РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Бендерського Сергія Олександровича на тему: «Технологія ремонту кам'яних стін ін'єктуванням тріщин», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Ознайомлення з дисертаційним дослідженням Бендерського С. О., присвяченим технології ремонту кам'яних стін шляхом ін'єктування тріщин, а також аналіз його опублікованих праць дозволяють сформувати цілісне уявлення про високий рівень виконання роботи, аргументованість основних наукових положень і їхню значущість для сучасної будівельної галузі.

Актуальність теми дисертаційної роботи

Сучасна будівельна галузь України стикається з безпрецедентними викликами: через бойові дії та військову агресію росії сотні тисяч будівель і споруд зазнали руйнувань різного ступеня. Серед житлового та громадського фонду величезну частку становлять безкаркасні будинки з несучими кам'яними стінами. Найпоширенішим дефектом і пошкодженням таких конструкцій є тріщини різного просторового положення та ширини розкриття, які можуть критично знижувати несучу здатність і довговічність будівель.

Чинні нормативні документи пропонують чимало методів ремонту (від зачеканки до ін'єктування та влаштування зовнішніх обойм), проте більшість із них ефективна виключно для ремонту конструкцій з повнотілої цегли. Водночас вході будівництва та реконструкції будівель останніх десятиліть активно використовують енергоефективні керамічні блоки та порожнисту цеглу, для яких проєктні рішення чи нормативні вказівки щодо ін'єктування тріщин фактично відсутні. Крім того, в умовах обмежених ресурсів на відбудову критично важливо не просто відновити цілісність кладки, а й оптимізувати техніко-економічні показники: скоротити час робіт, зменшити трудомісткість та знизити кошторисну вартість. Саме тому розробка вдосконаленої технології ремонту кам'яних стін

ін'єктуванням тріщин – як для повнотілих, так і для порожнистих елементів – є надзвичайно актуальною науково-технічною задачею.

Робота виконана відповідно до:

• Постанови Кабінету Міністрів України від 15 листопада 2022 р. № 1342 «Про затвердження особливостей проведення окремих видів робіт на об'єктах культурної спадщини в умовах воєнного стану».

• Постанови Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 473 «Порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд».

Мета роботи та наукова новизна отриманих результатів

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності ремонту кам'яних стін шляхом встановлення раціональних параметрів і режимів процесу ін'єктування тріщин.

Для досягнення поставленої мети здобувачем вирішено такі *завдання*:

• проаналізовано чинники, що призводять до виникнення дефектів та пошкоджень кам'яних конструкцій; виконано аналіз існуючих технологій ремонту та підсилення кам'яних конструкцій із тріщинами; виокремлено технологічні чинники, що впливають на якісні показники ремонту;

• розроблено загальну методику дисертаційного дослідження та виявлено найбільш впливові чинники;

• експериментально досліджено та встановлено вплив технологічних чинників на якісні показники відремонтованих конструкцій;

• розроблено вдосконалену технологію ремонту кам'яних конструкцій ін'єктуванням тріщин із застосуванням як для конструкцій із повнотілих каменів, так і з порожнистих елементів; досліджено техніко-економічні показники та проведено апробацію в натурних умовах на будівельних об'єктах.

Наукова новизна одержаних результатів

Автором на захист винесено положення, наукова новизна яких полягає в наступному:

• вперше виявлено вплив технології ремонту кам'яних стін ін'єктуванням тріщин на проєктні показники відремонтованих конструкцій, що підтверджено закономірностями міцності зчеплення з основою, розповсюдженням матеріалу по тріщині та міцністю на згин відновлених конструкцій від технологічних чинників, що виникають у процесі ремонту, а саме: спосіб підготовки основи, вид ремонтного матеріалу, наявність наповнювача, вид матеріалу конструкції, напрямок ін'єктування матеріалу, ширина розкриття тріщини, спосіб влаштування пакерів. Встановлено характер розповсюдження ремонтного ін'єкційного розчину по тріщині залежно від його виду (полімерний/цементний) та типу каменів з яких зведено конструкцію (повнотіла цегла, керамічний блок, порожниста цегла). Отримано нові техніко-економічні закономірності;

• удосконалено методичні підходи до дослідження технології ремонту кам'яних конструкцій, у тому числі методику експериментальних досліджень з розширенням переліку технологічних чинників, що потребують врахування під час виконання ремонтних робіт;

• отримали подальший розвиток теоретичні засади технології ремонту тріщин кам'яних конструкцій ін'єктуванням, які полягають у встановленні допустимих меж технологічних чинників, що забезпечують досягнення необхідних проєктних показників відремонтованої конструкції.

Оцінка змісту, структури дисертації, її завершеності та оформлення

Дисертація включає вступ, чотири розділи з висновками до них, загальні висновки, список використаних джерел (107 найменувань) та чотири додатки. Робота викладена на 193 сторінках (основний текст — 146 сторінок), містить 71 рисунок та 26 таблиць.

