

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н., професора Шумакова І.В. по дисертаційній роботі Ігнатенка Олександра Олександровича «Система формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва

Оцінка офіційним опонентом рівня актуальності теми дисертаційної роботи, обґрунтованості предмета дослідження.

Актуальність дослідження обумовлена загальною потребою швидкого відновлення промислової та соціальної інфраструктури України, зруйнованої внаслідок вторгнення РФ. В умовах міської забудови та часто неможливої або ускладненої логістики застосування існуючих кранових технологій при відновленні пошкоджених та зведенні нових будівель стає неефективним. Перехід до безкранових технологій з використанням підйомних модулів (ПМ) дозволяє ефективно вирішувати ці завдання з мінімальними витратами та ризиками. Тому створення системи формування конструктивно-технологічних моделей (КТМ) підйомними модулями (ПМ) 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 (до 100 т) в зону будівництва для більшості об'єктів відновлення є неможливим; 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 промислової забудови при відновленні ВБ, де відстань між цехами мінімальна, передпідйомне розкріплення самохідних кранів ускладнене; кути повороту стріл кранів максимально обмежені;

безкранові технології з використанням ПМ дозволяють виконувати зведення ВП зі спиранням на підрошувані або суцільні колони каркаса, що зводяться;

– *економічна ефективність і енергонезалежність*; в умовах сьогодення вартість оренди потужних кранів дуже висока; системи ПМ, до складу яких входять гідравлічні або пневматичні домкрати, гідроциліндри двосторонньої дії при менших вартостях можуть працювати від мобільних генераторів, що критично важливо для відновлення об'єктів на територіях з нестабільним енергопостачанням.

З урахуванням першочергових завдань, що стоять перед вітчизняною будівельною індустрією щодо відновлення пошкоджених та зведення нових 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 будівель підйомними модулями, які вертикально переміщують передпідйомно укрупнені блоки ВП на проєктні відмітки за умови функціональної взаємодії компоновок підйомних модулів з підрошуваними або суцільними колонами каркаса, що зводиться.

Відповідність паспорту спеціальності. Зміст дисертаційної роботи Ігнатенка О.О. відповідає паспорту спеціальності 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва за такими ключовими напрямками досліджень:

– за п. 1 «Наукові основи створення та вдосконалення технології й організації будівельно-монтажних процесів, пов'язаних із зведенням, реконструкцією, реставрацією, ремонтом будинків, споруд і комплексів, зокрема в особливих умовах» робота відповідає за змістом всіх розділів.

– за п. 2 «Організаційно-технологічне проєктування будівельного виробництва, моделі, методи та рішення з урахуванням умов масового зведення об'єктів будівництва» робота відповідає за змістом наступних розділів: розділ 2 «Визначення складу та систематизація функцій конструктивно-технологічних

моделей зведення великопрогонових будівель», розділ 3 «Формування та дослідження складових конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель».

– за п. 5 «Розроблення наукових, теоретичних основ комплексної механізації та автоматизації будівельних процесів» робота відповідає за змістом наступних розділів: розділ 4 «Дослідження компоновок підйомних модулів та закономірностей їх формування», розділ 5 «Дослідження процесу оптимізації конструктивно-технологічних рішень зведення великопрогонових будівель».

– за п. 6 «Шляхи зниження енергомісткості, трудомісткості будівельної продукції» робота є відповідною за змістом розділів 3, 4, 5.

Оцінка відповідності змісту результатів роботи цільовій спрямованості науково-дослідних робіт, планів і тем. Дисертаційна робота щільно пов'язана з пріоритетними напрямками розвитку будівельної галузі, визначеними законодавчими актами України, такими як Національна програма відновлення регіонів і територій України (Закон № 2389-IX від 09.07.2022, План «Відновлення України (Розпорядження КМУ від 18.03.2024 №244), Державна стратегія регіонального розвитку на 2021–2027 рр. (Постанова КМУ від 13.08.2024 №940).

Авторські наукові напрацювання використовувалися в межах науково-дослідного проєкту кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва і архітектури «Вдосконалення теоретичних основ варіантного проєктування технологій будівництва та реконструкції об'єктів промислового та цивільного призначення» (НДР 0125U002046).

