємодіяли з горизонтальними та вертикальними конструкціями ВБ, що зводились. Ефективність взаємодії ПМ з колонами та РВП досліджувалась протягом всього процесу переміщення блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня закріплення на проєктних відмітках.

Для дослідження функціональних властивостей КТМ зведення КВБ була використана соціотехнічна модель перетворень, яка за умови виділення з загальної структури «технологія зведення» оператора «підйомні модулі» з дотриманням алгоритму методу дослідження систем, дозволила витворити прямі та зворотні зв'язки у вигляді дій та протидій між операторами «підйомні модулі» та іншими елементами моделі перетворень (рис.3).

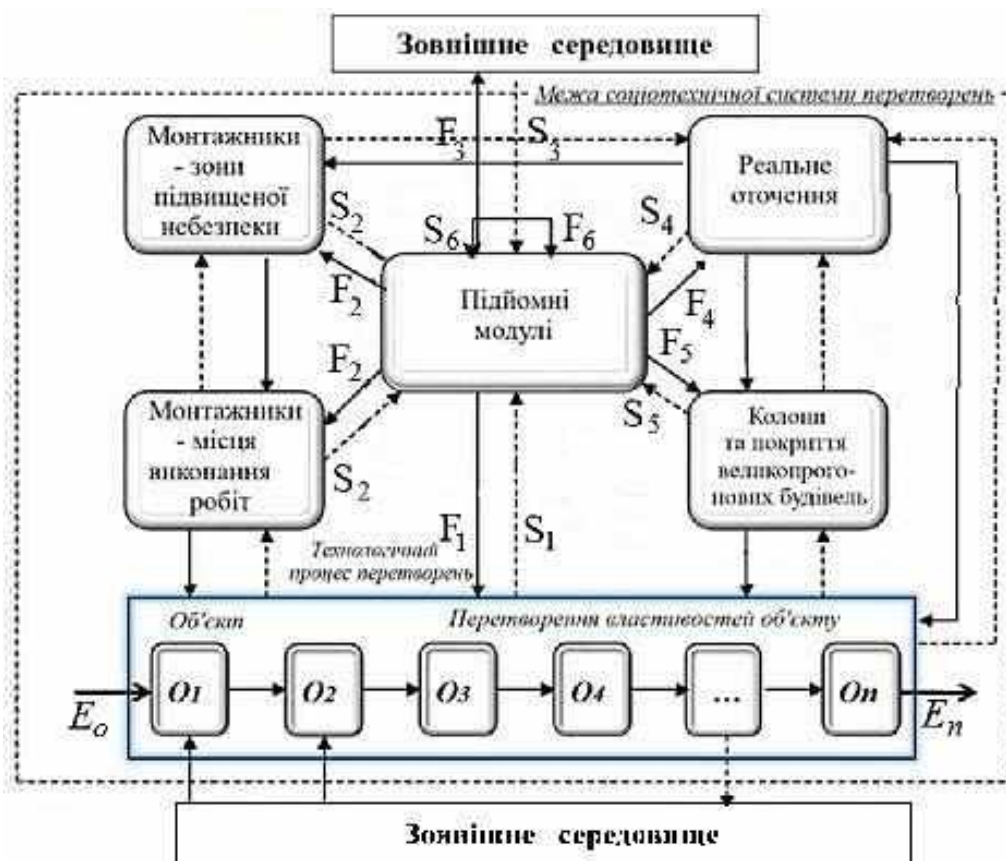


Рис.3 Соціотехнічна модель перетворень, ключовим елементом якої виступає оператор «Підйомні модулі» (Джерело: розроблено автором)

З використанням принципу декомпозиції, функціонально-цільовий обрис складових КТМ зведення КВБ розглядався не в своїй конструктивно-технічній формі (компоновки ПМ, збірні чи суцільні колони, РВП), а як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії складових КТМ з елементами системи перетворень. Головні функції складових КТМ зведення КВБ були представлені

у вигляді множини F_i , яка складається з кінцевої кількості зовнішніх та внутрішніх функцій “ n ”, об’єднаних в групи відповідно до характеру взаємодії:

$$F_i = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\}, \quad (1)$$

де Група зовнішніх функцій F_1 – взаємодія складових КТМ зведення ВБ з фундаментами та стендами для передпідйомного укрупнення конструкцій ВП. Група зовнішніх функцій F_2 – взаємодія КТМ зведення ВБ з монтажниками при організації робочих місць і огорожуванні небезпечних зон.

Група зовнішніх функцій F_3 – взаємодія КТМ зведення ВБ з зовнішнім середовищем (безперервний просторовий моніторинг зведення ВБ).

Група зовнішніх функцій F_4 – взаємодія КТМ зведення ВБ з реальним оточенням при зниженні або усуненні негативних явищ.

Група внутрішніх функцій F_5 – взаємодія між складовими КТМ зведення ВБ (ПМ, суцільні чи збірні колони, ригелі покриттів).

Група внутрішніх функцій F_6 – взаємодія між основними компонентами підйомних модулів.

З метою більш детального висвітлення процесу побудови системи функцій взаємодії складових КТМ зведення з елементами системи «технологія зведення» була використана модель дворівневої ієрархії, яка складалась з шести основних груп та вісімнадцяти підгруп функцій взаємодії (рис.4).

В системі соціотехнічний перетворень, адаптованої до використання ПМ, як складової КТМ для зведення КВБ (рис.3), множина факторів впливу S_i прослідковується між складною технічною системою та реальним оточенням, виконавцями монтажних робіт (місця виконання робіт, зони підвищеної небезпеки), об’єктом перетворень і зовнішнім середовищем :

$$S_i = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}, \quad (2)$$

де S_1 – група ФВ «Підйомні модулі – змонтовані конструкції» ;

S_2 – група ФВ «Підйомні модулі – монтажники – місця виконання робіт та монтажники – зони підвищеної небезпеки»;

S_3 – група ФВ «Підйомні модулі – зовнішнє середовище»;

S_4 – група ФВ «Підйомні модулі – реальне оточення»;

S_5 – група ФВ «Підйомні модулі – конструкції ВБ, що зводяться »;

S_6 – група ФВ «Групи горизонтальних і вертикальних гідроциліндрів ПМ».

В дослідженні першочергова увага приділялась тим факторам впливу, які призводять до конкретних змін в конструктивно-технічному рішенні ПМ, як центральних складових КТМ зведення КВБ.

Метод системно-структурного аналізу був використаний для визначення найбільш ефективних технологій, реалізованих при зведенні залізобетонних та металевих ВП гідравлічними підйомниками. Відбір оптимальних технологій зведення КВБ робився, в першу чергу, з урахуванням показників швидкості та продуктивності процесів зведення КВБ. З урахуванням переваг та недоліків відібраних варіантів зведення ВП, методом синтезування оптимальних рішень був сформульований структурний характер та відібрані основні функції взаємодії між складовими КТМ зведення КВБ (рис.5), визначені основні фактори впливу на конструктивно-технічні рішення ПМ, задіяні в зведенні КВБ (рис.6) .

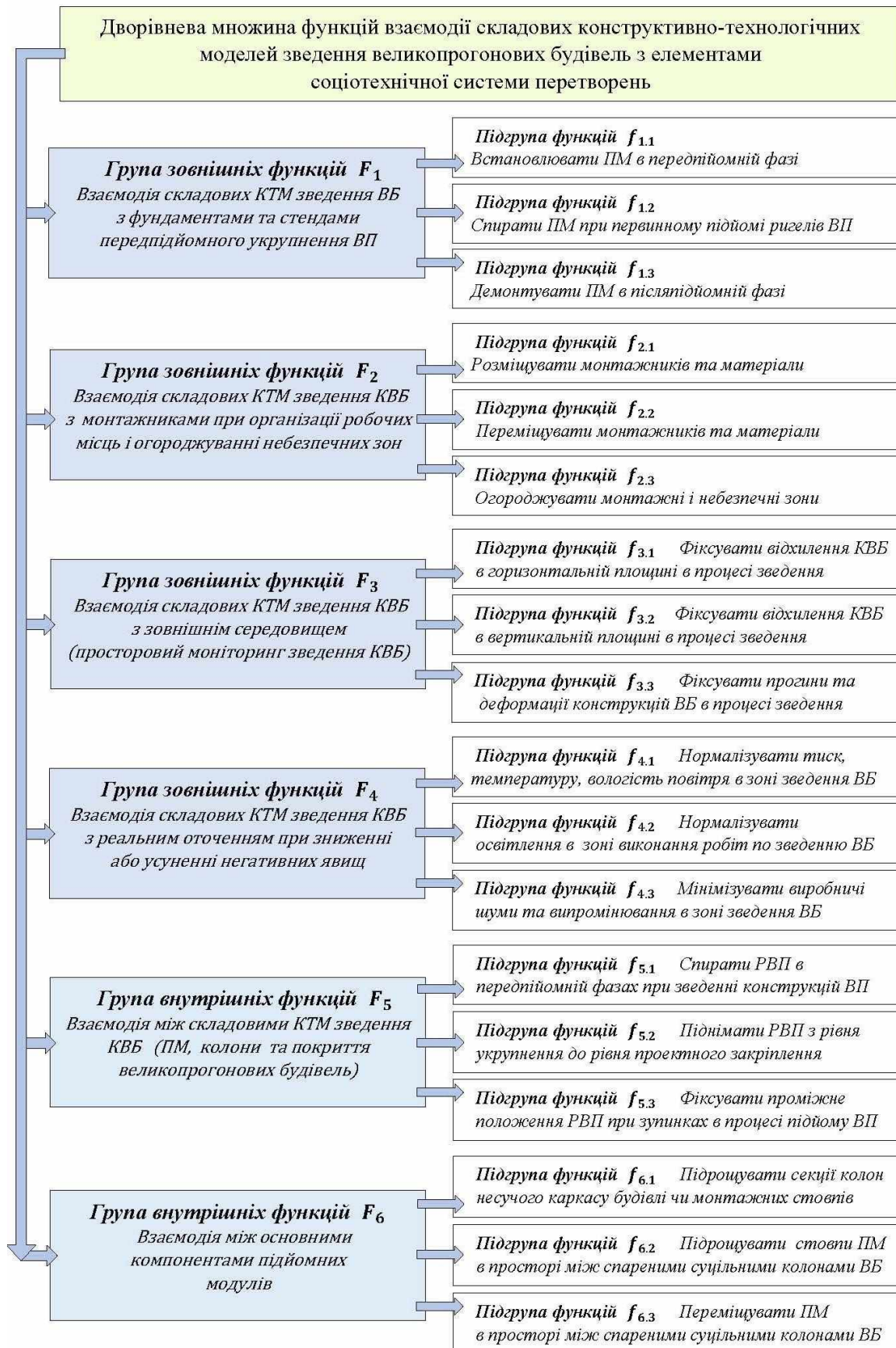


Рис.4 Дворівнева множина функцій взаємодії складових КТМ з основними елементами соціотехнічної системи перетворень при зведенні ВБ (Джерело: розроблено автором)

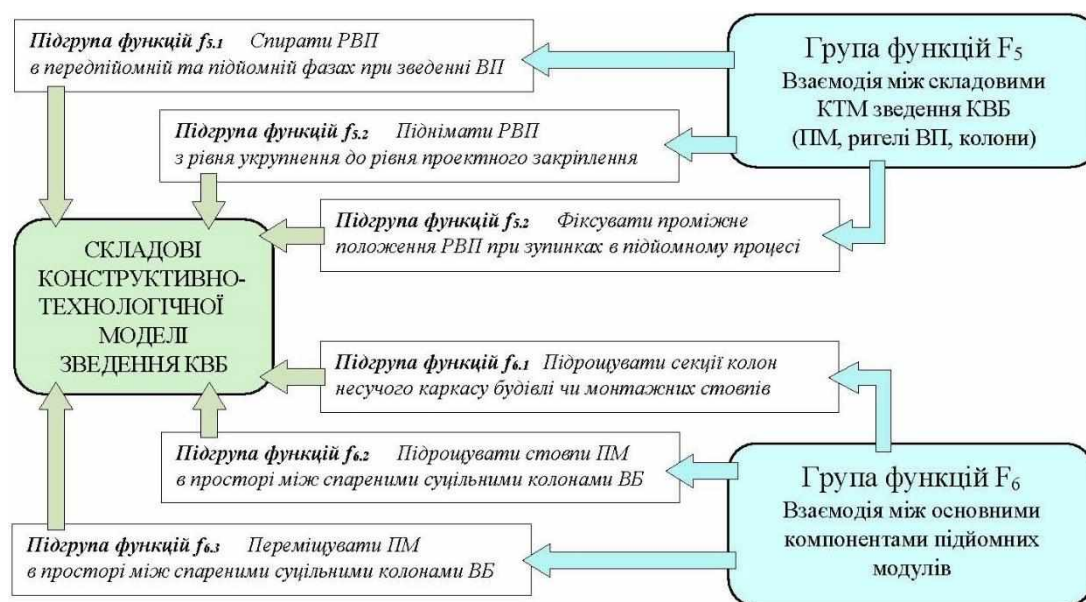


Рис.5 Групи функцій взаємодії, відібрані для формування КТМ зведення ВБ з використанням підйомних модулів (Джерело: розроблено автором)

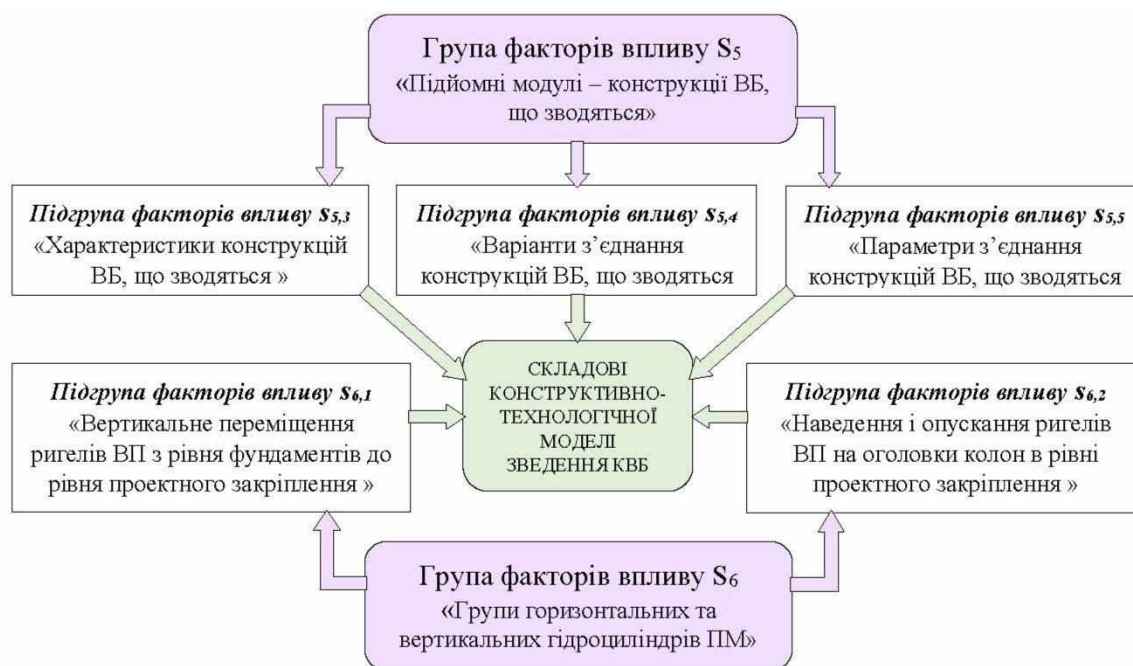


Рис.6 Групи факторів впливу, відібрані для формування КТМ зведення ВБ з використанням підйомних модулів (Джерело: розроблено автором)

У третьому розділі «Формування та дослідження складових конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель» були сформовані та детально досліджені основні групи КТМ зведення ВП підйомними модулями. Структурно-функціональна класифікація груп КТМ визначається за умови, що КТМ зведення ВБ являють собою складну функціональну технологічну систему, яка характеризується проектною цільовою функцією $\Phi = \{Ц, М\}$, спрямованою на реалізацію процесу безкранового вертикального переміщення повнозбірних великопрогонових конструктивно-

технологічних блоків покриттів методом виштовхування з рівня укрупнення до рівня проєктного закріплення в умовах існуючої забудови населених місць, та яка визначається метою Ц і морфологією М технологічної системи $S_A = \{S, L_{gp}\}$, як сукупності структури S та внутрішніх сталих зв'язків у вигляді логіки L_{gp} внутрішньої поведінки і функцій взаємодії між складовими КТМ в процесі зведення КВБ.

