

УДК 692

Г. М. Тонкачев¹

докт. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0002-6589-8822

О. С. Молодід¹,

докт. техн. наук, доцент,
ORCID: 0000-0001-8781-6579

О.О. Молодід¹,

канд. екон. наук, старш. наук. співроб.
ORCID: [0000-0001-8211-3460](https://orcid.org/0000-0001-8211-3460)

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НОВИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПРИДАТНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

У статті наведено розроблену науково-обґрунтовану методику впровадження у будівельну практику нових конструктивно-технологічних рішень відновлення будівельних конструкцій в умовах реконструкції або капітального ремонту. Дана методика базується на практичному досвіді обстеження будівельних конструкцій, встановленні типу та обсягів пошкоджень і необхідності у їхньому підсиленні. Авторами встановлено, понад 70 % ремонтно-відновлювальних робіт на конструкціях необхідно виконати за класичними технологіями, 20 % випадків потребують застосування існуючих новітніх методів, а ще майже 10 % - розробки нових методів ремонтно-відновлювальних робіт.

У публікації авторами представлена методика дослідження ефективності нових конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій. Експериментальні дослідження нових конструктивно-технологічних рішень мають виконуватися у декілька етапів: лабораторні дослідження, модельні експериментальні дослідження; перевіркою результатів в натурних умовах на будівельних об'єктах.

Розроблена структурна схема методики дослідження новітніх та нових конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, яка пропонує набір поступових кроків, що дозволяють на виході отримати нові конструктивно-технологічних рішень, що можуть застосовуватися на практиці та мати високу якість. Детально охарактеризовано кожен із етапів дослідження таких рішень, визначений набір необхідних елементів, що дозволяє

реалізувати кожен етап. У разі дослідження принципово нових і складних конструктивно-технологічних рішень на ремонтно-відновлювальні роботи будівельних конструкцій виконують натурні експериментальні дослідження. Передбачається, що такі дослідження виконують безпосередньо на одиничних конструкціях, які потребують відновлення експлуатаційної придатності та в подальшому спостерігають за ними протягом певного часу експлуатації.

Розроблена методика дозволила виконати ряд науково-дослідних робіт, за результатами яких впроваджено в будівельну практику нові конструктивно-технологічні рішення відновлення будівельних конструкцій.

Ключові слова: *методика; новітні рішення; нові рішення; конструктивно-технологічні рішення; класичні рішення; порівняння; будівництво; ремонт; реконструкція; об'єкт; техніко-економічна ефективність.*

Вступ. Нині будівельна галузь пропонує широкий асортимент будівельних матеріалів та виробів, конструктивних і технологічних рішень, які успішно застосовуються у будівельній практиці передовими країнами світу. Водночас, існує і така будівельна продукція якості якої не перевірена, але її активно просувають (рекламують) на вітчизняному будівельному ринку. На разі не існує чіткого алгоритму апробації та введення у вітчизняну будівельну практику нових (інноваційних) матеріалів, конструкцій або технологій. Положення «Про експериментальне будівництво», затверджене Міністерством України у справах будівництва та архітектури ще у 1993 р., лише окреслює цілі та констатує, що «експериментальне будівництво впроваджується з метою перевірки на практиці нових науково-технічних розробок у галузі архітектури, будівництва і будівельних матеріалів, що спрямовані на вдосконалення архітектурно-планувальних рішень будівель і забудови у цілому, зниження матеріаломісткості, підвищення експлуатаційних характеристик, енергозбереження, впровадження передових методів проведення будівельних робіт, вдосконалення нормативних документів і державних стандартів та інше» [1].

