ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

д.т.н, професора Шумакова Ігоря Валентиновича, завідувача кафедри технології та організації будівельного виробництва Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова на дисертаційну роботу Божинського Михайла Олександровича «Удосконалення організаційно-технологічних рішень з ліквідації наслідків аварійних руйнувань промислових будівель», подану до разової спеціалізованої вченої ради PhD 119.192 в КНУБА на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 19 Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

1. Актуальність теми дослідження.

Особливостями сучасного етапу розвитку будівельної галузі України є існування в умовах повномасштабного вторгнення та постійного пошкодження будівельних об'єктів внаслідок бойових дій, а отже, значного збільшення обсягів та складності ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру та впливів, що не передбачені при проєктуванні.

Особливої уваги потребують промислові каркасні будівлі, які є одними з основних цілей обстрілів, та при цьому забезпечують критично важливу виробничу діяльність. Виконання протиаварійних заходів, тимчасового підпирання, підсилення, демонтажу пошкоджених конструкцій та подальшого відновлення потребує прийняття обґрунтованих організаційно-технологічних рішень в умовах обмеженості часу та ресурсів.

Підвищення ефективності робіт з ліквідації наслідків аварійних руйнувань дозволяє зменшити час до відновлення експлуатації промислових об'єктів та об'єктів критичної інфраструктури, що має не лише технічне, а й оборонне та соціально-економічне значення, адже від швидкості та ефективності цих робіт залежить стабільність виробництва, економіки, збереження робочих місць, екологічна безпека та рівень захисту населення.

Наявні підходи щодо організації будівельного виробництва, як правило, орієнтовані на наперед визначені умови виконання робіт, хоча для процесів ліквідації наслідків аварійних руйнувань характерною є суттєва невизначеність вхідної інформації за необхідності швидкого коригування технологічних рішень

і високій небезпеці для працівників. Крім того існуючі принципи ліквідації наслідків аварійних руйнувань не повною мірою враховують сучасні ризики, зокрема вторинні обвали, вплив залишкових навантажень, нестабільність частково пошкоджених конструкцій та високу змінність аварійних ситуацій. Все це визначає необхідність удосконалення організаційно-технологічних рішень, які б базувалися на системному аналізі та адаптивних підходах.

Дисертаційна робота Божинського М. О. є актуальною, адже присвячена вирішенню зазначених наукових і технічних завдань, а її тема повністю відповідає реальним потребам розвитку будівельної галузі в умовах повномасштабного вторгнення та цифрової трансформації.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами і темами.

Дисертаційне дослідження відповідає державним пріоритетам науково-технічного розвитку України та прямо пов'язане з законами, програмами та постановами, що регламентують безпеку, аварійне реагування та відновлення конструкцій. Зокрема, робота відповідає основним напрямам, визначеним Законом України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» № 2623-III від 11.07.2001, Постановою Кабінету Міністрів України № 476 від 30.04.2024 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні» та Указом Президента України № 266/2022 від 21.04.2022 «Питання Національної ради з відновлення України від наслідків війни».

Дисертаційне дослідження спрямовано на розвиток та доповнення положень чинних стандартів і нормативних документів у будівництві, в першу чергу, ДСТУ 9288:2024 щодо організації і технології ремонту, підсилення та відновлення будівельних об'єктів, ДСТУ 9258:2023 щодо організації виконання будівельних робіт, ДСТУ 9273:2024 щодо обстеження будівель і споруд та оцінювання їхнього технічного стану, а також ДБН В.1.2-14:2018, ДСТУ 9294:2024 та ін.

Робота відповідає тематичній спрямованості науково-дослідних робіт Державного підприємства «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького» Міністерства інфраструктури України і виконане за науковими напрямками його діяльності. При цьому отримані результати відповідають сучасним тенденціям цифровізації будівельної сфери.

3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень та результатів. Обґрунтованість та достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується застосуванням комплексу загальнонаукових і спеціальних методів, зокрема, методів аналізу, систематизації, класифікації та синтезу з метою визначення типових особливостей аварійних руйнувань промислових будівель і формування сукупності організаційно-технологічних рішень щодо ліквідації їх наслідків.