Технологічна система (S_A –система) в структурному плані є підсистемою процесу зведення КВБ (S_0 –системи), а з функціональної точки зору – засобом досягнення цілі процесу зведення КВБ (цілі S_0 –системи). Таким чином, ціль процесу зведення Π_m , як системоутворюючого фактору, може бути еквівалентною цілі Ц технологічної системи ($\Pi \approx \Pi_m$) при її створенні та подальшому практичному використанні.

Загальні функціональні вимоги до складових КТМ визначаються на основі наповнення і цільового призначення підгруп $f_{5,1} \div f_{5,3}$ функції F_5 та можуть бути сформульовані наступним чином:

- *забезпечення спирання РВП* в передпідйомній та в підйомній фазах на пересувні підйомні модулі чи на оголовки підрощуваних колон;
- *забезпечення вертикального переміщення РВП* методом виштовхування підйомними модулями чи підрощуваними колонами з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проєктного закріплення РВП на оголовках колон;
- *забезпечення фіксації проміжного положення РВП* при технологічних зупинках в процесі вертикального переміщення ВП на проєктну висоту.

З урахуванням вказаних загальних функціональних вимог до формування КТМ зведення КВБ визначаються основні складові елементи (підсистеми) технологічної системи S_A :

- a_1 - підсистема спирання РВП в передпідйомній та підйомній фазах (відповідно до $f_{5,1}$);
- a_2 - підсистема вертикального переміщення РВП методом виштовхування (відповідно $f_{5,2}$);
- a_3 - підсистема фіксації проміжного положення РВП при технологічних зупинках в підйомному процесі (відповідно до $f_{5,3}$).

При цьому, структура технологічної системи може бути представлена у вигляді: $S = (a_1, a_2, a_3)$ або $S = \{a_i, i \in \{1,3\}\}$. (3)

Якщо логіку внутрішньої поведінки $\{l_{ij}\}$ зазначених підсистем $\{s_i\}$ задати відповідними параметрами результату їхньої функціональної взаємодії $\varphi: \{s_i\}, \{l_{ij}\} \rightarrow \{p_{ij}\}$, із множини допустимих параметрів $p_{ij} \in [p_{ij}^{min}, p_{ij}^{max}]$, отримуємо множину ідеальних станів технологічної системи $\{C_z\}$:

$$\{C_z\} = \begin{cases} (p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1k}), \\ (p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2l}), \\ (p_{31}, p_{32}, \dots, p_{3m}). \end{cases} \quad p_{ij} \in [p_{ij}^{min}, p_{ij}^{max}]. \quad (4)$$

Комбінація станів визначає певну фазу роботи технологічної системи, яка характеризує відповідний етап технологічного процесу переміщення несучих ригелів ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проєктного

закріплення на оголовках колон . Це дозволяє системну властивість $Q(S_A)$ технологічної системи зведення великопрогонових покриттів з використанням гідравлічних підйомних модулів (як S_A –системи) формально представити у наступному вигляді:

$$Q(S_A) = \begin{cases} \Phi = \{Ц, M\}, \\ Ц \approx Ц_M, \\ M = \{S, L_{gp}\}, \\ S = (a_1, a_2, a_3), \quad p_{ij} \in [p_{ij}^{min}, p_{ij}^{max}], i \in \{1, 3\}. \\ \{C_z\} = \begin{cases} (p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1k}), \\ (p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2l}), \\ (p_{31}, p_{32}, \dots, p_{3m}). \end{cases} \end{cases} \quad (5)$$

Системна властивість $Q(S_A)$ технологічної системи зведення ВП задовольняє умові

$$(\forall_r, S_A) \left[\exists! Q(S_A) = \{Q(s_i)\}; \right. \\ \left. i = \overline{1, n}; Q_i \cap Q_r \right] \quad (6)$$

для всіх r варіантів декомпозиції S_A – системи на підсистеми існує відповідна її системна властивість $Q(S_A)$, така, що у множині системних властивостей Q_i і множині властивостей всіх підсистем Q_r можуть існувати загальні елементи, які належать як Q_i , так і Q_r .

За умови того, що весь процес переміщення конструкцій ВП на проєктні відмітки реалізується технологічною системою S_A , загальна тривалість процесу зведення покриття T_M може бути представлена як сума тривалості всіх циклів зведення $\sum_{i=1, N} t_i$.

Розрахунок ефективності функціонування технологічної системи, який враховує витрати часу $Ч$ на передпідйомне закріплення ригелів покриттів на підйомних модулях чи оголовках підрощуваних колон $t^{пз}$, переміщення РВП на проєктну висоту $t^{пн}$, остаточне закріплення РВП в проєктному положення $t^{о3}$, та демонтаж механізмів підйомних модулів $t^{дп}$ на рівні оголовків колон чи на рівні фундаментних плит, можна представити у вигляді

$$T_M = \sum_{i=1, N} t_i \rightarrow \min \quad (7)$$

при умові, що

$$Ч \xrightarrow{opt} Ч_{min},$$

де $Ч_{min}$ – сумарний мінімальний показник витрат часу на передпідйомне закріплення РВП на опорних поверхнях ПМ або на верхніх секціях підрощуваних колон, переміщення РВП на проєктні відмітки зі спираанням на ПМ чи на оголовки підрощуваних колони, остаточне закріплення РВП в проєктному положенні та демонтаж ПМ.

Для цього, в соціотехнічній моделі перетворень, з використанням принципу декомпозиції, кожна з підгруп $f_{5,1}; f_{5,2}; f_{5,3}$ внутрішньої функції F_5 була розділена на функції наступного рівня (табл.1), які для багатоваріантних складових КТМ зведення ВП чітко ідентифікують функції технологічного призначення кожної окремої складової КТМ та транспарентно відображають сутність функціональної взаємодії між складовими КМТ на всіх етапах зведення ВП від рівня передпідйомного укрупнення до рівня проєктного закріплення.

Розгорнута структура підгруп функції взаємодії F_5

Таблиця 1

Підгрупи функцій взаємодії		Складові підгруп функцій взаємодії	
Позначення	Найменування	Позначення	Найменування
$f_{5,1}$	Спирати ригелі великопрогонових покриттів (РВП) в передпідйомній та підйомній фазах зведення великопрогонових будівель (ВБ)	$f_{5,1,1}$	Спирати РВП на оголовки підрощуваних колон ВБ
		$f_{5,1,2}$	Спирати РВП на підйомні модулі (ПМ), виконуючі підрощування колон ВБ
		$f_{5,1,3}$	Почергово спирати РВП на оголовки підрощуваних колон ВБ або на оголовки підрощуваних монтажних стовпів
		$f_{5,1,4}$	Почергово спирати РВП на оголовки підрощуваних колон ВБ або на ПМ, розташовані на підрощуваних монтажних стовпах
		$f_{5,1,5}$	Спирати РВП на оголовки підрощуваних стовпів ПМ
		$f_{5,1,6}$	Спирати РВП на верхні опорні рами пересувних ПМ
$f_{5,2}$	Переміщувати РВП методом виштовхування в вертикальній площині з зони передпідйомного укрупнення великопрогонових покриттів (ВП) в зону остаточного закріплення РВП в проєктному положенні	$f_{5,2,1}$	Виштовхувати РВП підрощуваними колонами ВБ, за умови розміщення ПМ на фундаментах
		$f_{5,2,2}$	Виштовхувати РВП підрощуваними колонами ВБ, за умови розміщення ПМ на нижніх секціях підрощуваних колон
		$f_{5,2,3}$	Виштовхувати РВП підйомними модулями, розміщеними на підрощуваних колонах ВБ
		$f_{5,2,4}$	Виштовхувати РВП почергово підрощуваними колонами ВБ або підрощуваними монтажними стовпами, за умови розміщення ПМ на фундаментах
		$f_{5,2,5}$	Виштовхувати РВП почергово підрощуваними колонами ВБ або ПМ, розміщеними на підрощуваних монтажних стовпах
		$f_{5,2,6}$	Виштовхувати РВП підрощуваними стовпами ПМ, за умови розміщення ПМ між суцільними спареними колонами ВБ
		$f_{5,2,7}$	Виштовхувати РВП пересувними ПМ, за умови вертикального переміщення ПМ між суцільними спареними колонами ВБ
$f_{5,3}$	Фіксувати проміжне положення РВП при зупинках в процесі вертикального переміщення з зони укрупнення в зону остаточного закріплення в проєктному положенні	$f_{5,3,1}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрощувані колонами ВБ, на ПМ, розміщені на фундаментах
		$f_{5,3,2}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через підрощувані колонами ВБ, на ПМ, розміщені на нижніх секціях підрощуваних колон
		$f_{5,3,3}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, через ПМ, на підрощувані колонами ВБ
		$f_{5,3,4}$	Передавати почергово навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на підрощувані колонами ВБ або на ПМ, через підрощувані монтажні стовпи
		$f_{5,3,5}$	Передавати почергово навантаження від РВП, при зупинках в процесі підйому, на підрощувані колонами ВБ або на підрощувані монтажні стовпи, через ПМ
		$f_{5,3,6}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на суцільні спарені колонами ВБ, через підрощувані стовпи ПМ
		$f_{5,3,7}$	Передавати навантаження від РВП, при зупинках в підйомному процесі, на суцільні спарені колонами ВБ, через пересувні ПМ

Використовуючи декомпозицію складної технологічної системи S_A «Зведення КВБ» на підсистеми $a_1 \div a_3$, з акцептуванням розгорнутої структури функції F_5 (складові підгруп функцій взаємодії $f_{5,1} \div f_{5,3}$), наочно відображаючи функціональну взаємодію φ_{Ai} між складовими КТМ на всіх етапах зведення КВБ, були визначені основні Групи $A_1 \div A_7$ КТМ, кожній з яких

притаманна функціональна особливість Q_{ri} , з параметрами p_{1i} , p_{2i} , p_{3i} . Багатоваріантної функціональна взаємодія між складовими КТМ дозволила сформулювати методи зведення КВБ, які використовуються відповідними Групами КТМ, це - нижнє підрощування колон будівлі (Гр.А1), стендове підрощування колон будівлі (Гр.А2), верхнє підрощування колон будівлі (Гр.А3), нижнє підрощування колон будівлі і монтажних стовпів (Гр.А4), верхнє підрощування колон будівлі і монтажних стовпів (Гр.А5), спирання РВП на збірні стовпи ПМ, які підрощуються в просторі між спареними суцільними колонами будівлі (Гр.А6), спирання РВП на пересувні ПМ, які переміщуються в просторі між спареними колонами будівлі (Гр.А7). Багатоваріантна функціональна взаємодія ПМ з конструктивними складовими КТМ зведення ВБ наведена в табл.2.

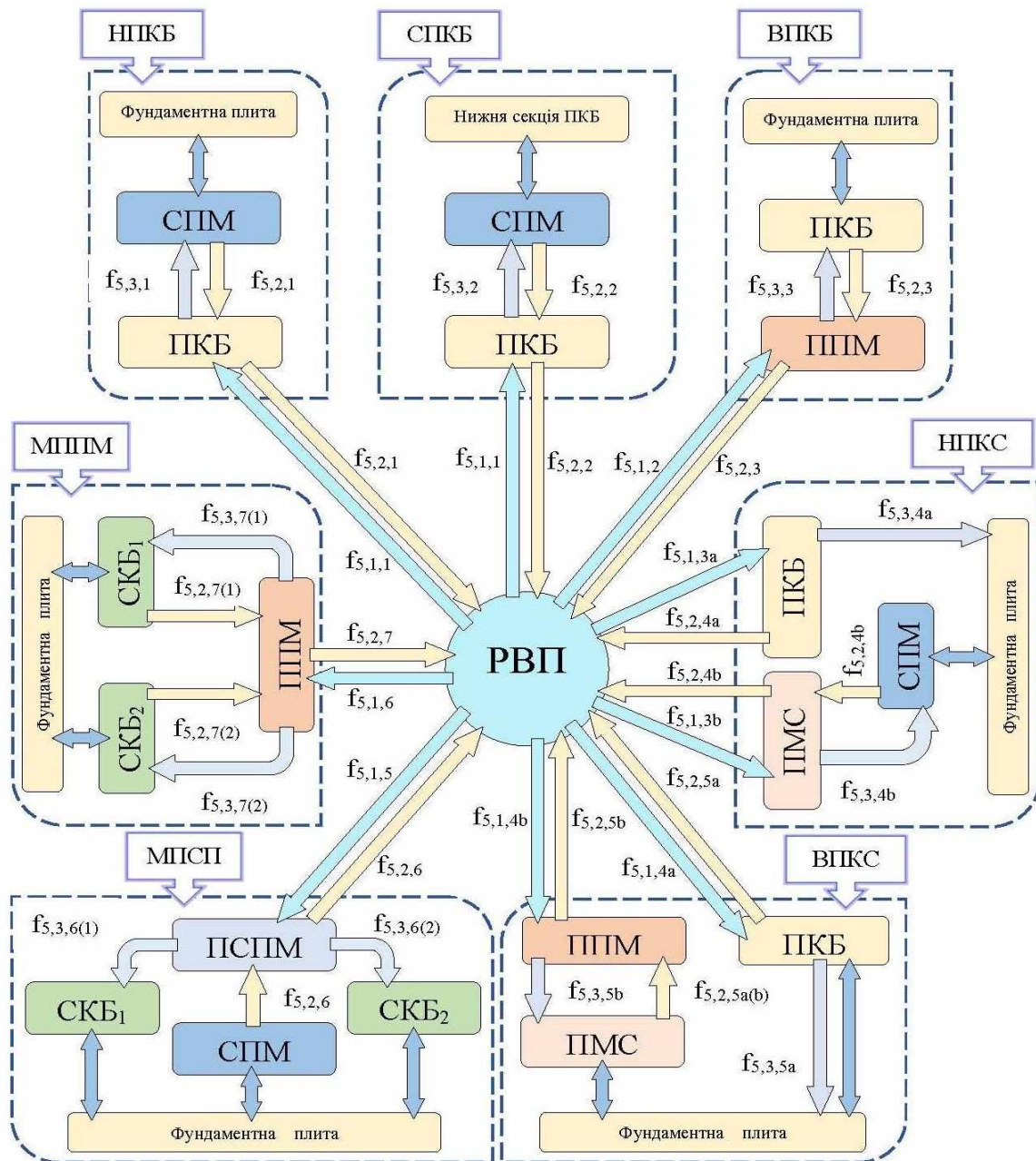
Таблиця 2

Морфологічна таблиця багатоваріантної функціональної взаємодії ПМ з конструктивними складовими КТМ зведення великопрогонових будівель