Слід зазначити, що в випадку нового будівництва, ще на етапі розроблення проектних рішень їх відразу можна адаптувати під вимоги нової будівельної продукції. А при відновленні експлуатаційної придатності існуючих будівельних конструкцій можливості адаптувати проектні рішення під продукцію вже практично відсутні, тому виникає потреба в адаптації продукції під існуючі будівельні рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Авторами виконано аналіз більше 200 звітів з технічних обстежень будівель та споруд з метою встановлення видів пошкоджень несучих будівельних конструкцій та

наданих рекомендацій з їх відновлення. При аналізі, наданих у звітах рекомендацій, виявлено, що понад 70 % ремонтно-відновлювальних робіт на конструкціях необхідно виконати за класичними технологіями [2, 3, 4, 5], у майже 20 % випадків було рекомендовано застосувати існуючі новітні методи, а ще майже 10 % - передбачали рекомендації з розробки нових методів ремонтно-відновлювальних робіт [5, 6, 7].

У науковій літературі достатньо висвітлені загальні підходи до основ наукових досліджень [8, 9, 10], про те відсутній затверджений алгоритм дій у разі необхідності застосування нових конструктивно-технологічних рішень у будівельну практику при ремонтно-відновлювальних роботах.

Постановка проблеми. Необхідність розробки науково-обґрунтованої методики дослідження ефективності нових конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, створює передумови для виконання даного дослідження.

Метою даної публікації є розробка основних засад науково-обґрунтованої методики дослідження ефективності нових конструктивно-технологічних рішень для відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій.

Виклад основного матеріалу.

При розробці нових методик експериментальних досліджень необхідно враховувати та імітувати максимально наближені до реальних умови виконання робіт та експлуатації конструкцій. Експериментальні дослідження можуть бути виконані у декілька етапів. Спершу – етап лабораторних досліджень, далі – модельні експериментальні дослідження з їх наступною перевіркою в натурних умовах на будівельних об'єктах. Слід зазначити, що експериментальні дослідження можуть бути виконані в один або два етапи, що залежить від програми досліджень та наявної інформації щодо досліджуваних рішень [11, 12]. За потреби підсилення конструкцій, перед перевіркою результатів досліджень на будівельному об'єкті, виконують додатковий уточнюючий розрахунок в якому враховують результати експериментальних досліджень.

Як зазначено раніше, перед впровадженням у вітчизняну будівельну практику новітніх та нових конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій необхідно перевірити їхню ефективність. Така ефективність може виявлятися у відповідності заявлених фізико-механічних параметрів матеріалів, конструкцій чи виробів фактичним, що підтверджується експериментальними дослідженнями. При цьому, необхідно додатково перевіряти вплив технології виконання робіт на зазначені показники. Також, ефективність технології може полягати в її техніко-економічних показниках. Саме тому передбачено виконати дослідження ефективності

новітніх та нових конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій в разі впливу на них внутрішніх та зовнішніх чинників. Для цього розроблено методику, яка представлена структурною схемою на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема методики дослідження новітніх та нових конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій [12]

У першу чергу необхідно розробити методики та методи досліджень, з урахуванням впливу чинників зовнішнього та внутрішнього середовища конструкції, що впливають на її фізико-механічні показники та на можливу технологію виконання робіт. На етапі виявлення впливу можливих чинників потрібно детально проаналізувати умови, в яких передбачається виконання ремонтно-відновлювальних робіт та умови подальшої експлуатації відновлених конструкцій. При цьому, необхідно ідентифікувати і виокремити чинники, які при впливі на виконання робіт

або на експлуатацію конструкцій ймовірно погіршуватимуть їх якісні показники. До таких чинників можуть відноситися вологість і температура конструкцій та повітря, стан конструкцій, наявність вібраційних впливів і ін. При розробці методик та методів дослідженні і виявленні чинників впливу необхідно проаналізувати науково-технічну літературу та виявити вже існуючі методики і за потреби лише вдосконалити їх.

У подальшому, відповідно до запропонованої методики (див. рис. 1), передбачається планування експериментальних досліджень під час яких розробляють та встановлюють вимоги до якісних показників матеріалів, виробів та відремонтованих конструкцій, розробляють конструктивні та технологічні рішення виконання робіт та формують комплект обладнання для проведення досліджень.