Отримані результати можуть бути впроваджені у навчальні програми будівельних закладів вищої освіти. Зокрема, методи безкранового зведення великопрогонових покриттів зі спиранням на крокові підйомні модулі або на підрощувані стовпи підйомних модулів можуть лягти в основу спеціалізованих курсів для підготовки бакалаврів і магістрів за спеціальністю G19 Будівництво та цивільна інженерія. Це сприятиме формуванню нової генерації фахівців, готових до оперативного відновлення пошкоджених та зведення нових великопрогонових будівель в умовах адаптивного будівництва.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових результатів та висновків дослідження. Обґрунтованість результатів дисертації забезпечена науковою гіпотезою, методологічним підґрунтям і застосуванням інноваційних аналітичних інструментів.

Наукова гіпотеза дисертації полягає в тому, 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.

Обґрунтованість і достовірність результатів дисертації забезпечується:

- комплексним застосуванням взаємодоповнюючих наукових методів, зокрема системного аналізу, морфологічного аналізу, структурно-логічного моделювання, функціонально-фізичного аналізу, порівняльного аналізу та оптимізаційного моделювання;

- ґрунтовним критичним аналізом значного масиву науково-технічної літератури, нормативно-технічної документації та матеріалів реалізованих проєктів;

- використанням емпіричних даних, отриманих шляхом статистичної обробки, хронометражу процесів зведення КВБ за період 1953–2026 рр.;

- проведенням порівняння альтернативних варіантів КТМ за комплексною системою критеріїв;

- логічною послідовністю та системністю дослідження від постановки проблеми до формування теоретичних основ, оптимізації та практичних рекомендацій;

- апробацією основних теоретичних положень і практичних рекомендацій у наукових публікаціях, на конференціях та в проєктній діяльності будівельних компаній.

Результати визнані обґрунтованими, аналітично виваженими та підтвердженими практичним впровадженням. Висновки повністю відповідають змісту та інноваційному характеру одержаних результатів, супроводжуються коректними чисельними розрахунками та відповідною візуалізацією.

Оцінка наукової новизни отриманих результатів дисертаційної роботи.

До провідних результатів, які визначають інноваційний характер цієї роботи, слід визнати наступні:

- розроблено теоретичні основи системи формування КТМ, що ґрунтується на дворівневій ієрархічній структурі функціональної взаємодії;
- сформовано 7 принципово нових методів безкранового зведення великопрогонових будівель;
- обґрунтовано 37 нових способів зведення ВП, технологічні принципи яких відображені у відповідних групах КТМ.

Запропонований в дисертації підхід дозволяє переходити від емпіричних рішень до науково обґрунтованого формування адаптивних технологічних моделей, що враховують конкретні умови будівельного майданчика, масу блоків покриття, висотні параметри та вимоги безпеки. Це створює методологічний фундамент для подальшого розвитку теорії безкранових монтажних технологій та їх інтеграції з роботизованими системами.

В даній дисертаційній роботі *вперше*:

- сформовано та досліджено основні складові КТМ зведення великопрогонових будівель, якими є силові технічні агрегати (стаціонарні та пересувні підйомні модулі) та несучі конструкції (збірні підрощуванні 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;
- 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, що 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 підрощуванні стовпи ПМ з одночасним забезпеченням просторової стійкості та геометричної незмінності ВП, як в процесі підйому, так й під час технологічних перерв;

- розроблено теоретичні принципи роботизації завершальної фази зведення ВП, що дозволяє виконувати автоматичне наведення та встановлення ригелів ВП у проєктне положення;

- 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, ускладненої логістики та неможливості використання 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, 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 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 багатфункціональних 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.

Висновок опонента щодо наукової новизни дисертаційної роботи в цілому. Наукова новизна одержаних результатів 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 ПМ або підрошування стовпів ПМ 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.

Теоретична цінність дослідження оцінюється як вагомий внесок у розвиток наукової підгалузі «Безкранові технології зведення великопрогонових будівель», яка є складовою науки «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». Теоретична цінність полягає в тому, що на основі системного функціонально-цільового підходу створено нову систему формування КТМ зведення великопрогонових будівель підйомними модулями. Ця система базується на представленні КТМ як динамічної сукупності функцій багатоваріантної взаємодії основних складових з елементами соціотехнічної системи перетворень.