Сформовані групи КТМ зведення ВБ підйомними модулями	Головні функції взаємодії підйомних модулів з конструктивними складовими КТМ при зведенні великопрогонових просторових інтегрованих блоків покриттів					
	Забезпечення спирання РВП на колони каркаса ВБ в підйомній та післяпідйомній фазах		Забезпечення переміщення РВП в вертикальній площині методом виштовхування зі спирання на колони каркаса		Забезпечення фіксації проміжного положення РВП піз час технологічних зупинок	
	Параметри складної технологічної системи $p_{i,1}$	Відповідність складовим підгрупи функцій $f_{5,1,i}$	Параметри складної технологічної системи $p_{i,2}$	Відповідність складовим підгрупи функцій $f_{5,2,i}$	Параметри складної технологічної системи $p_{i,3}$	Відповідність складовим підгрупи функцій $f_{5,3,i}$
Група А1	$p_{1,1}$	$f_{5,1,1}$	$p_{1,2}$	$f_{5,2,1}$	$p_{1,3}$	$f_{5,3,1}$
Група А2	$p_{2,1}$	$f_{5,1,1}$	$p_{2,2}$	$f_{5,2,2}$	$p_{2,3}$	$f_{5,3,2}$
Група А3	$p_{3,1}$	$f_{5,1,2}$	$p_{3,2}$	$f_{5,2,3}$	$p_{3,3}$	$f_{5,3,3}$
Група А4	$p_{4,1}$	$f_{5,1,3}$	$p_{4,2}$	$f_{5,2,4}$	$p_{4,3}$	$f_{5,3,4}$
Група А5	$p_{5,1}$	$f_{5,1,4}$	$p_{5,2}$	$f_{5,2,5}$	$p_{5,3}$	$f_{5,3,5}$
Група А6	$p_{6,1}$	$f_{5,1,5}$	$p_{6,2}$	$f_{5,2,6}$	$p_{6,3}$	$f_{5,3,6}$
Група А7	$p_{7,1}$	$f_{5,1,6}$	$p_{7,2}$	$f_{5,2,7}$	$p_{7,3}$	$f_{5,3,7}$

Синтез особливостей функціональної взаємодії, характерних для складових моделей зведення Груп А1 та А2, передбачаючих концентрацію всіх процесів по підрощуванню колон будівлі в комфортних умовах на рівні фундаментів, та Груп А4 та А5, для яких принциповою умовою є почергова взаємодія ПМ з підрощуваними секціями колон будівлі та монтажних колон, був використаний при випрацюванні концепту Групи А6, для всіх варіантів якого обов'язковою умовою є інтеракція секцій підрощуваних стовпів ПМ з суцільними колонами будівлі на всіх етапах зведення блоків ВП.

Морфологія багатоваріантної функціональної взаємодії між складовими КТМ зведення ВП підйомними модулями наведена на рис.7.



Підгрупи функцій F_{5i} « Взаємодія між складовими КТМ зведення великопрогонових будівель »

- $f_{5,1i}$ (спирати РВП під час підйому) $f_{5,2i}$ (переміщувати РВП в вертикальній площині)
 $f_{5,3i}$ (фіксувати положення РВП під час технологічних зупинок в підйомному процесі)

Складові конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель

- РВП – ригель великопрогонового покриття
 СПМ – стаціонарний підйомний модуль
 ППМ – пересувний підйомний модуль
 ПКБ – підрошувана колона будівлі
 СКБ – суцільна колона будівлі
 ПМС – підрошуваний монтажний стовп
 ПСПМ – підрошуваний стовп підйомного модуля

Основні групи КТМ зведення великопрогонових будівель з використанням підйомних модулів

- А1 НПКБ – нижнє підрошування колон будівлі
 А2 СПКБ – стендове підрошування колон будівлі
 А3 ВПКБ – верхнє підрошування колон будівлі
 А4 НПКС – нижнє підрошування колон будівлі та монтажних стовпів
 А5 ВПКС – верхнє підрошування колон будівлі та монтажних стовпів
 А6 МПСП – міжколонне підрошування стовпів підйомних модулів
 А7 МППМ – міжколонне переміщення підйомних модулів

Рис.7 Морфологія багатоваріантної функціональної взаємодії між складовими КТМ зведення ВБ (Джерело: розроблено автором)

З використанням методів функціонально-фізичного аналізу, збору статистичних даних, порівняльного аналізу конструктивно-технологічних характеристик варіантів зведення ВП, морфологічних таблиць варіантів КТМ зведення ВП, було проведено дослідження 17 можливих варіантів Груп А3, А6, А7 КТМ безкранового зведення КВБ з використанням ПМ. В основу функціонально-фізичного аналізу КТМ покладено принцип відокремлення та розгляду конструктивно-функціональних структур з дворівневою ієрархією, (рис.8) формульований в контексті дослідження КТМ зведення ВП, як:

верхній (головний) рівень функціональної структури КТМ – зведення конструктивно-технологічних блоків ВП 100 % передпідйомної готовності ;

нижній (внутрішній) рівень функціональної структури КТМ — функції технологічного призначення складових КТМ та функції взаємодії між складовими КТМ на всіх етапах вертикального переміщення блоків ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проєктного закріплення ВП.

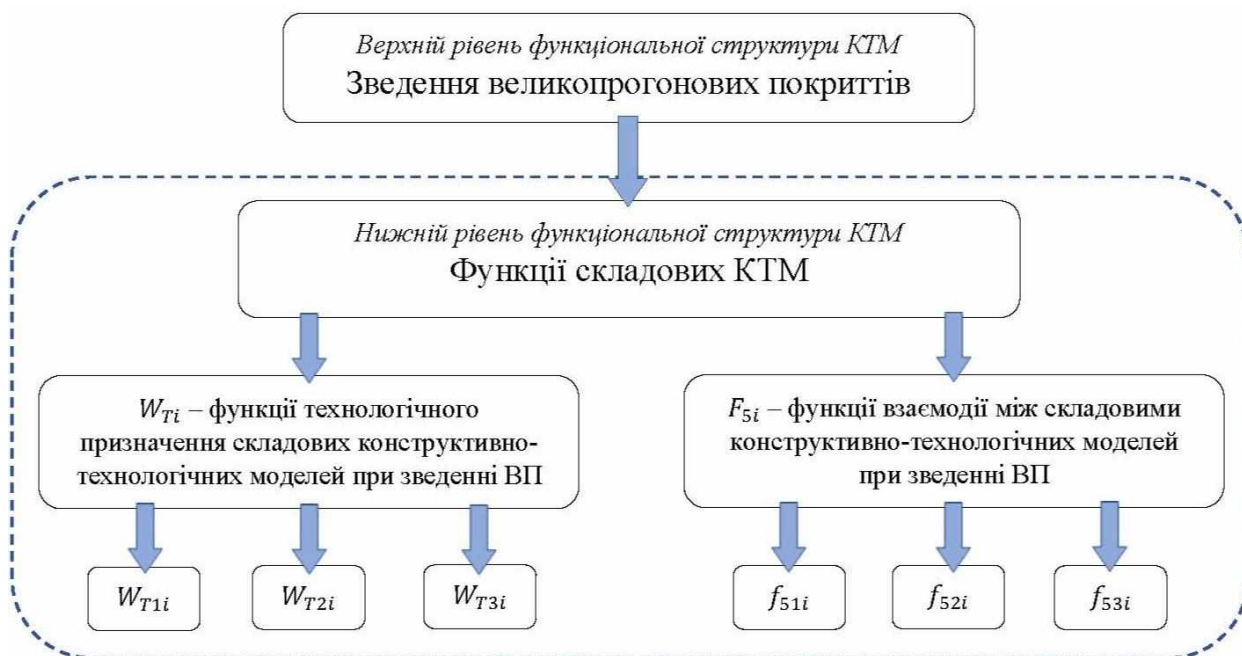


Рис.8 Загальна ієрархічна дворівнева функціональна структура КТМ зведення ВП підйомними модулями (Джерело: розроблено автором)

Синергія переваг функцій технологічного призначення складових КМТ зведення КВБ та функцій взаємодії між складовими КТМ, характерна для відібраних варіантів зведення ВП, а саме, спирання РВП на, підрощувані зверху, колони будівлі (Вар.3а Гр.А3), спирання РВП на стовпи ПМ, які підрощуються ПМ, розміщеним на фундаментах між спареними колонами будівлі (Вар.6г Гр.А6), спирання РВП на пересувні ПМ, які переміщуються між спареними колонами будівлі (Вар.7b Гр.А7), була акцептована при розробці оптимальних КТМ для майбутнього практичного використання при відновленні пошкоджених та зведенні нових великопрогонових об'єктів критичної інфраструктури в умовах існуючої забудови населених місць при технічній неможливості використання традиційних кранових технологій.

В четвертому розділі «Дослідження компоновок підйомних модулів та закономірностей їх формування» було визначено та детально досліджено багатоваріантне наповнення компоновок ПМ. Функціонально-цільовий обрис компоновок підйомних модулів (КПМ), використовуваних при зведенні КВБ був представлений не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між елементами КПМ (рис.9).

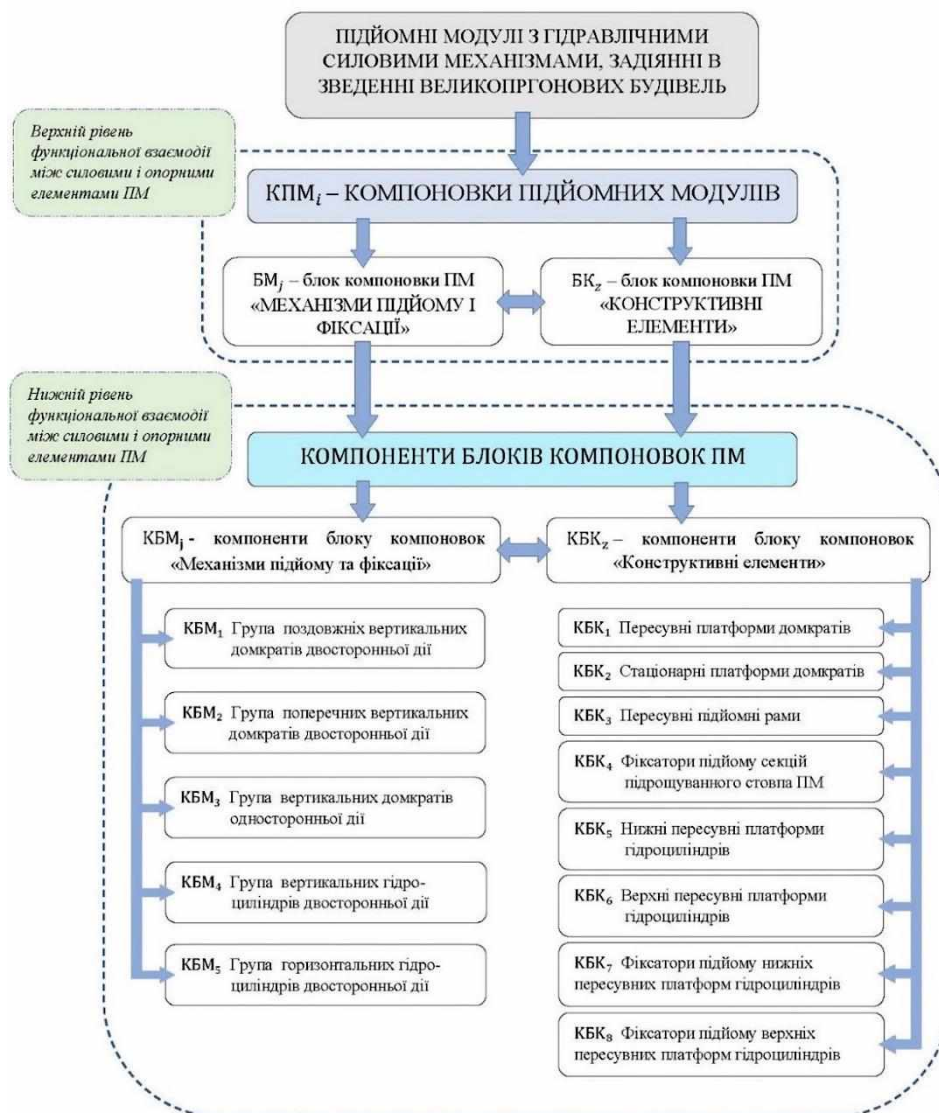


Рис. 9 Морфологія багатоваріантної функціональної взаємодії між силовими та конструктивними елементами компоновок ПМ при зведенні КВБ (Джерело: розроблено автором)

За умови декомпозиції функцій взаємодії між елементами КПМ стало можливим акцептування залучення домкратів і гідроциліндрів (компоненти блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації») та платформ, опорних рам, фіксаторів підйому (компоненти блоку КПМ «Конструктивні елементи») до фаз ітераційного циклу покрокового вертикального переміщення РВП, а саме:

- *передпідйомного спірання РВП* на платформи ПМ;
- *примусового виштовхування РВП* силовими механізмами ПМ;
- *утримання РВП* та платформ ПМ в післяпідйомній фазі.

На рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ згідно з підфункціями $f_{6.1}, f_{6.2}, f_{6.3}$ функції внутрішньої взаємодії F_6 соціотехнічної системи перетворень для досліджуваних варіантів груп КТМ визначена структурно-логічна залежність конструктивно-технологічного наповнення та функціонального призначення КПМ від особливостей методів зведення КВБ — верхнього підрощування колон каркаса (група А3), нижнього підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса (група А6) та переміщення ПМ між спареними колонами каркаса (група А7).

Відповідно до функції F_6 для довільного досліджуваного варіанту груп А3, А5, А7 КТМ зведення КВБ функціональна взаємодія між компоновками блоків КПМ описується рівнянням:

$$\text{КПМ}_i = \text{БМ}_j + \text{БК}_z = U_j^m \text{КБМ}_j + U_z^n \text{КБК}_z, \quad (8)$$

де КПМ_i - компоновка ПМ довільного варіанту КТМ зведення КВБ;

БМ_j - блок «Механізми підйому і фіксації» компоновки ПМ;

БК_z - блок «Конструктивні елементи» компоновки ПМ;

$U_j^m \text{КБМ}_j$ - множина можливих m – варіантів компонент блоку КПМ «Механізми підйому і фіксації» (КБМ);

$U_z^n \text{КБК}_z$ - множина можливих n – варіантів компонент блоку КПМ «Конструктивні елементи» (КБК).

Множина можливих варіантів компонентного наповнення блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації» описується рівнянням:

$$U_j^m \text{КБМ}_j = \{\text{КВМ}_1; \text{КВМ}_2; \text{КВМ}_3; \text{КВМ}_4; \text{КВМ}_5; \}, \quad (9)$$

Множина можливих варіантів компонентного наповнення блоку КПМ «Конструктивні елементи» описується рівнянням:

$$U_z^n \text{КВМ}_z = \{\text{КВК}_1; \text{КВК}_2; \text{КВК}_3; \text{КВК}_4; \text{КВК}_5; \text{КВК}_6; \text{КВК}_7; \text{КВК}_8\}, \quad (10)$$

Функціональна взаємодія між блоками КПМ для варіанта 3а групи А3 наведена на рис.10.

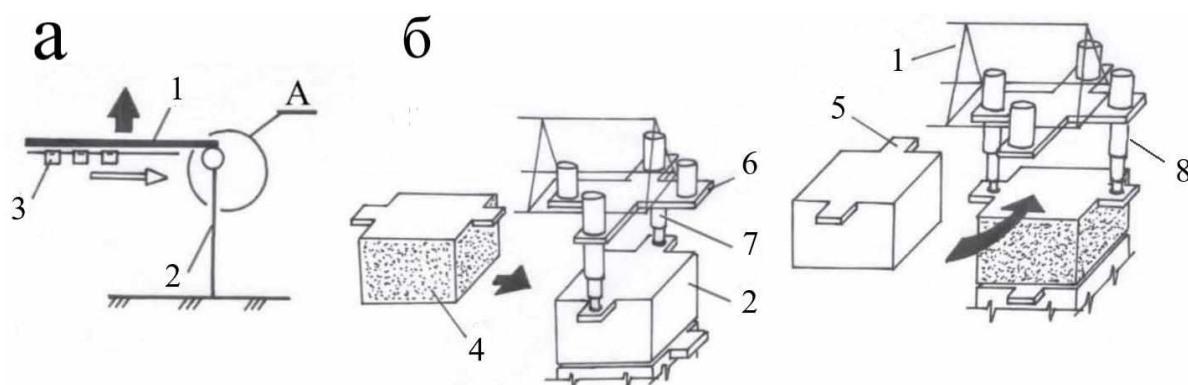


Рис.10 Взаємодія між елементами КПМ при зведенні КВБ методом верхнього підрощування колон: а – подача елементів в зону підрощування, б – покрокове верхнє підрощування колон, «А» – вузол підрощування, 1 – покриття, 2- підрощена колон, 3 – переміщення секцій колон по напрямним, 4 – секція колони з «поздовжніми» опорними консолями, 5 – секція колони з «поперечними» опорними консолями, 6 – платформа ПМ, 7 – «поперечні» домкрати, 8 – «поздовжні» домкрати (Джерело: розроблено автором)

Загальне визначення ПМ_3 на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ_3 може бути наведено у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_3 = \begin{cases} \text{КБМ}_1 \cup \text{КБК}_1 \\ \text{КБМ}_2 \cup \text{КБК}_1 \end{cases}, \quad (11)$$

Функціональна взаємодія між блоками КПМ для варіанта $6g_2$ групи А6 наведена на рис.11.

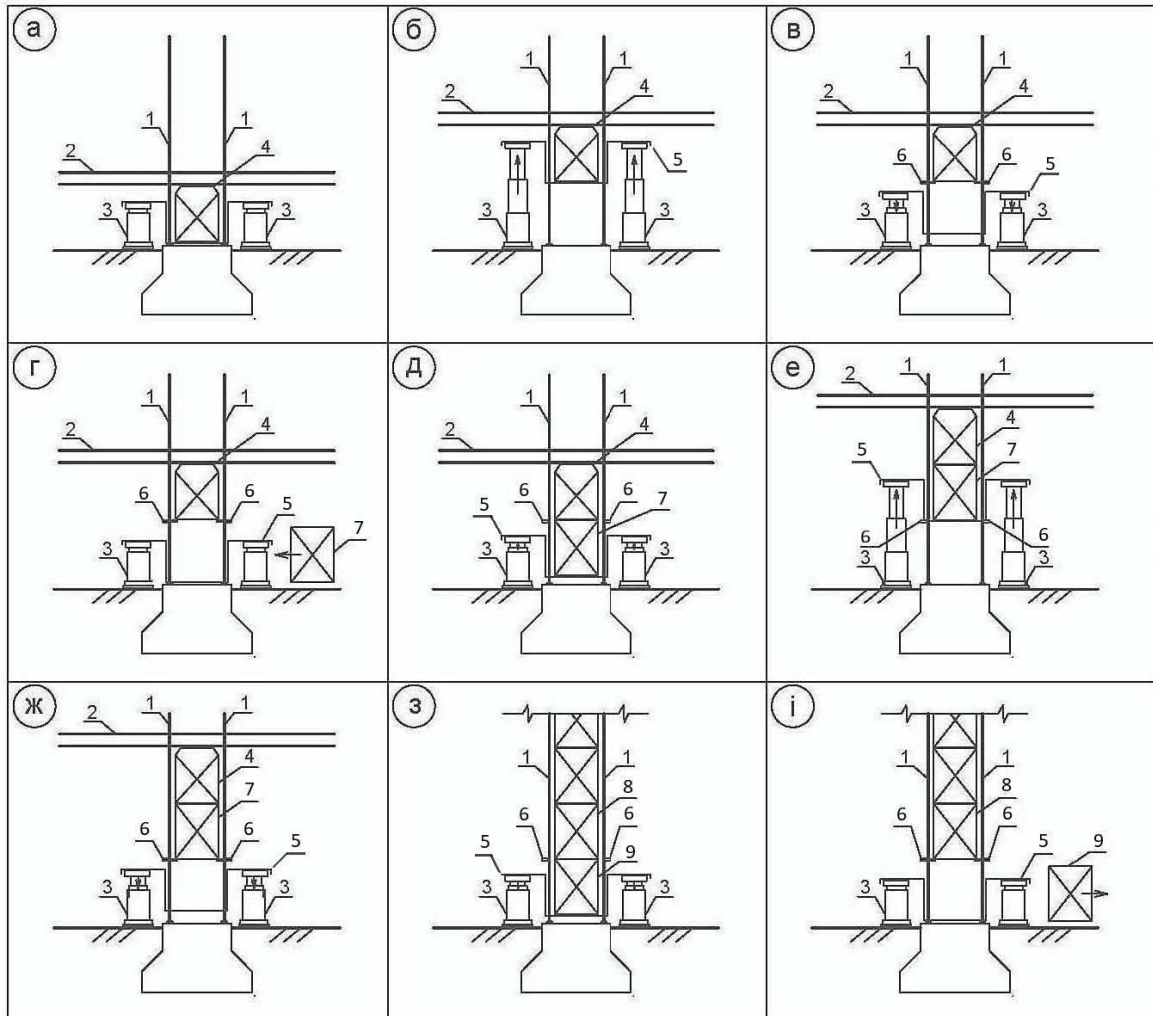


Рис.11 Функціональна взаємодія між компонентами блоків компонок ПМ при зведенні ВП методом нижнього підろщування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса: а ÷ в - підろщування першої секції стовпа ПМ, г – подача другої секції стовпа ПМ в зону підろщування, д ÷ ж - підろщування другої секції стовпа ПМ, з ÷ і – демонтаж останньої секції підろщеного стовпа ПМ, 1- суцільна спарена колона каркасу, 2 - ВП, 3 – вертикальні домкрати ПМ, 4 – перша секція стовпа підろщуваного стовпа ПМ, 5 – пересувна опорна рама ПМ, 6 – фіксатор підйому секції стовпа ПМ, 7 – друга секція підろщуваного стовпа ПМ, 8 - передостання секція підろщуваного стовпа ПМ, 9 – остання секція підろщуваного стовпа ПМ (Джерело: розроблено автором)

Загальне визначення ПМ_6 на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ_3 може бути наведено у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_6 = \begin{cases} \text{КБК}_2 \cup \text{КБМ}_3 \cup \text{КБК}_3 \\ \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_4 \end{cases}, \quad (12)$$

Функціональна взаємодія між блоками КПМ для варіанта 7b групи А7 наведена на рис.12.

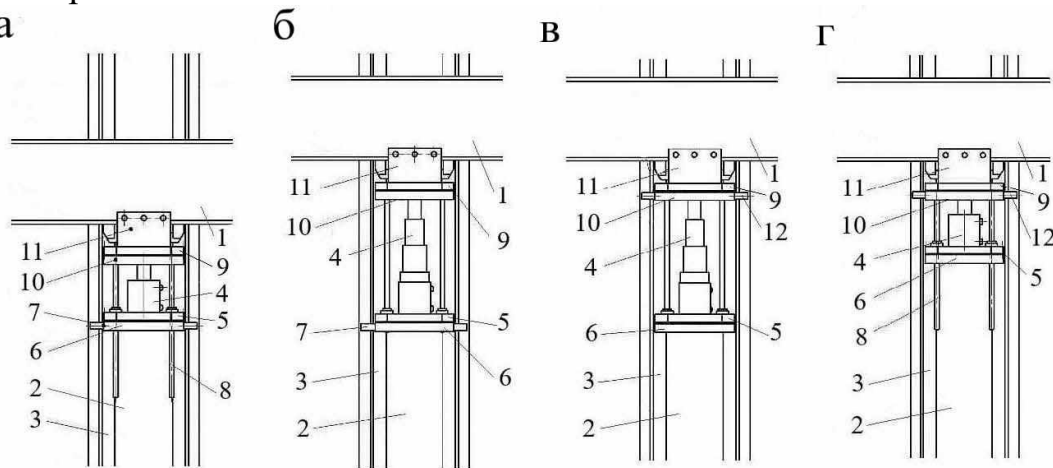


Рис.12 Функціональна взаємодія між елементами блоків компоновок ПМ при зведенні ВП методом переміщення крокових ПМ між суцільними спареними колонами каркаса: а – передпідйомне спирання ПМ на нижню платформу, б – виштовхування верхньої платформи, в – спирання на верхню платформу, г – підтягування нижньої платформи, 1 – ригель ВП, 2 - спарена колона каркаса ВБ, 3 – напрямний профіль, 4 – вертикальний гідроциліндр, 5 – нижня опорна платформа, 6 – гідроциліндри нижньої платформи, 7 – фіксатори підйому нижньої платформи, 8 – напрямні стрижні, 9 – верхня опорна платформ, 10 – гідроциліндри верхньої платформи, 11 – опорна рама РВП, 12 – фіксатор підйому верхньої платформи (Джерело: розроблено автором)

Загальне визначення ПМ₇ на рівні функціональної взаємодії між компонентами блоків КПМ₃ може бути наведено у вигляді множини:

$$\text{КПМ}_7 = \begin{cases} \text{КБК}_5 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_7 \\ \text{КБК}_7 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_5 \cup \text{КБМ}_4 \cup \text{КБК}_6 \\ \text{КБК}_8 \cup \text{КБМ}_5 \cup \text{КБК}_6 \cup \text{КБМ}_4 \cup \text{КБК}_5 \end{cases}, \quad (13)$$

Багатоваріантна функціональна взаємодія між компонентами блоків КПМ для варіантів груп А3, А6, А7 КТМ, наведена в табл.3.

Таблиця 3

Морфологія багатоваріантної функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ, задіяних в процесах зведення ВП

КБК _z Компоненти блоків компоновок ПМ «Конструктивні елементи»	КБМ _j Компоненти блоку компоновок ПМ «Механізми підйому і фіксації»				
	КБМ ₁	КБМ ₂	КБМ ₃	КБМ ₄	КБМ ₅
КБК ₁	ПМ 3a	ПМ 3a	-	-	-
КБК ₂	-	-	ПМ 6g ₂	-	-
КБК ₃	-	-	ПМ 6g ₂	-	ПМ 6g ₂
КБК ₄	-	-	-	-	ПМ 6g ₂
КБК ₅	-	-	-	ПМ 7b	ПМ 7b
КБК ₆	-	-	-	ПМ 7b	ПМ 7b
КБК ₇	-	-	-	-	ПМ 7b
КБК ₈	-	-	-	-	ПМ 7b

Прим. Розшифровки позначень компонентів блоків КПМ наведено на рис. 9

Синергія несучих властивостей збірних підрощуваних колон каркаса (варіант 3а) або суцільних спарених колон каркаса (варіанти 6g₂, 7b) — як основних складових КТМ — та властивостей сприйняття навантаження від РВП пересувними платформами домкратів чи гідроциліндрів (компоненти КПМ) дозволила змодельовати процеси зведення КВБ, у яких в технологічні процеси вертикального переміщення ригелів ВП залучаються один або два пересувних опорних диска, утворені компонентами блоків «Механізми підйому та фіксації» та «Конструктивні елементи» КПМ.

Почергова функціональна взаємодія між компонентами блоків КПМ (пересувними опорними дисками) - як основними складовими КТМ зведення КВБ та спареними суцільними колонами каркаса при покроковому циклічному переміщенні РВП від рівня фундаментів до проєктного закріплення дозволяє сформулювати теоретичні та інструментальні основи для вирішення ключової проблеми вітчизняної урбаністики — адаптивного будівництва та реконструкції пошкоджених внаслідок бойових дій великопрогонових будівель в умовах обмеженого технологічного простору.

В п'ятому розділі «Дослідження процесу оптимізації конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових будівель» були визначені базові критерії оптимізації. Це критерії адаптивності до умов обмеженого технологічного простору, складності та трудомісткості процесу зведення КВБ, тривалості фаз циклу підйому ригелів ВП та підвищення рівня безпеки висотних монтажних робіт при зведенні блоків ВП.