Під час розробки вимог до якісних показників, в першу чергу, потрібно керуватися вказівками нормативних документів, стандартів, регламентів та інструкціями заводу-виробника матеріалів, конструкцій чи обладнання. У разі відсутності таких вимог, їх потрібно встановити за технічною документацією іноземних держав або за даними наукових досліджень, або самостійно, керуючись набутим досвідом. Під час розробки конструктивних та технологічних рішень попередньо виконують проектування конструкцій з урахуванням їх актуального стану для проведення на них подальших експериментальних досліджень. Зокрема, встановлюють фізико-механічні показники матеріалів дослідних конструкцій, котрі повинні бути максимально наближеними до реальних конструкцій. Габаритні розміри дослідних зразків обирають залежно від виду експериментальних досліджень. За потреби, дослідні зразки (конструкції) можна штучно руйнувати для імітації реальних пошкоджень, наприклад, створити тріщини, порожнини або зменшити перетин армування і ін.

Комплект обладнання для експериментальних досліджень формують відповідно до запланованих випробувань. До обладнання повинно входити таке, що використовується безпосередньо в дослідженнях фізико-механічних показників (морозильні камери для імітації умов зміни температурного режиму, преси для створення навантаження на конструкції, контейнери зі спеціальними розчинами для вистоювання зразків у специфічних умовах і ін.) та таке, за допомогою якого, оцінюють критерії якості (преси для визначення міцності на стиск, розривні машини для визначення міцності на розтяг або розрив, адгезіометри для визначення міцності зчеплення матеріалів, мікроскопи для встановлення виду та ступеню пошкоджень і ін.).

Після завершення підготовчих робіт розпочинають експериментальні дослідження, метою яких є визначення конструктивної та технологічної

ефективності ремонтно-відновлювальних робіт. На самперед необхідно виконати лабораторні експериментальні дослідження основною задачею яких є встановлення якісних показників відновлення експлуатаційних властивостей будівельних конструкцій на невеликих дослідних зразках в лабораторних умовах зі створенням умов виконання робіт та витримування зразків максимально близьких до натурних. Для підтвердження та уточнення отриманих результатів лабораторних досліджень, за потреби, виконують модельні експериментальні дослідження. Такі дослідження виконують на масштабних дослідних зразках з максимальною імітацією впливу реальних чинників.

У разі дослідження принципово нових і складних конструктивно-технологічних рішень на ремонтно-відновлювальні роботи будівельних конструкцій виконують натурні експериментальні дослідження. Передбачається, що такі дослідження виконують безпосередньо на одиничних конструкціях, які потребують відновлення експлуатаційної придатності та в подальшому спостерігають за ними протягом певного часу експлуатації. Якщо впродовж зазначеного часу експлуатації не відбулося погіршення стану конструкцій і елементи відновлення повністю виконують свої функції, то такі рішення можуть використовуватися при відновленні подібних конструкцій.

Завершальним етапом циклу експериментальних досліджень є розробка рекомендацій на ремонтно-відновлювальні роботи будівельних конструкцій за результатами отриманих даних. У подальшому на основі отриманих рекомендацій розробляють проектні рішення та впроваджують такі результати досліджень у будівельну практику.

За розробленою методикою вже виконано ряд науково-дослідних робіт, за результатами яких впроваджено в будівельну практику нові конструктивно-технологічні рішення відновлення будівельних конструкцій.

Висновки. Відсутність алгоритму апробації та введення у вітчизняну будівельну практику нових (інноваційних) матеріалів, конструкцій або технологій викликала потребу в розробці спеціалізованого інструментарію, зокрема: науково-методичні положення експериментальних досліджень КТР з відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій, які базуються на їх плануванні, обґрунтуванні вимог до якісних показників відремонтованих конструкцій та розробці інструментарію виконання досліджень. Одним із небагатьох нормативних документів, що регламентують використання таких конструктивно-технологічних рішень є Положення «Про експериментальне будівництво», затверджене Міністерством України у справах будівництва та архітектури ще у 1993 р.

У випадку нового будівництва, ще на етапі розроблення проектних рішень їх відразу можна адаптувати під вимоги нової будівельної

продукції. А при відновленні експлуатаційної придатності існуючих будівельних конструкцій можливості адаптувати проектні рішення під продукцію вже практично відсутні, тому виникає потреба в адаптації продукції під існуючі будівельні рішення.