Практична цінність результатів дисертації 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 відновлення 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, монтажники залучаються лише на етапі остаточного болтового з'єднання конструкцій;

- адаптивність технології до обмеженого монтажного простору, коли розміри будівельного майданчика не перевищують габаритів 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 створюють практичний інструментарій для оперативного відновлення пошкоджених і зведення нових будівель.

Результати дослідження можуть бути безпосередньо використані при розробці технологічних карт, проєктів виконання робіт та рекомендацій для будівельних і проєктних організацій.

Оцінка змісту і структури дисертаційної роботи. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам. Дисертація відзначається відповідністю встановленим вимогам до наукових робіт на здобуття ступеня доктора технічних наук. Її структура є логічною та підпорядкованою вирішенню теоретичних, методологічних і прикладних 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.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету і основні завдання дослідження, наукову новизну, практичне значення роботи і особистий внесок.

У першому розділі проаналізовано світові та вітчизняні тенденції зведення великопрогонових будівель, виконано оцінку трудомісткості процесів та виявлено чинники, які впливають на ефективність застосування безкранових методів монтажу.

У другому розділі наведено теоретичну базу дослідження, сформовано соціотехнічну модель перетворень будівельного майданчика та розроблено математичні моделі функціонування підйомних систем.

У третьому розділі досліджено та сформовано масив з нових методів зведення великопрогонових покриттів на підґрунті функціональної взаємодії між основними складовими конструктивно-технологічних моделей.

У четвертому розділі викладено результати моделювання ітераційних циклів підйому та проаналізовано стійкість конструкцій у транзитній підйомній фазі. Детально проаналізовані функції взаємодії між компонентами блоків компоновок підйомних модулів.

П'ятий розділ присвячено дослідженням оптимізації відібраних варіантів конструктивно-технологічних моделей та роботизації фінальної фази зведення з акцентом на питання дистанційного моніторингу підйомних процесів.

У шостому розділі визначені основні напрямки використання створеної системи формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель ПМ в будівництві.

Дисертаційна робота повністю відповідає вимогам до змісту та оформлення докторських дисертацій за спеціальністю 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. Виклад матеріалу послідовний та системний, всі теоретико-методичні та аналітико-прикладні результати, які винесено на захист, мають належне обґрунтування як у тексті дисертації, так і в тексті відповідних публікацій здобувача. Матеріали роботи оформлено відповідно до діючих нормативів. Зміст дослідження повністю узгоджується з профілем спеціальності.

Повнота відображення змісту дисертації в опублікованих працях та апробація наукових результатів. Оцінка змісту праць, опублікованих за темою дисертації, надає підстави вважати достатнім рівень відображення змісту та етапів наукового дослідження в друкованих працях. На думку опонента, повнота та якість висвітлення матеріалів дисертації в друкованих працях здобувача є належною та відповідає вимогам Наказу МОН України №1220 від 23.09.2019 р.

«Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора та кандидата наук» (із змінами, в поточній редакції). Автором за темою дисертаційної роботи загалом опубліковано 56 друкованих праць, зокрема: 6 наукових статей у виданнях, що індексуються у наукометричних базах *Scopus* та/або *Web of Science Core Collection*; 9 статей у спеціалізованих наукових виданнях та збірниках наукових праць, включених до категорії «Б» переліку фахових видань України; 16 статей у наукових періодичних виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію: 2 статті у періодичних виданнях, які додатково відображають результати дисертації. *Апробація результатів досліджень*. Основні положення дисертації, результати теоретичних досліджень оприлюднено на 23-х міжнародних науково-практичних конференціях.

Висновок офіційного опонента щодо відсутності чи наявності порушень вимог академічної доброчесності. Результати, представлені в дисертації, є підсумком тривалої та самостійної наукової діяльності здобувача. За результатами аналізу звіту про подібність, встановлено, що дисертаційна робота Ігнатенка О.О. є оригінальною, не містить ознак плагіату або несанкціонованих запозичень. Перевірка на академічну доброчесність із використанням системи StrikePlagiarism підтвердила високий рівень оригінальності тексту, рівень збігів становить 4,25%, що зумовлено виключно самоциткуванням автора. Усі запозичення в тексті дисертації супроводжуються належними бібліографічними посиланнями. Співавторські матеріали чітко ідентифіковані з відповідним розподілом внеску автора. З тексту кандидатської дисертації Ігнатенка Олександра Олександровича (захищена в 1991 р.) жодних текстів та результатів до змісту докторської дисертації не запозичено. Отже, дисертація відповідає принципам академічної доброчесності.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту роботи, рекомендації щодо подальших досліджень здобувача.