• У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет, наукову новизну та практичне значення результатів.

• У першому розділі наведено результати аналізу звітів з технічного обстеження пошкоджених будівель, класифіковано чинники виникнення тріщин

(тривалої та короткотривалої дії, зокрема внаслідок військових дій), а також виконано огляд існуючих технологій ремонту і підсилення.

• У другому розділі за допомогою методу експертних оцінок (шкала Сааті, метод приписування балів та попарних порівнянь) визначено пріоритетність технологічних чинників, розроблено загальну методику досліджень та описано використані матеріали й обладнання.

• У третьому розділі наведено результати чотирьох етапів експериментальних досліджень: вивчення впливу підготовки основи на адгезію, ефективності додавання наповнювачів, розтічності матеріалів по умовній тріщині для визначення кроку пакерів і міцності на згин відновлених цегляних стовпів.

• У четвертому розділі розроблено вдосконалену технологію ремонту кам'яних стін ін'єктуванням тріщин, виконано техніко-економічне обґрунтування (яке довело зменшення тривалості, трудомісткості та вартості робіт порівняно з класичними методами) та наведено довідки про успішну апробацію результатів на 5 об'єктах закладів освіти Житомирської та Одеської областей.

Повнота викладення наукових положень у публікаціях

Основні результати дисертації опубліковано у 14 наукових працях, серед яких 3 статті у періодичних виданнях, що індексуються в базах Scopus та/або Web of Science, 3 фахові статті України категорії «Б», 1 типова технологічна карта та 7 тез доповідей на конференціях. Публікації повністю відображають зміст і результати наукової праці.

Зауваження та дискусійні питання

Незважаючи на високу загальну якість дисертаційної роботи, доцільно висловити такі зауваження та дискусійні міркування:

1. Методи досліджень (ст. 26) передбачають синтез результатів експериментів. Варто було вказати які саме узагальнення було встановлено в результаті проведення багатофакторних експериментів.

2. Досліджуючи розтічність ремонтних матеріалів по умовній тріщині (Розділ 3), автор розглядає повнотілу та порожнисту цеглу, а також керамічні блоки. Варто було б окремо проаналізувати вплив внутрішньої геометрії та лабіринтної структури пустот керамічних блоків на ймовірність витоку ін'єкційного розчину в суміжні порожнини, що потенційно може збільшити фактичні витрати матеріалу.

3. Використання кварцового піску як попереднього наповнювача для широких тріщин є цікавим і економічно обґрунтованим рішенням. Однак у висновках доцільно було б чіткіше окреслити нижню та верхню межу ширини розкриття тріщин, за якої таке попереднє заповнення є технологічно доцільним і не перешкоджає повноцінному проникненню полімерної композиції.

4. У роботі не вистачає рекомендацій щодо забезпечення безпеки праці та контролю якості на етапі будівельно-монтажних робіт в умовах вже пошкоджених та ослаблених стінових конструкцій.

5. Серед апробаційних об'єктів зазначено кілька навчальних закладів у Житомирській та Одеській областях. Було б добре навести дані щодо подальшого моніторингу стану відремонтованих ділянок стін під час їх реальної експлуатації в осінньо-зимовий період (зокрема в умовах циклічного перепаду температур і вологості).

6. У пункті 3.4 при проведенні досліджень спрямованих на дослідження розповсюдження ремонтних матеріалів по умовній тріщині вказані їх висоти підйому. Наприклад, при дослідженні матеріалу Едмок ін'єкційний вказано, що висота підйому складає 27 см, а потім ін'єктування припинили. Не зрозуміло, чому припинили ін'єктування – через те, що скінчився ін'єкційний матеріал чи через те, що для підйому матеріалу потрібен був більший тиск, чи матеріал не піднімався…

Вказані зауваження мають дискусійний характер і не знижують загальної високої оцінки виконаної дисертаційної роботи.

Відповідність вимогам нормативних документів

Дисертаційна робота Бендерського Сергія Олександровича на тему: «Технологія ремонту кам'яних стін ін'єктуванням тріщин» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати, вирішує актуальне науково-технічне завдання будівельної галузі та відповідає всім вимогам Постанови Кабінету міністрів України № 44 від 12 січня 2022 р. зі змінами № 507 від 03.05.2024 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії».

Здобувач Бендерський Сергій Олександрович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 — «Будівництво та цивільна інженерія» (галузь знань 19 — «Архітектура та будівництво»).

Рецензент, к.т.н., доцент, доцент кафедри будівельних технологій Київського національного університету будівництва та архітектури _____ (підпис) Володимир БАСАРАБ

Підпис Басараба В.А. засвідчую
Вчений секретар Вченої ради КНУБА, к.т.н., доцент _____ (підпис) Микола КЛИМЕНКО