З урахуванням критерія адаптивності процесів зведення КВБ до умов варіант КТМ зведення КВБ методом верхнього підрощування колон каркаса (варіант 3а групи А3) визнаний неконкурентоспроможним через необхідність залучення до процесів демонтажу ПМ потужних кранів, які переміщуються за контуром стін ВБ.

За критерієм складності процесу підйому РВП удосконалено варіант КТМ зведення КТМ методом підрощування стовпів ПМ між спареними колонами каркаса (варіант 6g₂ групи А6). В утвореному варіанті спрощено конструкцію ПМ за рахунок використання пересувних опорних балок ПМ для сприйняття навантаження від підрощуваних стовпів ПМ, що дозволило скоротити кількість монтажних операцій в фазах циклу підйому РВП на 30 %. Як наслідок, скорочені значення трудомісткості монтажу та тривалості фаз циклів підйому ВП на проєктну висоту.

Розроблено теоретичні принципи роботизації завершальної фази зведення ВП, що дозволяє виконувати автоматичне наведення та встановлення ригелів ВП у проєктне положення в трьохвимірному просторі. Роботизоване переміщення опорних рам та ригелів ВП в трьох площинах між оголовками спарених колон каркаса стає можливим завдяки функціональній взаємодії пересувних монтажних платформ (ПМП), на які спираються опорні рами ВП з кроковими ПМ (варіант 7b₂) або з оголовками підрощуваних стовпів ПМ (варіант 6b₄). Принципова технологічна схема роботизованого переміщення опорних рам та ригелів ВП в завершальній фазі зведення ВП наведена на рис.13.

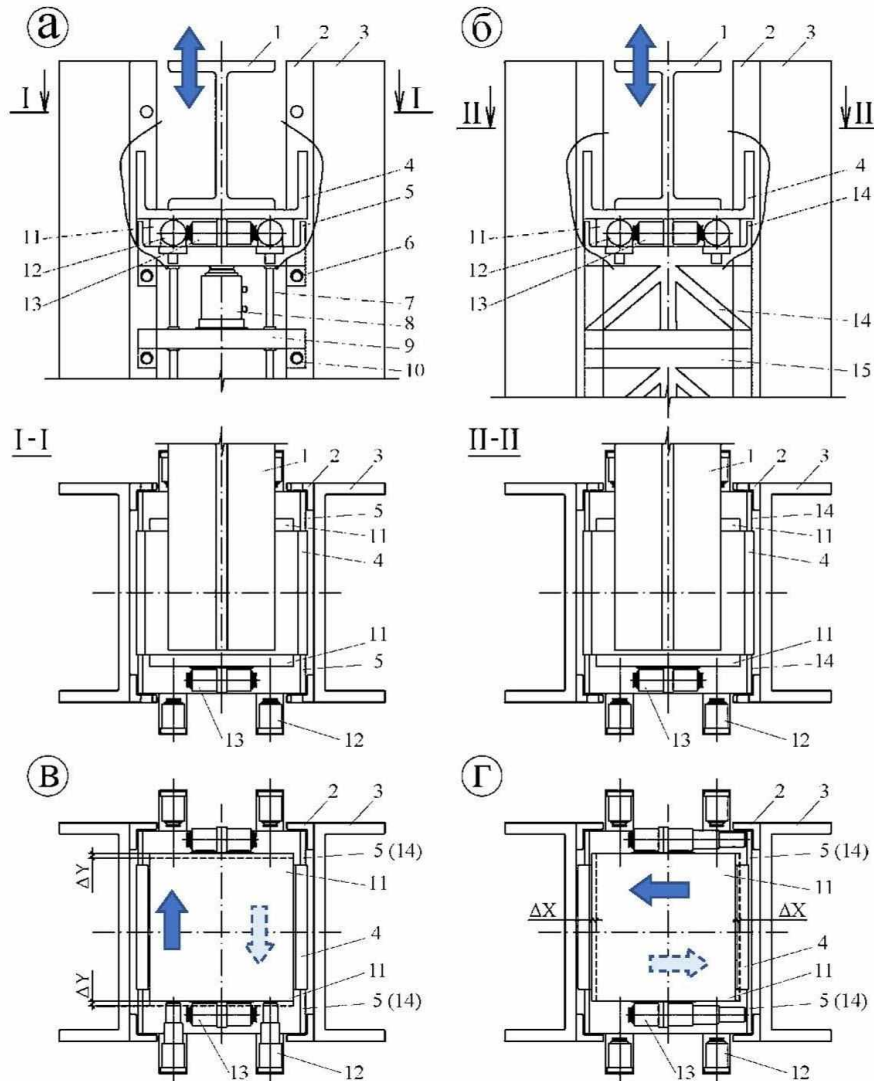


Рис.13 Технологічні принципи роботизованого переміщення ригелів ВРП в трьох площинах: а – вертикальне переміщення ВРП кроковим ПМ (варіант 7b₂), б – вертикальне переміщення ВРП підйомним стовпом ПМ (варіант 6g₄), в – горизонтальне переміщення ВРП в поперечному напрямку гідроциліндрами ПМП, г – горизонтальне переміщення ВРП в поздовжньому напрямку гідроциліндрами ПМП, 1 – ригель ВРП, 2 – напрямний профіль, 3 – колона, 4 – опорна рама ВРП, 5 – верхня платформа ПМ, 6 – фіксатори підйому верхньої платформи ПМ, 7 – напрямні стрижні, 8 – гідроциліндр ПМ, 9 – нижня платформа ПМ, 10 – фіксатори підйому нижньої платформи ПМ, 11 – блок ПМП для спирання опорної рами ВРП, 12 – поперечні гідроциліндри ПМП, 13 – поздовжні гідроциліндри ПМП, 14 – верхня секція підйомного стовпа ПМ, 15 – друга секція підйомного стовпа

В шостому розділі «Аналіз створеної системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями» узагальнено теоретичні основи створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями. Загальний структурно-логічний алгоритм системи формування КТМ зведення ВБ

підйомними модуля з розширеним представленням напрямів практичного використання системно сформованих КТМ наведений на рис.14.

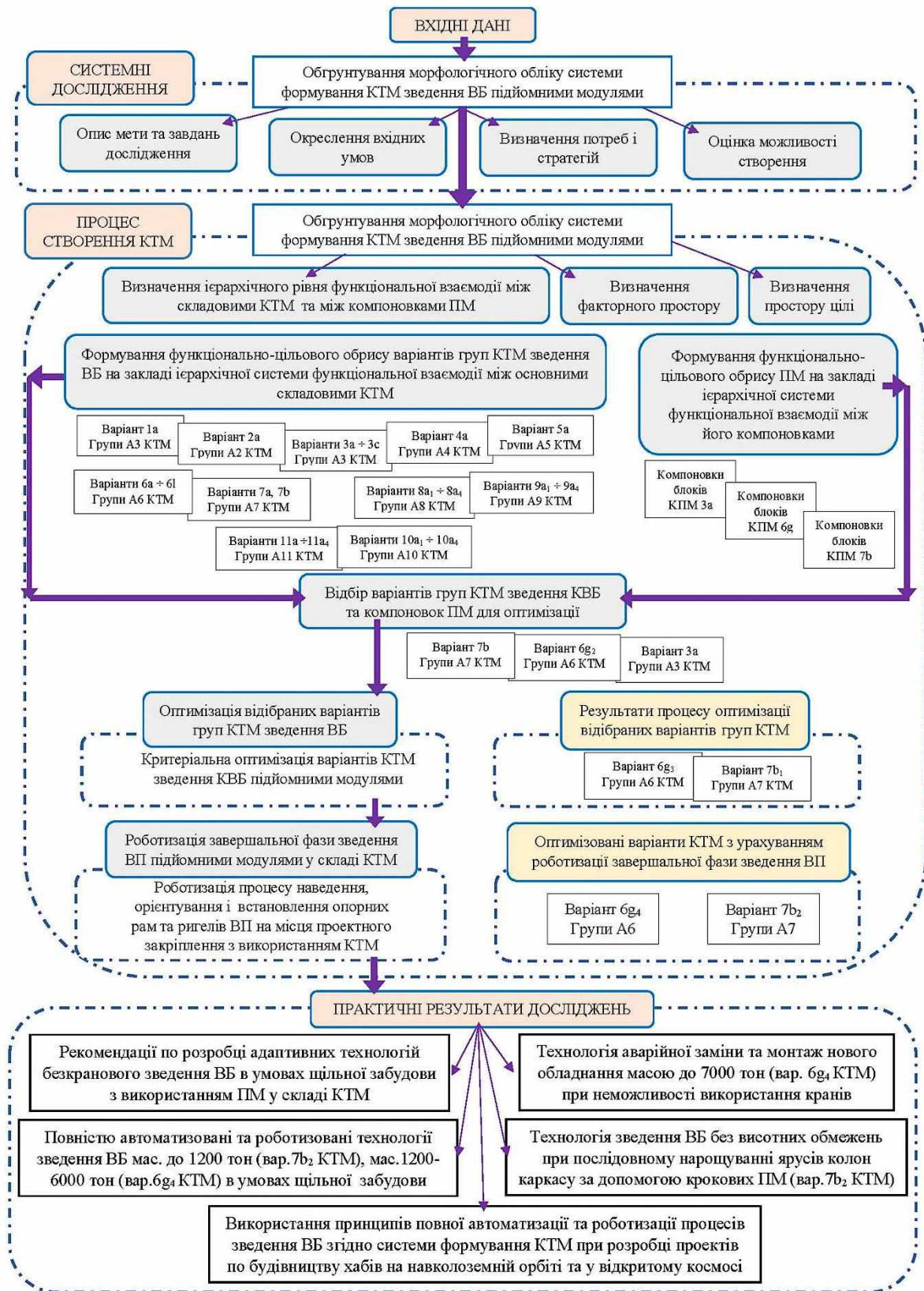


Рис.14 Загальний структурно-логічний алгоритм системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями з висвітленням перспектив практичного використання новостворюваних моделей безкранового зведення КВБ

Розширену структурно-логічну схему критеріальної оптимізації та роботизації варіантів груп КТМ зведення ВБ підйомними модулями наведено на рис.15.

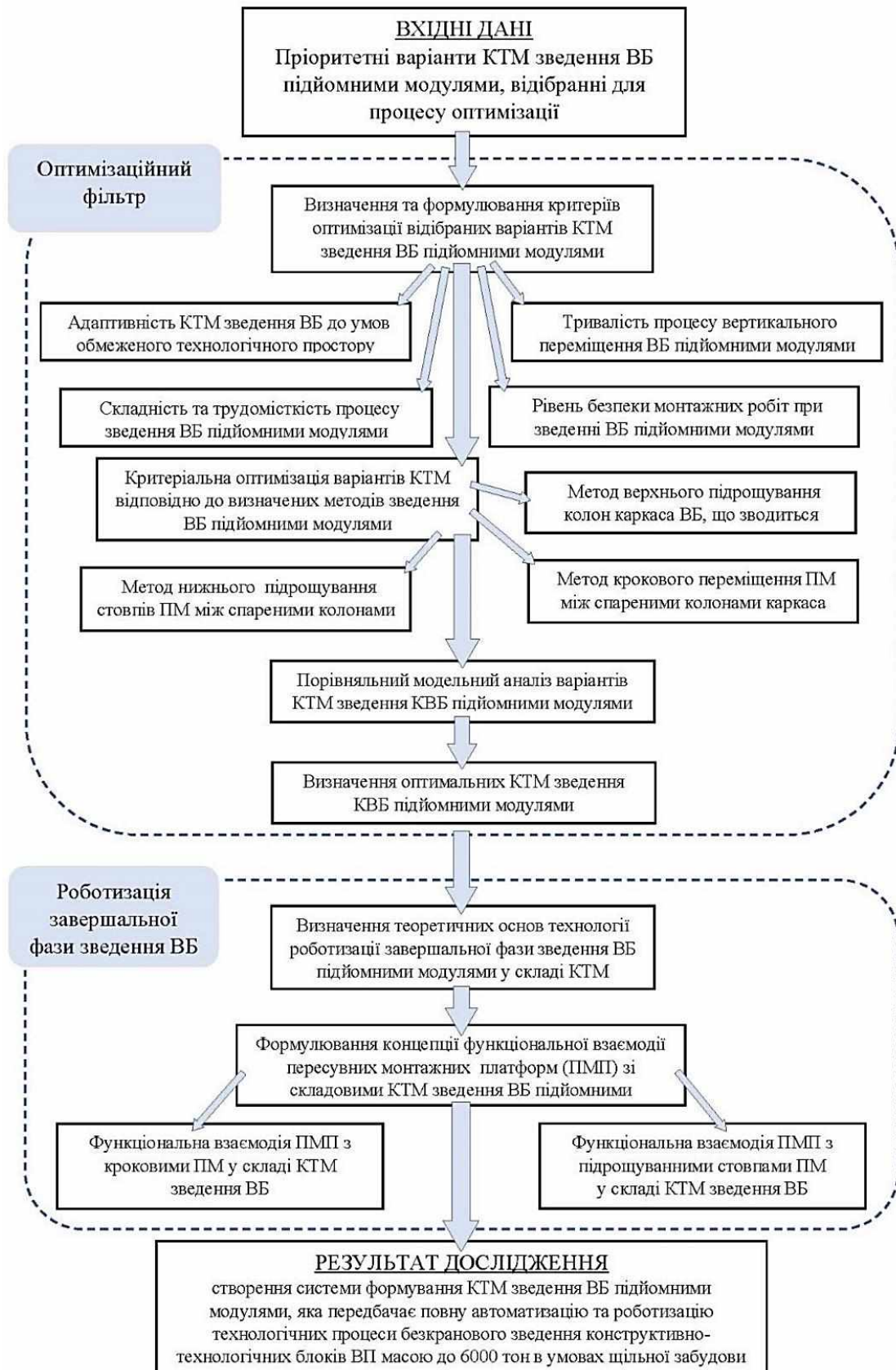


Рис.15 Розширена структурно-логічна схема процесу оптимізації КТМ зведення ВБ підйомними модулями та роботизації завершальної фази підйому ВП

На основі порівняльного модельного аналізу та сегментації за масою ВП, які зводяться, визначено пріоритетні варіанти КТМ зведення ВП: 6g₄ (для покриттів масою 1200–6000 тон) та 7b₂ (для покриттів масою до 1200 тонн). Обидва відібраних варіанти КТМ зведення КВБ повністю відповідають критеріям оптимізації. Порівняльний аналіз технологічності показав суттєву перевагу варіанту 7b₁ групи А7 КТМ зведення ВБ над технологіями які були використанні в реалізованих проєктах по безкрановому зведенні ВП. Застосування принципів системно сформованого варіант 7b₁ КТМ дозволяє скоротити строки безкранового переміщення інтегрованих просторових блоків ВП на проєктні відмітки на 75 %. Отримані результати розрахунків технологічності реалізованих проєктів безкранового зведення ВП та створеного варіанта 7b₁ Групи А7 наведені в табл.4 .