Проблема неповноти та неоднозначності вхідної інформації для оцінювання альтернатив організаційно-технологічних рішень обґрунтовано вирішується через використання нечітких експертних оцінок та інших методів багатокритеріального аналізу. Для оцінювання часових параметрів виконання робіт в умовах невизначеності в дослідженні застосовано метод PERT.

Прикладна практична основа проведеного дослідження підтверджується проведеними обстеженнями реальних об’єктів, аналізом характерних конструктивних схем наявних промислових будівель та технологічних обмежень під час виконання протиаварійних заходів в умовах, в яких знаходиться Україна.

В цілому застосований автором методологічний апарат відповідає поставленим науково-прикладним задачам, є обґрунтованим та повністю відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

4. Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи загалом полягає в удосконаленні методів формування, оцінювання та вибору ефективних організаційно-технологічних рішень із ліквідації наслідків аварійних руйнувань промислових будівель.

Вперше:

розроблена класифікація факторів для забезпечення більш ефективного скорочення тривалості виконання робіт із ліквідації наслідків аварійних руйнувань та підвищення ефективності прийняття рішень при відборі альтернативних методів відновлення згідно їх організаційно-технологічних характеристик;

розроблена система вибору принципу відновлення з використанням баз даних;

сформований інструментарій для визначення найшвидшого методу відновлення пошкоджених конструкцій.

Удосконалено:

науково-методичний апарат організації будівництва щодо прийняття організаційно-технологічних рішень на основі теорії нечіткої логіки з урахуванням невизначеності;

метод проведення відновлювальних робіт з використанням монтажного майданчика на мостовому крані з можливістю підпирання пошкоджених багатопрольотних конструкцій внаслідок впливів, не передбачених при проєктуванні;

методичне обґрунтування впровадження методів відновлення на основі ефективності організаційно-технологічних рішень щодо тривалості виконання робіт.

Набули подальшого розвитку:

методи відновлення пошкоджених конструкцій з залученням наявного обладнання підприємств;

підходи щодо інформаційного забезпечення вибору організаційно-технологічних рішень із використанням структурованих даних про характерні пошкодження конструкцій і відповідні способи ліквідації їх наслідків.

5. Практичне значення результатів дисертації.

Полягає у встановленні можливості та ефективності залучення наявного мостового вантажопідйомного обладнання промислових цехів для виконання

аварійно-відновлювальних робіт після аварійних руйнувань конструкцій каркасів промислових будівель, спричинених впливами, не передбаченими при проєктуванні. При цьому відбувається: скорочення тривалості ліквідації наслідків аварійних руйнувань і залучення технічних ресурсів в цілому; мінімізація витрат на доставку спецтехніки; прискорення демонтажу, підпирання та відновлення пошкоджених елементів конструкцій; підвищення безпеки персоналу за рахунок зменшення обсягу ручних та ризикованих операцій.

Особливого значення набуває отримання можливості систематизованого порівняння способів виконання протиаварійних і відновлювальних робіт із врахуванням фактичних умов будівельного майданчика та обґрунтування вибору технологічного варіанту за набором отриманих критеріїв.

Результати дослідження можуть бути використані під час розроблення програм, проєктів виконання робіт, технологічних карт протиаварійних та відновлювальних заходів для пошкоджених будівель, а також впроваджені в освітній процес для підготовки фахівців із будівництва та цивільної інженерії.

Слід відмітити вже наявне впровадження результатів дослідження у діяльність ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В. С. Балицького», ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського» та ТОВ «КДК ІНЖИНІРИНГ».

6. Повнота викладу наукових результатів у опублікованих працях та апробація результатів дослідження.

Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 15 наукових працях: 1 стаття у періодичному науковому виданні іноземної держави (The Scientific Heritage), 1 стаття у науковому фаховому виданні України категорії «А», 5 статей у наукових фахових виданнях України (категорія «Б») та 8 публікацій у матеріалах міжнародних і всеукраїнських наукових та науково-практичних конференцій.