Перед впровадженням у вітчизняну будівельну практику новітніх та нових конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій необхідно перевірити їхню ефективність. Така ефективність може виявлятися у відповідності заявлених фізико-механічних параметрів матеріалів, конструкцій чи виробів фактичним, що підтверджується експериментальними дослідженнями. Також, необхідно перевіряти вплив технології виконання робіт на зазначені показники.

Методика дослідження новітніх та нових конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій включає в себе наступні етапи та складові частини:

- розробка методики і методів дослідження;
- виявлення чинників, які впливають на фізико-механічні показники відновлення конструкції та на технологію виконання робіт
- планування експериментальних досліджень:
 - формування комплексу обладнання;
 - розробка конструктивних та технологічних рішень;
 - розробка вимог до якісних показників;
- виконання лабораторних досліджень та оцінка їх проведення;
- модельні експериментальні дослідження та оцінка їх проведення;
- натурні експериментальні дослідження та оцінка їх проведення;
- розробка рекомендацій на виконання ремонтних робіт будівельних конструкцій;
- впровадження результатів досліджень у будівельну практику.

Розроблена методика дозволила виконати ряд науково-дослідних робіт, за результатами яких впроваджено в будівельну практику нові конструктивно-технологічні рішення відновлення будівельних конструкцій.

Список літератури:

1. Про затвердження положення про експериментальне будівництво: наказ Міністерства у справах будівництва і архітектури від 27.12.1993р. № 245 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0025-94#Text> (дата звернення: 13.08.2022)
2. ДСТУ Б В.3.1-2:2016. Видання. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд [На зміну ДБН В.3.1-1-2002; чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 72 с.

3. Шагин А. Л., Бондаренко Ю. В., Гончаренко Д. Ф. Реконструкция зданий и сооружений : М.: Высш. шк., 1991, 352 с.
4. Савйовський В. В. Реконструкція будівель і споруд: навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2018, 320 с. ISBN 978-617-7507-70-2
5. Зведення спеціальних будівель і споруд [Текст] : навч. посіб. / Савйовський В. В., Молодід О. С. - Київ : Ліра-К, 2018. - 239 с.
6. Молодід О., Шарикіна Н. Експериментальні дослідження технології відновлення нижньої поверхні залізобетонних конструкцій з використанням опалубки. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. 2018.* Вип. 35. С. 173 -182.
7. Савйовський В., Молодід О., Малець Н. Підсилення залізобетонних балочних конструкцій зовнішнім армуванням. *Управління розвитком складних систем. 2017.* №29. С. 198 – 204.
8. Терновий В. Основи наукових досліджень: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2016. 57 с.
9. Гришук Ю. Основи наукових досліджень: навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2008. 232 с.
10. ДБН В.1.2-5:2007 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: МінбудУкраїни, 2008. 16 с.
11. Технологія влаштування реставраційної цем'янкової штукатурки [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / Молодід Олександр Станіславович ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. - К., 2013. - 19 с.
12. Система формування конструктивно-технологічних рішень відновлення експлуатаційної придатності будівельних конструкцій: автореф. дис. ... д. т. н. : 05.23.08 - Технологія та організація промислового та цивільного будівництва / О. С. Молодід; Київський національний університет будівництва і архітектури. — 2021.

References:

1. On approval of the regulations on experimental construction, order of the Ministry of Construction and Architecture № 245 (2019) (Ukraine). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0025-94#Text> [in Ukrainian]
2. Scientific and research institute of building structures. (2016). *Repair and reinforcement of load-bearing and enclosing building structures and foundations of buildings and structures* (DSTU В В.3.1-2: 2016). http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66126 [in Ukrainian].
3. Shagin, A., Bondarenko, Yu., & Honcharenko, D. (1991). *Reconstruction completed and constructed*. М.: Higher sh. 352 p. [in Russian]