Таблиця 4

Показники технологічності відомих варіантів безкранового зведення ВП та системно сформованого варіанта 7b₁ Групи А7 КТМ

Варіант зведення великопрогонового покриття (ВП)	Основний метод монтажу	Загальна маса ВП (тон) M_i	Загальна висота зведення ВП (м) H_{ti}	Загальна тривалість процесів зведення ВП (год) $\sum_{i=1}^n T_{ti}$	Загальна швидкість процесів монтажу при зведенні ВП (м × год ⁻¹) V_{ti}	Загальна продуктивність процесів монтажу при зведенні ВП (тон × год ⁻¹) P_{ti}	Коефіцієнт складності процесів монтажу при зведенні ВП E_{ti} (год × тонн ⁻¹)
Зведення ВП авіазаводу у м. Гостомелі за допомогою підйомників ПГ-330	Метод примусового переміщення ВП підтягуванням з використанням вертикальних напрямних	1200,0	34,0	90,00	0,378	13,333	0,075
Зведення ВП авіазаводу у м. Кисві за допомогою підйомників ПШ-300	Метод примусового переміщення ВП виштовхуванням зі спіранням на підйомні стовпи ПМ	1100,0	24,0	108,00	0,222	10,185	0,098
Варіант 7b ₁ Групи А7 КТМ зведення ВП за допомогою підйомних модулів	Метод примусового переміщення ВП виштовхуванням зі спіранням на крокові ПМ та з використанням вертикальних напрямних	1200,0	34,0	27,00	1,259	44,444	0,023

Масштабування теоретичних принципів створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями в будівельну галузь дозволяє використовувати КТМ при реалізації амбітних проєктів безкранового зведення ВБ висотою понад 150 м за умови витворення несучого каркасу зі спарених колон, міжколонних зв'язків на всю проєктну висоту. За таких умов всі складові поверхів об'єкта зведення розміщуються на міжповерхових великопрогонових перекриттях (МВП) в зоні фундаментів. Далі крокові ПМ, на які спираються МВП, переміщують складові поверхів на місця проєктного закріплення.

Технологічні принципи, які складають основу системно сформованих варіантів групи А6, також, можуть знайти своє практичне застосування при заміні аварійного та монтажі нового надтяжкого технологічного обладнання

масою до 7000 тон на висоті понад 8 м у закритих приміщеннях промислових об'єктів, де використання мобільних кранів принципово неможливе. Роботизована фаза завершальної фази підйому надважкого технологічного обладнання з можливістю переміщення опорних конструкцій, які входять до складу обладнання, що піднімається, в трьох площинах дозволяє виконувати автоматизоване наведення та первинне закріплення обладнання в проєктному положенні з точністю монтажу ($\pm 1-3$ мм). Використання варіантів групи А6 КТМ дозволяє мінімізувати трудомісткість процесі заміни та інсталяції нового надважкого обладнання, що робить систему ідеальною для реконструкції промислових комплексів з обмеженим доступом.

Запропонована система формування КТМ автоматизованого зведення ВБ підйомними модулями, завдяки високій адаптивності, можливості повної роботизації завершальної фази підйому повнозбірних блоків ВП, дотриманню максимальних показників ресурсозбереження, безпеки висотних монтажних робіт та мінімальній залежності від габаритів будівельного майданчика, може стати однією з базових технологій безкранового зведення ВБ при можливості моніторингу та управління процесами зведення ВБ з офісів, які розташовані поза зоною монтажних робіт.

ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню актуальної наукової проблеми щодо створення системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями. Повномасштабна війна спричинила значні руйнування об'єктів промислового та цивільного призначення. Швидко, ресурсоефективне, безпечне відновлення пошкоджених та зведення нових, в першу чергу, великопрогонових будівель цивільного і промислового призначення в умовах існуючої забудови населених місць з використанням класичних кранових технологій вкрай ускладнене, а для більшості будівельних проєктів з урахуванням пошкодженої логістичної інфраструктури, технічно неможливе. У цьому контексті створення системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями стає особливо актуальним, оскільки дозволяє суттєво підвищити адаптивність, безпеку та продуктивність зведення ВБ відповідно до пріоритетів державних програм повоєнного відновлення України, «єВідновлення», Плану відновлення України, Національної програми відновлення та Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки.

Значення результатів дисертаційного дослідження для науки полягає у створенні теоретичних основ системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка ґрунтується на декомпозиції складових моделей зведення на функції взаємодії між ними з подальшим конструюванням ПМ, призначених для їх виконання, за умови відповідності ієрархії результатів. Це дає змогу різноманітними комбінаційними варіантами компоновок ПМ створювати адаптовані моделі зведення, що відповідають попередньо визначеним параметрам технологічного призначення. Уперше розроблено

цілісну науково-прикладну систему безкранового зведення ВБ, в якій функціональна взаємодія крокових підйомних модулів або підрощуваних стовпів підйомних модулів зі спареними колонами каркасів дозволяє переміщувати блоки великопрогонових покриттів з рівня передпідйомного укрупнення до рівня проєктного закріплення в автоматичному режимі на будівельних майданчиках, розміри яких в плані не перевищують габаритні розміри покриттів, що зводяться. При цьому, монтажники залучаються виключно в процеси остаточного закріплення ригелів ВП між оголовками колон каркаса. За умови мінімізації ризиків для персоналу весь процес роботизованого автоматичного підйому ВП дистанційно контролюється операторами, офіси яких розташовані поза зоною ризику.

Таким чином, результати дисертаційної роботи сприяють створенню ефективного технологічного середовища адаптивного оперативного безпечного зведення великопрогонових об'єктів, що є критично важливим для відновлення промислової та цивільної інфраструктури України в умовах сучасних викликів.

Значення результатів дисертації для практики полягає в створенні дієвої системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка дозволяє вирішувати актуальні проблеми сучасного будівництва в умовах щільної забудови та повоєнного відновлення. Запропонована система забезпечує:

- можливість безкранового зведення та реконструкції великопрогонових об'єктів на територіях, де використання традиційних кранів неможливе або економічно недоцільне;
- суттєве зниження трудомісткості та тривалості монтажних робіт завдяки автоматизації вертикального переміщення блоків ВП і роботизації завершальної фази їхнього наведення та закріплення;
- підвищення безпеки висотних робіт за рахунок мінімальної присутності персоналу в зоні ризику (24–34 м) - монтажники залучаються лише на етапі остаточного болтового з'єднання конструкцій;
- адаптивність технології до обмеженого монтажного простору, коли розміри будівельного майданчика не перевищують габаритів споруджуваного об'єкта.
- постійний моніторинг за всіма процесами зведення ВП з використанням камер спостереження, розташованими на крокових ПМ або на секціях підрощених стовпів ПМ.

Розроблені варіанти КТМ (6g₃ - для блоків ВП масою 1200–6000 тонн та 7b₂ - для блоків ВП масою до 1200 тонн) створюють практичний інструментарій для оперативного відновлення пошкоджених промислових, логістичних та соціальних об'єктів, а також для зведення нових ВБ у стиснених умовах міської забудови.

Результати дослідження можуть бути безпосередньо використані при розробці технологічних карт і проєктів виконання робіт для оперативного відновлення пошкоджених об'єктів. Практична ефективність підтверджена впровадженням принципів створеної системи в технологічні карти та проєкти виконання будівельно-монтажних робіт ТОВ «Будівельна компанія «Інжбуд» та ТОВ «Європейські технології в будівництві».

Перспективні напрямки практичного використання технологічних принципів створеної системи КТМ пов'язані з можливістю масштабування технології для роботизованого зведення космічних хабів на навколоземній орбіті і просторових великопрогонових конструкцій міжгалактичних станцій, де повна автоматизація та роботизація монтажних процесів у вакуумі та мікрогравітації є обов'язковою вимогою.

На підставі одержаних результатів дослідження сформовано такі висновки:

1. Встановлено що при сталій тенденції збільшення прогонів будівель цивільного та промислового призначення від 32,5 м до 404 м за період досліджень від 118 року (будівництво Пантеону в Римі) до 2024 року найбільшу трудомісткість з усього комплексу будівельно-монтажних робіт мають технологічні процеси утворення конструкцій великопрогонових покриттів (до 75 % від загальної трудомісткості). Найвища складність і ризики характерні для висотних монтажних робіт по переміщенню та закріпленню блоків покриттів на висоті до 37,5 м. Саме процеси монтажу ВП впливають на загальну тривалість всього комплексу робіт по зведенню великопрогонових будівель і потребують системної оптимізації.

2. Досліджено конструктивно-технологічні особливості реалізованих вітчизняних і закордонних проєктів зведення ВП за період 1953–2026 роки. З використанням методу порівняльного аналізу встановлено, що найбільша частка трудомісткості припадає на операції передпідйомного укрупнення покриттів на монтажних стендах (до 61,6 %) та наступне переміщення блоків ВП на проєктні відмітки (до 57,2 %). На основі системно-структурного аналізу статистичних даних та хронометражу монтажних процесів визначено, що найбільша продуктивність при найменших показниках складності та тривалості процесів зведення ВП характерна для методу примусового переміщення по вертикальних напрямних (ММ3) та методу підрощування колон каркаса (ММ4).

3. Сформовано та досліджено основні складові КТМ зведення ВБ, якими є силові технічні агрегати (стаціонарні та пересувні підйомні модулі) та несучі конструкції (збірні підрощуванні або суцільні колони каркаса, ригелі ВП, які зводяться), що дозволяє визначати умови їхнього об'єднання у єдину цільову систему, забезпечує можливість моделювання варіантів системної компоновки, залежно від умов зведення ВП, та що вперше покладено в основу методології створення та застосування технологічних систем зведення ВП пересувними ПМ.

4. Обґрунтовано методичний підхід щодо дослідження функціонально-цільового обрису КТМ, не у відомій конструктивно-технічній формі, а як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії складових КТМ з елементами системи перетворень та який покладено у теоретичне підґрунтя процесу. Удосконалено методологічні принципи декомпозиції складних технологічних систем на дворівневу ієрархічну структуру функціональної взаємодії (зовнішні F1–F4 та внутрішні F5–F6 функції), що дозволяє системно формувати адаптивні КТМ залежно від конкретних умов будівництва. Сформовано 7 принципово нових методів безкранового зведення великопрогонових будівель (групи A1–A7

КТМ) та обґрунтовано 37 нових способів безкранового зведення ВП, технологічні принципи яких відображені у відповідних групах КТМ.

5. Створено теоретичні основи цілісної науково-прикладної системи безкранового зведення ВП, в якій завдяки функціональній взаємодії основних складових КТМ забезпечується автоматичне вертикальне переміщення блоків ВП в просторі між спареними колонами каркаса зі спиранням на крокові ПМ або підрошуванні стовпи ПМ з одночасним забезпеченням просторової стійкості та геометричної незмінності ВП, як в процесі підйому, так й під час технологічних пауз в підйомному процесі на ділянках, розміри яких не перевищують габаритні розміри ВП, що зводиться, при відсутності персоналу в зоні підйому та дистанційному керуванні всіма етапами процесу вертикального переміщення інтегрованих блоків ВП з рівня укрупнення на рівень проєктного закріплення.

6. Обґрунтовано концептуальні принципи та система конструктивно-технологічних моделей використання спарених колон каркаса як багатофункціональних складових КТМ, які одночасно виконують роль вертикальних напрямних для підрошування стовпів ПМ, обмежувачів відхилень в горизонтальній площині ВП, що зводяться, та опорних вузлів для крокових ПМ. Як наслідок, набула подальшого розвитку теорія безкранових методів монтажу ВБ на основі створення багатофункціональних адаптивних технологічних систем, в яких центральною складовою виступають стаціонарні або пересувні ПМ, функціонально взаємодіючи зі спареними суцільними колонами каркасів в процесі вертикального переміщення інтегрованих блоків великопрогонових покриттів.

7. Сформовано та досліджено конструктивно-технічні рішення ПМ, згідно з якими довільний ПМ складається з двох блоків компоновок, а саме блок «Механізми підйому та фіксації» та блок «Конструктивні елементи». Функціонально-цільовий обрис ПМ розглядається не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між його силовими та несучо-опорними елементами. В ієрархії рівней функціональної взаємодії КПМ верхній рівень — це взаємодія між блоками компоновок ПМ, а нижній рівень – це взаємодія між компонентами блоків КПМ. При цьому на нижньому рівні системи функціонально взаємодіють між собою сім компонентів блоку КПМ «Механізми підйому та фіксації» та десять компонентів блоку КПМ «Конструктивні елементи».

8. Удосконалено підходи до оптимізації КТМ зведення ВП на основі комплексної системи критеріїв (адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, мінімізація складності та трудомісткості монтажних процесів при зведенні ВБ, скорочення тривалості фаз циклів підйому РВП на проєктну висоту, максимізація безпеки висотних робіт), що забезпечило перехід від евристичних рішень до науково обґрунтованого вибору раціональних варіантів. Визначені варіанти, що відповідають всім критеріям оптимізації – це варіант 7b групи А7, при використанні якого передбачається спирання РВП в процесі вертикального переміщення на крокові ПМ, взаємодіючи зі спареними колонами каркаса ВБ, та варіант 6gз групи А6, технологічна модель якого

передбачає переміщення РВП в просторі між спареними колонами каркаса ВБ зі спиранням на підрощуванні стовпи ПМ.

9. Розроблено теоретичні принципи роботизації завершальної фази зведення ВП, що дозволяє виконувати автоматичне наведення та встановлення ригелів ВП у проєктне положення в трьохвимірному просторі за умови відсутності персоналу в зоні зведення ВП. Роботизоване переміщення опорних рам та ригелів ВП в трьох площинах між оголовками спарених колон каркаса стає можливим завдяки функціональній взаємодії пересувних монтажних платформ, на які спираються опорні рами ВП з кроковими ПМ (варіант 7b₂) або з оголовками підрощуваних стовпів ПМ (варіант 6b₄).

10. Визначено пріоритетні варіантів КТМ, які на основі порівняльного модельного аналізу та сегментації за масою інтегрованого блоку ВП, що зводиться, можуть бути успішно використанні при оперативному відновленні пошкоджених та зведенні нових ВБ в умовах обмеженого технологічного простору – це варіант 7b₂, використання якого дозволяє перемішувати блоки ВП масою до 1200 тон на висоту 24,0 м за 37 годин, що дозволяє скоротити строки підйомних процесів на 75 %, та варіант 6g₄, застосування якого дозволяє перемішувати блоки ВП масою до 6000 тон зі спиранням на підрощуванні стовпи ПМ на висоту понад 34 м.