Кількість та обсяг опублікованих праць дозволяють зробити висновок щодо повноти висвітлення результатів дисертаційного дослідження як у публікаціях, так і при апробації на конференціях.

7. Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення.

Дисертація складається із анотації, змісту, вступу, основної частини в складі чотирьох розділів, що містять у собі 16 підрозділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел обсягом 155 найменувань, 8 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 141 сторінка друкованого тексту. Робота ілюстрована 49 рисунками та 24 таблицями.

Назва дисертаційної роботи повною мірою відповідає змісту та результатам дослідження, представленим до захисту за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Дисертаційна робота структурована та відповідає послідовності виконання поставлених завдань дослідження та досягненню поставленої мети.

У *вступі* обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, її зв'язок із науковими програмами, визначено об'єкт та предмет дослідження. Сформульовано мету та вказано завдання для її досягнення. Наведено та розкрито наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, а також методи дослідження. Зазначено особистий внесок здобувача та наведено дані про апробацію результатів дисертації і публікації.

У *першому розділі* розглянуті особливості аварійних руйнувань промислових будівель, причини виникнення та характер пошкоджень їх конструкцій. Проаналізовані існуючі підходи до організації робіт із ліквідації наслідків аварійних руйнувань, способів підсилення та демонтажу пошкоджених конструкцій, досвід використання будівельної оснастки, монтажних засобів, тимчасових опорних систем, що застосовуються для ліквідації наслідків аварійних руйнувань. Визначені основні чинники, які ускладнюють прийняття організаційно-технологічних рішень за умов аварійного стану будівель. В результаті остаточно сформовані мета та завдання дослідження.

У *другому розділі* розроблено методичні засади дослідження організаційно-технологічних рішень, визначено підходи до систематизації вхідної інформації та формування критеріїв оцінювання альтернатив. Обґрунтовано застосування методів експертного оцінювання та багатокритеріального аналізу для вибору

ефективних способів виконання робіт з урахуванням наявних ресурсних, технологічних, часових та безпекових обмежень. Визначено та досліджено фактори та критерії, що впливають на скорочення часу, необхідного для ліквідації наслідків аварійних руйнувань. При цьому виділені три основні фактори першого порядку, які, в свою чергу, поділяються на три фактори другого порядку, а загалом 45 систематизованих критеріїв розподілено між факторами другого порядку. Виконана систематизація наслідків аварійних ситуацій з виділенням в основну групу тих, що безпосередньо впливають на функціонування промислових підприємств і критичної інфраструктури та процеси відновлення їх пошкоджених конструкцій. Сформовано основні принципи створення інформаційно-математичної системи, що інтегрує бази даних технічних рішень; описано основні функції, завдання, структуру та взаємодію програмних модулів цієї системи, які необхідно реалізувати для досягнення поставлених цілей.

У *третьому розділі* сформовано інформаційно-математичний інструментарій оцінювання та вибору альтернативних організаційно-технологічних рішень. Виконано ранжування факторів та критеріїв, що впливають на зменшення тривалості ліквідації наслідків аварійних руйнувань. Встановлено глобальні рейтинги критеріїв оцінювання їх впливу на скорочення тривалості ліквідації наслідків аварійних руйнувань для проведення аналізу тривалості будь-яких сценаріїв відновлення пошкоджених конструкцій промислових будівель. Сформульовано узагальнену (ідеалізовану) модель об’єкта дослідження з урахуванням даних звітів про технічне обстеження та аналізу розповсюдженості основних типів несучих конструкцій промислових будівель. Розроблено концепцію та методику інформаційного моделювання протиаварійного підсилення, при цьому запропоновано одинадцять етапів такого моделювання: від моделювання пошкодження конструкції до розрахунку тимчасового підпирання та підсилення пошкодженої конструкції. Розглянуто чотири моделі (сценарії) відновлення пошкоджених конструкцій будівлі, що використовують різні методи відновлення (традиційні та з використанням монтажного майданчика, що встановлюється на мостовий кран), визначено й

порівняно час виконання для кожного з обраних методів із застосуванням методу експертного оцінювання.