1) Опис наукової новизни роботи в сукупності у вступі дисертації та в загальній характеристиці в рефераті є достатньо узагальненим і не

супроводжується порівняльним аналізом із сучасними підходами у науковій підгалузі «Безкранові технології зведення великопрогонових будівель», яка є складовою науки «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва», хоча ці недоліки було подолано при деталізації складових новизни за рубриками «вперше», «удосконалено» та «дістало подальшого розвитку».

2) У висновках до першого розділу роботи доцільно було б вказати, як і у чому полягає принципова відмінність запропонованого автором підходу від напрацювань вітчизняних та закордонних дослідників, що існують у цій сфері. Здобувач акцентує увагу на системі формування конструктивно-технологічних модулів зведення великопрогонових будівель, визначаючи пріоритетними варіанти, які передбачають спирання ригелів у процесі вертикального переміщення, однак недостатньо розкрито питання масштабованості розробленої системи до проєктів різної складності та обсягу.

3) Відсутня оцінка адаптивності інструментарію по зведення згаданих об'єктів в умовах обмеженого технологічного простору та пошкодженої логістики. Доцільним було б надати приклади сценаріїв застосування запропонованого підходу в умовах різного рівня організаційної та технічної готовності будівельних проєктів, а також висвітлити потенційні бар'єри масштабування.

4) Вважаю, що було б доцільним створити окрему частину дисертації, присвячену аналізу ризиків (від дії технічних, технологічних, військових та ін. факторів) щодо впровадження розробленої системи у виробничу практику. Зважаючи на складність процесів у постачанні та їхню критичність для зведення великопрогонових об'єктів промислового і цивільного призначення автору слід було передбачити можливі технічні та організаційні ризики та запропонувати механізми їхнього виявлення і мінімізації.

5) Було б доречно вказати, у рамках яких конкретних проєктів або демонстраційних сценаріїв відбувалася апробація системи формування КТМ зведення ВБ підйомними модулями. Додатково наявність провідних кількісних показників ефективності за окремими проєктами (базами впровадження),

наприклад, скорочення тривалості процесів підйому, зниження трудомісткості монтажу або підвищення рівня безпеки висотних робіт суттєво посилила б аргументованість наукових висновків.

б) Додатково варто зазначити, що у висновках дисертації не отримало належного висвітлення пріоритетних напрямків використання та масштабування створеної системи формування конструктивно-технологічних модулів при зведенні будівель без висотних обмежень з використанням крокових модулів, які переміщуються між спареними колонами каркаса, попередньо змонтованими на всю проєктну висоту.

Однак, на мою думку, наведені зауваження принципово не змінюють загалом позитивної оцінки виконаної здобувачем науково-кваліфікаційної праці, на яку заслуговує представлена дисертація щодо новизни, теоретичної та практичної цінності та інших відповідно встановлених вимог.

Загальний висновок офіційного опонента.

Дисертаційна робота Ігнатенка Олександра Олександровича є самостійним, завершеним науковим кваліфікаційним дослідженням, у межах якого вирішена актуальна теоретико-прикладна проблема сучасного будівництва – створена система формування конструктивно-технологічних моделей зведення великопрогонових будівель підйомними модулями.

Зміст роботи повністю відповідає паспорту спеціальності 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. За рівнем наукової новизни, ступенем обґрунтованості положень і висновків, практичною значущістю, методологічною зрілістю та відповідністю формальним вимогам подана дисертація повністю відповідає вимогам пунктів 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 р. №1197, а також положенням Наказу МОН України від 23.09.2019 р. №1220 (із змінами). Тому вважаю, що у спецради Д 6.056.03 Київського національного університету будівництва і архітектури є всі підстави про прийняття рішення щодо присудження автору дисертації Ігнатенку Олександру Олександровичу

наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри технології та

організації будівельного виробництва

Навчально-наукового інституту

будівництва та цивільної інженерії

Харківського національного університету

міського господарства імені О.М. Бекетова



Ігор ШУМАКОВ