11. Запропонований підхід згідно теоретичних основ створеної системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями дозволяє переходити від емпіричних рішень до науково обґрунтованого формування адаптивних технологічних моделей, що враховують технічну неможливість використання кранових технологій, конкретні умови будівельного майданчика, масу та конструктивне рішення блоків покриття, висотні параметри та вимоги безпеки. Це створює методологічний фундамент для подальшого розвитку теорії безкранових монтажних технологій та їх інтеграції з роботизованими системами.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection

1. Tonkacheev, H., Ignatenko, O., Rashkivskiy, V., Dubovyk, I., Tryhub, A., Sobko, Yu. (2024). Development of the Technology of Crane-Less Lifting of Long-Span Reinforced Concrete and Metal Coating. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research* (14/01-XL), 271-275. <https://doi.org/10.33543/j.140140.271275> (Web of Science Core Collection). *Особистий внесок: автору належить висвітлення функціонально-цільового обрису КТМ зведення ВП підйомними модулями та технологічних принципів безкранового методу вертикального переміщення ВП зі спиранням на збірні стовпи ПМ, підрощування яких виконують домкрати, розміщені на фундаментах.*

2. Osipov, O., & Ignatenko, O. (2024). Innovation Technologies for Constructing Large-Span Coverings Using Lifting Modules. *Science and Innovation*, 20(5), 83–94. <https://doi.org/10.15407/scine20.05.083> (SCOPUS). *Особистий внесок: автору належить висвітлення процесу створення складної технологічної системи безкранового вертикального переміщення блоків ВП*

підйомними модулями , визначення та класифікація основних складових КТМ зведення конструкцій ВБ

3. Hennadii Tonkacheiev, Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia, Kateryna Nosach, Yuri Zaiets (2024). Latest technology for erection of large-span coatings using lifting modules. Journal of Xi'an University of Architecture & Technology. Volume XVI, Issue 9, 99 – 109. <https://xajzkjdx.cn/volume-xvi-issue-ix-september-2024/> (SCOPUS). *Особистий внесок: автору належить висвітлення технологічних принципів почергової передачі навантаження від піднімаємих блоків покриттів через опорні диски, витворені нижніми і верхніми пересувними рамами та групами вертикальних і горизонтальних гідроциліндрів крокових ПМ на напрямні профілі, які закріплені на спарених колонах каркасу ВБ, що зводиться.*

4. Hennadii Tonkacheiev; Oleksandr Ignatenko; Volodymyr Rashkivskyi; Natalia Zozulia; Kateryna Nosach; Yuri Zaiets (2024). Development of structural and technological solutions for the construction of large-span coatings by craneless methods. Edelweiss Applied Science and Technology. Vol.8, No. 6, 582-590. <https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.2130> (SCOPUS). *Особистий внесок: автору належить розширений аналіз існуючих технологій безкранового зведення ВП, визначення пріоритетних напрямків вдосконалення процесів вертикального переміщення блоків покриттів зі спиранням на крокові ПМ, які використовують спарені колони каркасів ВБ в якості опор.*

5. Tonkacheiev, H. ., Ignatenko, O. ., Rashkivskyi, V. ., Dubovyk, I. ., & Zaiets, Y. . (2024). Innovation in technology solutions for erecting large-span coatings through module lifting. Cadernos De Educação Tecnologia E Sociedade, 17(se4), 246–256. <https://doi.org/10.14571/brajets.v17.nse4.246-256> (Web of Science Core Collection). *Особистий внесок: автору належить висвітлення принципів функціональної взаємодії між ПМ, колонами каркаса та ригелями ВП при безкрановому вертикальному переміщенні блоку ВП методом примусового виштовхування зі спиранням на оголовки підрошуваних стовпів ПМ.*

6. Volodymyr Rashkivskyi, Oleksandr Ignatenko, Roman Demianenko, Andrii Kozak, Iryna Dubovyk, Yurii Zaiets. (2024). Research of the interconnections of the "structure - technology - mechanized equipment" system in the construction of frame buildings. Strength of Materials and Theory of Structures, 113, 337 – 344. <http://omtc.knuba.edu.ua/issue/view/18619> (Web of Science Core Collection). *Особистий внесок: автору належить висвітлення досліджень процесів розподілу навантажень, які виникають в конструкціях ВП при їхньому вертикальному переміщенні в просторі між спареними колонами каркасів зі спиранням на верхні платформи крокових ПМ.*

Статті у наукових фахових виданнях України категорії Б, що входять до наукометричних баз даних:

7. Ігнатенко О.О. (2024). Оптимізація технологічних процесів зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Нові технології в будівництві*. №44, С. 29 – 36. <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.44.5>

8. Ігнатенко, О. (2024). Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(53), 111–121. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53\(1\).111-121](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).111-121)

9. ІГНАТЕНКО, О. (2024). Використання переваг методу підтягування при зведенні великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 82–90. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).82-90](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).82-90)

10. РАШКІВСЬКИЙ, В., ІГНАТЕНКО, О. (2024). Особливості визначення напрямів розвитку будівельного технологічного оснащення. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(54), 189–198. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54\(1\).189-198](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.54(1).189-198) *Особистий внесок: автору належить визначення актуальності напрямку подальшого розвитку та оптимізації безкранових технологій зведення ВП з використанням ПМ в умовах адаптивного будівництва на щільно забудованих територіях.*

11. Oleksandr Ignatenko, Volodymyr Rashkivskyi, Natalia Zozulia (2024). Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings using lifting modules. *Theory and Buildings Practice*. Vol. 6, No. 2, 1-6. <https://doi.org/10.23939/jtbp2024.02> *Особистий внесок: автору належить висвітлення основного принципу функціональної взаємодії між компонентами блоків компоновок ПМ з напрямними профілями спарених колон каркаса при таригелях ВП при зведенні повнозбірних просторових блоків покриттів.*

12. Rashkivskyi, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). The system of filling the information model of construction structural elements. *Transfer of Innovative Technologies*, 7(1), 60–68. <https://doi.org/10.32347/tit.2024.71.02.08> *Особистий внесок: автору належить висвітлення основних складових технологічного процесу зведення великопрогонових просторових покриттів, які переміщуються на проектну висоту зі спиранням на крокові ПМ.*

13. Rashkivskyi, V., Demianenko, R., Ignatenko, O., & Zaiets, Y. (2024). Formation of a system for monitoring construction processes during the construction of buildings. *Transfer of Innovative Technologies*, 7(2), 68–75. <http://tit.knuba.edu.ua/issue/view/18867> *Особистий внесок: автору належить створення моделі технологічного процесу підйому блоків ВП зі спиранням на крокові ПМ, взаємодіючі з суцільними спареними колонами каркасів для формування комплексної системи моніторингу та наповнення інформаційної моделі безкранового переміщення просторових великопрогонових покриттів в вертикальній площині з рівня фундаментів до рівня проектного закріплення.*

14. ІГНАТЕНКО, О. (2025). Дослідження технологічних особливостей процесів зведення великопрогонових покриттів. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 1(55), 13–23. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(1\).13-23](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(1).13-23)

15. РАШКІВСЬКИЙ, В., ІГНАТЕНКО, О. (2025). Аналіз технологічних особливостей використання монтажних машин і механізмів при зведенні великопрогонових будівель. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*, 2(55), 55–66. [https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55\(2\).55-66](https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.55(2).55-66)

Особистий внесок: автору належить визначення та формулювання переваг використання ПМ в технологічних процесах зведення нових та відновленні пошкоджених внаслідок бойових дій конструктивно-технологічних блоків ВП об'єктів промислового та цивільного призначення в умовах щільної забудови, коли використання класичних кранових технологій неможливе.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав із напряму, з якого підготовлено дисертацію:

16. Ignatenko O. (2024). The development of technology for crane-less lifting of large-size roof structures. *Slovak International Scientific Journal*, 79, 15–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

17. Ignatenko O. (2024). The improvement of the technology of lifting large-size roof the method of column growing. *Slovak International Scientific Journal*, 80, 20 - 25. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10480860>

18. Ignatenko O. (2024). Use of stepper lifting modules for construction of large-span coatings. *Slovak International Scientific Journal*, 81, 9–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10810621>

19. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of pulling and pushing methods in the development of technologies for lifting large-span coatings. *Slovak Intern. Scientific Journal*, 82, 9 - 14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10952884>

20. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings with lifting modules. *Slovak International Scientific Journal*, 84, 28 - 34. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11624363>

21. Ignatenko, O. (2024). Improvement of structural and technological solutions for the erection of large-span coatings using the pushing method. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 83, 40–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12656956>

22. Ignatenko O. (2024). Taking advantage of the pull-up method for erection of taking large-span coatings with lifting modules. *Sciences of Europe*, 144, 62–66. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12739964>

23. Ignatenko O. (2024). Use of step lifting modules for erection of large-size coatings. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 136, 67 – 72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12746293>

24. Ignatenko O. (2024). Improvement of the method of growing column for erection of large-span coatings. *The Scientific Heritage*, 140, 24–28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12720650>

25. Ignatenko O. (2024). Spatial coatings as the most complex structural elements in the construction of large-span buildings. *Znanstvena Misel Journal*, 93, 35–42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13583180>

26. Ignatenko O. (2024). Dialectics of the formulation of organizational and technological structures and classification of methods for Installation of building structures. *Slovak International Scientific Journal*, 88, 14–22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13926488>

27. Rashkivskyi V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2024). Directions of the development of the construction technological equipment. *Danish Scientific*

Journal, 91, 47 – 55. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14578109> *Особистий внесок: автору належить розробка концепції майбутнього використання технологічного обладнання, до складу якого входять підйомні модулі, оснащенні гідравлічними домкратами або гідроциліндрами двосторонньої дії, при зведенні інтегрованих блоків великопрогонових покриттів в умовах обмеженого технологічного простору.*

28. Rashkivskiy Volodymyr, Ignatenko Oleksandr, Zaiets Yuri. (2025). The composition of technological modules for orienting of building structures during the process of their installation in the design position. *Deutsche Internat. Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 95, 54–60. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14609665> *Особистий внесок: автору належить визначення основних складових крокових підйомних модулів та етапів ітераційних циклів підйому опорних рам та ригелів ВП в просторі між спареними колонами каркасів зі спиранням на крокові підйомні модулі.*

29. Ignatenko O., & Storozhev S. (2025). Researching of the labor intensity of the main installations during the construction of large-span coatings. *Slovak International Scientific Journal*, 91, 3–8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14636705> *Особистий внесок: автору належить формування інформаційної бази для виконання порівняльного аналізу за показниками трудомісткості складових технологічного процесу утворення несучого каркасу ВБ, визначення найбільш складних та трудомістких операцій, пов'язаних з укрупненням покриттів на монтажних стендах та подальшим підйомом блоків ВП на проектні відмітки з використанням кранових технологій в процесі передпідйомного укрупнення покриттів та кранових або безкранових технологій при вертикальному переміщенні блоків покриттів на проектні відмітки.*

30. Rashkivskiy V., Ignatenko O., Dubovyk I., & Zaiets Yu. (2025). Concept of filing the levels of detail of mechanization of building erection technologies. *International Independent Scientific Journal*, 69, 19 – 28. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14626484> *Особистий внесок: автору належить формування базової конструктивно-технологічної моделі зведення повнозбірних блоків ВП зі спиранням на крокові підйомні модулі, нижні та верхні пересувні платформи яких використовують напрямні профілі суцільних спарених колон каркаса в якості тимчасових опор при сприйнятті навантаження від ригелів піднімаємих блоків покриттів.*

31. Ignatenko, O., Storozhev, S. (2025). Analysis of technological features of installation machines and mechanisms used in the construction of large-span coatings. *The Scientific Heritage. International Scientific Journal*, 153, 78 – 85. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14729661> *Особистий внесок: автору належить інформаційний пошук технічних характеристик сучасних монтажних машин і механізмів, які використовуються при зведенні ВП, визначенні граничних умов використання підйомних механізмів в умовах існуючої забудови населених місць.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

32. Ігнатенко О.О. Розвиток технології безкранового підйому великопрольотних покриттів з застосуванням методу підрошування колон.

Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти, технологій і суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кропивницький, 29 листопада 2023 р.) у 3 ч. Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. Ч. 3, С. 39 – 42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-29-3.html>

33. Ігнатенко О.О. Використання методу комбінованого підрощування колон для підйому великопрольотних покрівельних конструкцій. *Перспективи розвитку науки, освіти і технологій в Україні та світі*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Житомир, 11 грудня 2023 р.). Житомир: ЦФЕНД, 2023. С. 55 - 59. <https://www.economics.in.ua/2023/12/11-2023.html>

34. Ігнатенко О.О. Використання гідропідйомних установок для зведення великопрольотних покриттів промислових будівель. *Стратегічні орієнтири розвитку науки, освіти, технологій та суспільства*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 12 грудня 2023 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2023, С.39-42. <https://www.economics.in.ua/2023/12/12-2023.html>

35. Ігнатенко О.О. Удосконалення технології підрощування колон при безкрановому підйомі великопрольотних покриттів. *Наука, освіта та суспільство: світові тенденції та регіональний аспект*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кременчук, 18 грудня 2023 р.). Кременчук: ЦФЕНД, 2023. С. 58 - 63. <https://www.economics.in.ua/2023/12/18-2023.html>

36. Ігнатенко О.О. Використання підйомних модулів при зведенні великопрольотних покриттів промислових об'єктів. International scientific-practical conference “*Vectors of science, education and technology development in the context of globalization*”: conference proceedings (Tampere, Finland, December 20, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 46 - 51. <https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

37. Ігнатенко О.О. Розвиток технології підйому великопрольотних покриттів зі спиранням на підрощувальні колони. *Перспективні напрямки розвитку науки, освіти та технологій: теорія і практика*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 22 грудня 2023 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2023. С. 39 - 45. <https://www.economics.in.ua/2023/12/22-2023.html>

38. Ігнатенко О.О. Розвиток безкранових технологій підйому великопрольотних покриттів. 1st International Scientific and Practical Internet Conference “*Impact of Artificial Intelligence and Other Technologies on Sustainable Development*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, December 28-29, 2023). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 66 - 69. <http://www.wayscience.com/en/1st-conference-december-28-29-2023/>

39. Ігнатенко О.О. Розвиток технології підйому покрівельних конструкцій. International scientific-practical conf. “Current issues of science, education and technology in Ukraine and the world”: conference proceedings (Tampere, Finland, December 29, 2023). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2023. 59 - 64. <https://www.economics.in.ua/2023/12/20-2023.html>

40. Ігнатенко О.О. Використання крокових підйомників при зведенні великопрогонових покриттів промислових і цивільних об'єктів. *Сучасний стан та пріоритети модернізації науки, освіти та технологій*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 10 січня 2024 р.) у 3 ч. Біла Церква: ЦФЕНД, 2024. Ч.3, С. 16 - 21. <https://www.economics.in.ua/2024/01/10-3.html>