У *четвертому розділі* розглянуто можливості практичного використання запропонованих організаційно-технологічних рішень. Зокрема, представлено деталізовану структуру програмних модулів «Інформаційно-математичної системи оптимізації підсилення» (ІМСОП). Наведено приклад нелінійного розрахунку багатопролітної залізобетонної аркової ферми з метою вибору протиаварійного підсилення, за результатами якого визначені зусилля у тимчасових підпірках під час підйому пошкодженої конструкції домкратами для різних сценаріїв встановлення підпірок, а також підтверджено відсутність загального руйнування ферми на кожному етапі для всіх сценаріїв. Представлено приклад практичного застосування монтажного майданчика, встановленого на мостовий кран, для відновлення конструкцій пошкодженої багатопролітної металевої ферми. Наведені напрацювання щодо створення технічної карти з використання та встановлення монтажного майданчика на конструкції мостових кранів у промислових будівлях.

Загальні висновки в повній мірі відображають зміст наукових та практичних результатів і відповідають поставленим завданням.

8. Зауваження за текстом дисертації.

1. Основний інноваційний сценарій аварійно-відновлювальних робіт S4 «Монтажний майданчик + ІМСОП», розглянутий у роботі, включає в себе кілька операцій, пов’язаних з обстеженням (діагностикою) конструкцій та прийняттям рішень на його основі. Доцільно було б розглянути можливий вплив нових та поступово впроваджуваних технологій на їх тривалість, зокрема, застосування штучного інтелекту, безпілотних апаратів та цифрових двійників.

2. Корисним було б узагальнити та окреслити можливі межі застосування комплексу пропонованих у дисертації підходів до аварійно-відновлювальних робіт (включених у сценарій S4 «Монтажний майданчик + ІМСОП»), наприклад, стосовно особливостей конструктивних рішень промислових споруд, їх стану та виробничих процесів.

3. В роботі основним показником ефективності розглянутих сценаріїв обраний час їх виконання. Доцільним було б хоча б попередньо провести їх порівняння з економічної точки зору, враховуючи характерну для сучасної України обмеженість фінансових ресурсів.

4. У дослідженні використані методи багатокритеріального аналізу для вибору раціональних організаційно-технологічних рішень. При цьому в дисертації відсутня оцінка ступеню взаємозалежності окремих критеріїв, оскільки можливе подвійне врахування впливу окремих чинників під час визначення інтегральних оцінок альтернатив.

5. Розглянуті сценарії аварійно-відновлювальних робіт S3 «Монтажний майданчик» та S4 «Монтажний майданчик + ІМСОП» включають операцію 4.1 «Перевірка технічного стану підкранових конструкцій та працездатності мостового крану» (див. додаток Г), яка передбачає перевірку електропостачання крану, термінові роботи щодо його відновлення, візуальний огляд підкранових балок та рейок, тестовий проїзд. При цьому не розглянутий варіант наявності пошкоджень конструкцій мостового крану та опорних для нього конструкцій, які є ознаками зниження їх несучої здатності, що є достатньо ймовірним наслідком влучання при обстрілі. Зниження несучої здатності конструкцій може бути помірним, а залишкова несуча здатність достатньою для проведення аварійно-відновлювальних робіт, але отримання такого висновку може зайняти більший час, ніж зазначено у табл. Г.1.

6. Однією з найбільш корисних розробок дисертації є Інформаційно-математична система оптимізації підсилення (ІМСОП), що складається з модулів «Ввід інформації про будівлю», «Обстеження технічного стану», «Аналітичний», «Розрахунковий», «Підпирання», «Відновлення», «Формування звіту». При цьому в роботі не розглянуті можливі використання та вплив наразі активно впроваджуваного штучного інтелекту на структуру та особливості роботи ІМСОП, наприклад, для обробки даних окремих етапів і видів діагностики, а також для загального аналізу даних, розробки висновків, прийняття відповідних рішень та формування звіту.