4. Savyovsky V.V (2018). *Reconstruction of buildings and structures: textbook. way*. Kyiv: Lira-K Publishing House, 320 p. [in Ukrainian]
5. Savyovskiyi, V., & Molodid, O. (2018). *Construction of special buildings and structures*. Kyiv: Lira-K Publishing House, 248 p. [in Ukrainian]
6. Molodid O., Sharikina N. (2018). *Experimental studies of the technology of restoration of the lower surface of reinforced concrete structures using formwork*. Ways to increase the efficiency of construction in the formation of market relations. Vol. 35. pp. 173-182. [in Ukrainian].
7. Savyovsky V., Molodid O., & Malets N. (2017). *Reinforcement of reinforced concrete beam structures by external reinforcement*. Management of complex systems development. № 29. P. 198 - 204. [in Ukrainian].
8. Ternovy V. (2016). *Fundamentals of scientific research: textbook. way*. Kyiv: KNUBA, 57 p. [in Ukrainian].
9. Grishchuk Yu. (2008). *Fundamentals of scientific research: textbook. way*. Kharkiv: NTU "KhPI", 232 p. [in Ukrainian].
10. Scientific and research institute of Construction Production. (2007). The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. Scientific and technical support of construction objects (DBN V.1.2-5:2007). [in Ukrainian].
11. Molodid, O. (2013). *The technology of placing restoration tsemyanky plaster* [author's reference. thesis ... Ph.D. technical sciences]. KNUBA [in Ukrainian].
12. Molodid, O. (2021). *The system of forming structural and technological solutions for restoring the operational suitability of building structures* [author's reference. thesis ... Dr. technical sciences]. KNUBA [in Ukrainian].

G. M. Tonkacheev, O. S. Molodid, O. O. Molodid

METHODOLOGY FOR STUDYING THE EFFICIENCY OF NEW STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE RESTORATION OF BUILDING STRUCTURES' SUITABILITY FOR USE

The article presents the developed, scientifically based methodology for introducing the construction practice of new structural and technological solutions for restoring building structures in reconstruction or capital repair conditions. This technique is based on the practical experience of surveying building structures, establishing the type and extent of damage, and the need for their reinforcement. The authors found that more than 70% of repair and restoration work on structures must be performed using classic technologies, 20% of cases require using existing modern methods, and almost 10% - develop new forms of repair and restoration work.

In the publication, the authors present methods of researching the effectiveness of new structural and technological solutions for restoring the

operational suitability of building structures. Experimental studies of new structural and technical solutions should be performed in several stages: laboratory and experimental model studies, by checking the results in real conditions at construction sites.

A structural diagram of the research methodology of the latest and new structural and technological solutions for restoring the operational suitability of building structures has been developed, which offers a set of steps that allow, based on their results, to obtain new structural and technological solutions that can be applied in practice and have high quality. Each research stage of such solutions is characterized in detail, and a set of necessary elements is defined, allowing each stage to be implemented.

In the case of the study of fundamentally new and complex structural and technological solutions for repair and restoration works of building structures, full-scale experimental studies are performed. It is assumed that such studies are carried out directly on single structures that need to be restored to operational suitability and subsequently observed during a certain period of operation.

The developed methodology made it possible to carry out several research works. As a result, new constructive and technological solutions for restoring building structures were introduced into construction practice.

Keywords: methodology; latest solutions; new solutions; constructive and technological solutions; classic solutions; comparison; construction; repair; reconstruction; object; technical and economic efficiency.

Посилання на статтю

АРА: Tonkacheev G., Molodid O., & Molodid O. (2022). Methodology for studying the efficiency of new structural and technological solutions for the restoration of building structures' suitability for use. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 50(2), 21-30.

ДСТУ: Тонкачєєв Г. М., Молодїд О. С., Молодїд О.О. Методика дослїдження ефективностї нових конструктивно-технологїчних рїшень вїдновлення експлуатацїїної придатностї будївельних конструкцїй. *Шляхи пїдвїщення ефективностї будївництва в умовах формування ринкових вїдносин*. 2022. No 50(2). С21-30.