41. Ігнатенко О.О. Використання підйомних модулів для зведення великопрольотних покриттів. International scientific-practical conference “*Science, education and technology: global trends and the regional aspect*”: collection of materials (Tampere, Finland, 3.02.2024). Tampere, Finland: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 39 - 43. <https://www.economics.in.ua/2024/02/3.html>

42. Ігнатенко О.О. Розвиток технології зведення великопрольотних покриттів з використанням підйомних модулів. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Winter Debates*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, February 8 - 9, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 87. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-8-9-lyutogo-2024/>

43. Ігнатенко О.О. Удосконалення технології зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “*Current issues of science, education and technology in modern conditions*”: conf. proceed. (Aarhus, Denmark, 12.03.2024). Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. 63 – 66 <https://www.economics.in.ua/2024/03/12-03-2024.html>

44. Ігнатенко О.О. Використання методу виштовхування для зведення великопрольотних покриттів підйомними модулями. 1st International Scientific and Practical Internet Conference “*Interdisciplinary Approaches to Tackle Global Challenges and Promotion of Innovative Solutions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, March 14 - 15, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 117 - 122. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-1-14-15-bereznia-2024/>

45. Ігнатенко О.О. Вдосконалення технологічних рішень методу підрощування колон при зведенні великопрольотних покриттів підйомними модулями. 3rd Internet Conference “*Scientific Research and Innovation*”: conf. Proc. (Dnipro, Ukraine, 04. 18 – 19, 2024). Dnipro, Ukraine: Marenichenko, 114 - 118. <http://www.wayscience.com/konferentsiya-3-18-19-kvitnya-2024/>

46. Ігнатенко О.О. Використання переваг методу виштовхування при зведенні великопрогонових покриттів підйомними модулями. International scientific-practical conference “*Current state and modernization priorities of science, education and society*”: conference proceedings (Aarhus, Denmark, May 24, 2024): in 2 parts. Aarhus, Denmark: Scholarly Publisher ICSSH, 2024. Part 1, 51 - 55. <https://www.economics.in.ua/2024/05/24-1.html>

47. Ігнатенко О.О. Вдосконалення технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем*: Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 23–24. 05. 2024 р.) -

Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. Т. 2, С.163 – 164.
<https://conference-chernihiv-polytechnik.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2024/>

48. Ігнатенко О.О. Використання переваг методу підтягування для зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. 5th International Scientific and Practical Internet Conference “*Ways of Science Development in Modern Crisis Conditions*”: conference proceedings (Dnipro, Ukraine, June 13 – 14, 2024). Dnipro, Ukraine: FOP Marenichenko V.V., 82 - 86.
<http://www.wayscience.com/konferentsiya-5-13-14-cherwnya-2024/>

49. Ignatenko O. Improvement of structural and technological solutions for erection of large-span coatings by crane-free methods. X International Scientific and Practical Conference «*Theoretical and practical perspectives of modern science*»: conference proceedings (Stockholm, Sweden, Jul 13 – 14, 2024). 61 – 67.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.12745671>

50. Ignatenko O. (2024). Improvement of technological solutions for erection of large-span coatings by lifting modules. *Science – Technology - Innovation*. Abstracts of the 69th International scientific and practical conference. Pegas Publishing, Canada. 38 - 44. <http://el-conf.com.ua/>

51. Ignatenko O. Selection of the most complex segment of structural for erection of large-span coatings. XV international scientific conference «*The modern vector of the development of science*»: conference proceedings (Philadelphia, USA, August 15 – 16, 2024). 139 – 146. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13356785>

52. Ignatenko O. The determination of organizational and technological structures and classification of methods for installation of building structure. XI International Scientific and Practical Conference «*Science in modern society*»: conference proceedings Beijing, China, September 30, 2024). 27 – 36.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13861164>

53. Ігнатенко О.О. Вдосконалення конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових покриттів підйомними модулями. Міжнародний науково-технічний форум Київ: Ліра-К, 10 листопада 2024. С. 116
https://drive.google.com/file/d/1TpA1Hh7c71ChP79W55YV0wPz_pUvVnWz/view

54. Ігнатенко О.О. Використання підйомних модулів при зведенні великопрогонових покриттів в умовах щільної забудови. International Scientific and Practical Conference “*Modern Challenges in Science, Education, and Society: A Global Context*”: Conference Proceedings (Stanford, USA, September 6, 2025). Stanford, USA: Golden Quill Publishing, 2025. 212 - 215.
<https://www.economics.in.ua/2025/09/06.html>

Наукові праці, які додатково відображають результати дисертації:

55. Ignatenko O. (2023). The development of methods for crane-less lifting of long-span roofs. Scientific and Practical Journal «*WayScience*», Vol. 6 (№ 2). Ukraine, Dnipro: 6 (2), 48 – 57. <http://www.wayscience.com/en/vol-6-2-2023-2/>

56. Ignatenko O. (2024). Innovative structural and technological solutions for crane-free erection of large-span coatings. *Scientific and Practical Journal «WayScience»*, Ukraine, Dnipro: 7(1), 16–26. <http://www.wayscience.com/vol-7-1-2024/>

АНОТАЦІЯ

Ігнатенко О.О. Система формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. Київський національний університет будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України, Київ, 2026.

У дисертаційній роботі розв’язано складну науково-прикладну проблему створення системи формування конструктивно-технологічних моделей (КТМ) зведення великопрогонових будівель (ВБ) підйомними модулями (ПМ). Визначальною інновацією є створення теоретичних основ системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями яка ґрунтується на декомпозиції складових моделей зведення на функції взаємодії між ними з подальшим конструюванням ПМ, призначених для їх виконання, за умови відповідності ієрархії результатів. Це дає змогу різноманітними комбінаційними варіантами компоновок ПМ створювати адаптовані моделі зведення, що відповідають попередньо визначеним параметрам технологічного призначення.

Уперше сформовано та досліджено основні складові КТМ зведення великопрогонових будівель, якими є силові технічні агрегати - стаціонарні та пересувні ПМ та несучі конструкції - збірні підрощувані або суцільні колони каркаса, ригелі великопрогонових покриттів (ВП), що дозволяє визначати умови їхнього об’єднання у єдину цільову систему, забезпечує можливість моделювання варіантів її компоновки, залежно від умов зведення ВП, та що вперше покладено в основу методології створення та застосування технологічних систем зведення ВП крокуючими ПМ.

Суттєвою інновацією є обґрунтування методичного підходу щодо дослідження функціонально-цільового обрису КТМ, не у конструктивно-технічній формі, а як сукупності функцій багатоваріантної взаємодії складових КТМ з елементами системи перетворень та який покладено у теоретичне підґрунтя процесу моделювання власної структури та функції зазначених технологічних систем. З урахуванням теоретичних основ системи формування КТМ, що ґрунтується на дворівневій ієрархічній структурі функціональної взаємодії між основними складовими моделей зведення, сформовані 7 принципово нових методів безкранового зведення ВБ та обґрунтовано 37 нових способів зведення ВП, технологічні принципи яких відображені у відповідних групах КТМ.

Уперше сформульовано концепцію цілісної науково-прикладної системи безкранового зведення ВБ, в якій функціональна взаємодія крокових ПМ або підрощуваних стовпів ПМ з колонами дозволяє вертикально переміщувати інтегровані блоки ВП з рівня передпідйомного укрупнення до рівня закріплення між оголовками спарених колон каркаса ВБ, що зводиться, в автоматичному режимі на будівельних майданчиках, розміри яких в плані не перевищують габаритні розміри об’єкта зведення за умови виключення з технологічного

ланцюга будь-яких кранів та залучення монтажників, виключно, в процесі остаточного проєктного закріплення ригелів великопрогонових покриттів (РВП).

Важливою інновацією є формування та дослідження конструктивно-технічних рішень головної складової КТМ – підйомних модулів, згідно з якими довільний ПМ складається з двох блоків компоновок, а саме блоку «Механізми підйому та фіксації» та блоку «Конструктивні елементи». Функціонально-цільовий обрис ПМ розглядається не в конструктивно-технічному форматі, а як ієрархічна дворівнева система функціональної взаємодії між силовими та несучо-опорними елементами, які входять до складу блоків компоновок підйомних модулів (КПМ).

Удосконалено підходи до оптимізації КТМ зведення ВП на основі системи оптимізаційних критеріїв (адаптивність до умов обмеженого технологічного простору, мінімізація складності та трудомісткості монтажних процесів при зведенні ВБ, скорочення тривалості фаз циклів підйому РВП, максимізація безпеки висотних робіт), що забезпечило перехід від евристичних рішень до науково обґрунтованого вибору раціональних варіантів. Використання оптимізованих варіантів КТМ дозволяє скоротити строки по підйому ВП масою 1200 тонн на висоту 24,0 м в порівнянні з реалізованими варіантами на 75 %.

Уперше розроблено теоретичні принципи роботизації завершальної фази зведення ВП, що дозволяє виконувати автоматичне наведення та встановлення РВП у проєктне положення в трьохвимірному просторі. Роботизоване переміщення РВП можливе за рахунок функціональної взаємодії між КПМ крокових ПМ або підрощуваних стовпів ПМ, які переміщують РВП в вертикальній площині та пересувними монтажними платформами, виконуючими горизонтальне переміщення РВП при наведенні і первинному закріпленні.

Практичне значення отриманих результатів полягає в створенні дієвої системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями, яка дозволяє вирішувати актуальні проблеми оперативного ресурсозберігаючого відновлення пошкоджених та зведення нових великопрогонових об'єктів з масою інтегрованих блоків ВП до 6000 тон в умовах адаптивного будівництва та порушеній логістиці, технічній неможливості застосування класичних кранових технологій з забезпеченням мінімальної трудомісткості автоматизованих та роботизованих процесів зведення ВБ при знаходженні монтажників поза зоною ризику і дистанційним керуванням процесами зведення. Результати апробовано в межах науково-дослідної тематики, впроваджено в освітній процес КНУБА у підготовці здобувачів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», а також використані проєктними організаціями та будівельними холдингами.

Ключові слова: методи вільного та примусового підйому покриттів, технологія безкранового зведення великопрогонових покриттів, крокові підйомні модулі, пересувні опорні платформи, стаціонарні підйомні модулі. функціональна взаємодія між підйомними модулями та колонами каркасів, верхнє підрощування колон каркаса, нижнє підрощування стовпів підйомників, автоматизація та роботизація вертикального переміщення покриттів.

ABSTRACT

Ignatenko O. O. "System of Formation of Structural and Technological Models for the Erection of Large-Span Buildings Using Lifting Modules ". - Qualification scientific work based on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23.08 – technology and organization of industrial and civil construction. Kyiv National University of Construction and Architecture of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2026.

The dissertation solved the complex scientific and applied problem of creating a system for forming structural and technological models (STM) of construction of large-span buildings (LSB) with lifting modules (LM). The defining innovation is the creation of the theoretical foundations of the STM formation system of LSB erection by lifting modules, which is based on the decomposition of the component erection models into the functions of interaction between them with the subsequent design of PM intended for their implementation, provided that the hierarchy of results corresponds. This makes it possible to create adapted erection models corresponding to predefined parameters of technological purpose with various combination variants of LM layouts.

For the first time, the main components of the STM for the construction of large-span buildings were formed and investigated, which are power technical units - stationary and mobile LM and supporting structures - prefabricated undergrowth or solid columns of the frame, crossbars of large-span coatings (LSC), which allows determining the conditions for their unification into a single target system, provides the possibility of modeling options for its layout, depending on the conditions for the construction of the LSC, but that for the first time is the basis of the methodology of creating and applying technological systems for the construction of LSC by walking sifting modules.

A significant innovation is the substantiation of the methodical approach to the study of the functional-target outline of STM, not in a constructive-technical form, but as a set of functions of the multivariate interaction of STM components with elements of the transformation system and which is placed in the theoretical basis of the process of modeling one's own structure and function of the specified technological systems. Taking into account the theoretical foundations of the STM formation system, which is based on a two-level hierarchical structure of functional interaction between the main components of the erection models, 7 fundamentally new methods of crane-less erection of VB were formed and 37 new methods of erection of LSP were substantiated, the technological principles of which are reflected in the corresponding groups of structural and technological models.

For the first time, the concept of a complete scientific and applied system of crane-less erection of the LSC was formulated, in which the functional interaction of stepper LM or undergrowth LM poles with columns allows vertical movement of integrated LSC blocks from the level of pre-elevation consolidation to the level of fixation between the heads of paired columns of the LSB frame, which is erected, in automatic mode on construction sites the dimensions of which in plan do not exceed

the overall dimensions of the construction object, provided that any cranes are excluded from the technological chain and installers are involved, exclusively, in the processes of final design fastening of the crossbars of large-span coatings (CLSC).

An important innovation is the formation and research of structural and technical solutions of the main component of STM – lifting modules, according to which an arbitrary LM consists of two blocks of layouts, namely block «Lifting and fixing mechanisms» and block «Structural elements». The functional-target outline of the LM is considered not in a constructive-technical format, but as a hierarchical two-level system of functional interaction between power and load-bearing elements, which are part of the layout blocks of lifting modules (LBLM).

Approaches to the optimization of the STM of the construction of the LSC based on a system of optimization criteria (adaptability to the conditions of a limited technological space, minimization of the complexity and time-consuming installation processes during the construction of the LSB, reduction of the duration of the phases of the CLSC lifting cycles, maximization of the safety of high-altitude works) have been improved, which ensured the transition from heuristic solutions to scientifically based selection of rational options. The use of optimized variants of STM allows to reduce the time for lifting coatings (weight 1200 tons) to a height of 24.0 m compared to implemented projects by 75%.

For the first time, the theoretical principles of robotization of the final phase of the erection of the VP were developed, which allows for automatic guidance and installation of the RVP in the design position in three-dimensional space. Robotic movement of the RVP is possible due to the functional interaction between the LBLM of stepper PMs or undergrowth PM poles, which move the CLSC in the vertical plane, and mobile mounting platforms that perform horizontal movement of the CLSC during aiming and initial fastening.

The practical significance of the obtained results lies in the creation of an effective system for the formation of STM for the construction of LSB by lifting modules, which allows solving the current problems of operational resource-saving restoration of damaged and construction of new large-span objects with a mass of integrated LSC blocks up to 6,000 tons in the conditions of adaptive construction and disturbed logistics technical impossibility of using classic crane technologies with ensuring the minimum labor intensity of automated and robotic processes of erecting VB when installers are outside the risk zone and remote control of the erecting processes. The results were tested within the framework of research topics, implemented in the educational process of KNUBA in the training of applicants of the specialty 192 «Construction and civil engineering», as well as used by design organizations and construction holdings.

Key words: methods of free and forced lifting of coatings, technology of crane-free erection of large-span coatings, step lifting modules, mobile support platforms, stationary lifting modules. functional interaction between lifting modules and frame columns, upper undergrowth of frame columns, lower undergrowth of lift posts, automation and robotization of vertical movement of coatings.