Рекомендації щодо подальших досліджень.

Отримані М. О. Божинським науково-практичні результати створюють основу для подальшого розвитку теоретичних і прикладних основ ефективних організаційно-технологічних рішень з ліквідації наслідків аварійних руйнувань будівель і споруд. Офіційний опонент вважає за доцільне рекомендувати здобувачу спрямувати подальші науково-прикладні пошуки за такими основними напрямами:

1. *Розвиток розроблених підходів щодо оцінювання та вибору альтернативних організаційно-технологічних рішень ліквідації наслідків аварійних руйнувань в напрямку залучення більшої кількості показників ефективності:* наразі в роботі основним показником ефективності розглянутих сценаріїв є час їх виконання, доцільним є також залучення економічних показників.

2. *Створення основ для універсалізації застосування системи ІМСОП для більш широкого спектру будівель, споруд та їх конструктивних рішень:* представлена структура ІМСОП має ознаки універсальності та можливості розширення сфери використання на увесь спектр існуючих будівель і споруд, що можуть зазнавати аварійних руйнувань.

3. *Поглиблення автоматизації інтелектуальної складової операцій з ліквідації наслідків аварійних руйнувань з залученням штучного інтелекту, безпілотних технологій та цифрових двійників будівель і споруд:* враховуючи критичність зменшення часу та безпеки при виконанні протиаварійних робіт, доцільним є впровадження сучасних технологій, що можуть ще більше скоротити час на огляди та обстеження, прийняття рішень та ініціалізацію їх реалізації, а також збільшити безпеку виконання робіт, за одночасного збереження необхідного контролю збоку відповідальних осіб.

У цілому дисертаційна робота є завершеною, методологічно обґрунтованою та такою, що відповідає сучасним вимогам до наукових робіт рівня доктора філософії, а наведені зауваження мають рекомендаційний характер і спрямовані на подальше збільшення науково-прикладного потенціалу

результатів. Жодне із зауважень не є таким, що б знижувало загальну цінність розглянутого дисертаційного дослідження та могло б блокувати позитивне рішення ради, всі вони відкриті для конструктивного обговорення під час захисту.

9. Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії…».

Дисертаційна робота за актуальністю, змістом, обсягом, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р., а саме пунктам 5-9.

10. Загальний висновок.

Кваліфікаційна наукова праця Божинського Михайла Олександровича на тему «Удосконалення організаційно-технологічних рішень з ліквідації наслідків аварійних руйнувань промислових будівель», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, є завершеною, самостійно виконаною, має важливе теоретичне та практичне значення для будівельної галузі.

Виконане дослідження характеризується внутрішньою цілісністю, системністю, новизною та обґрунтованістю наукових положень. Автором успішно виконано розвиток та удосконалення сучасних підходів до формування, порівняння та вибору організаційно-технологічних рішень аварійно-відновлювальних заходів із використанням методів експертного оцінювання, багатокритеріального аналізу й інформаційно-математичного моделювання з врахуванням обмеженості вхідної інформації, часу, ресурсів і можливостей наявного технологічного обладнання промислових будівель.

Основні положення, висновки, рішення та рекомендації дисертації достатньо повно апробовані в наукових публікаціях та апробаційних заходах, а також пройшли перевірку практичною реалізацією у прикладній проєктній

роботі. Зауваження та дискусійні положення, зазначені у відгуку, мають рекомендаційний характер, не знижують загальну наукову та прикладну цінність дисертаційного дослідження та спрямовані на визначення напрямів потенційної наукової роботи автора.

За своєю актуальністю, науковою новизною, теоретичним рівнем і практичним значенням дисертаційна робота Божинського Михайла Олександровича «Удосконалення організаційно-технологічних рішень з ліквідації наслідків аварійних руйнувань промислових будівель» повністю відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України, а її автор, Божинський Михайло Олександрович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво).

Офіційний опонент:
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технології та
організації будівельного виробництва
Харківського національного університету
міського господарства імені О.М. Бекетова Ігор ШУМАКОВ

Підпис