

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Національного університету

"Львівська політехніка"

д.т.н., проф.

Іван ДЕМИДОВ

2025 р.



наукового семінару кафедри автомобільних доріг та мостів

Навчально-наукового інституту будівництва та інженерних систем

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

«Несуча здатність залізобетонних балок з пошкодженнями робочої арматури,

підсиленних карбоновими стрічками»

здобувача наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

(галузь знань 19 Архітектура та будівництво)

Надії КОПІЙКИ

1. Актуальність теми дисертації

Залізобетонні конструкції є одними з найпоширеніших у сучасному будівництві, як у новому зведенні, так і в об'єктах, що вже давно експлуатуються. Більшість транспортних споруд, зокрема мости, перебувають в умовах постійного впливу агресивних чинників довкілля, що призводить до прогресуючого руйнування конструкцій, зокрема — корозії арматури. Важливість цієї тематики визначається необхідністю збереження експлуатаційної надійності таких споруд без повної заміни, а шляхом ефективного підсилення та подовження їх життєвого циклу. Отже, актуальність теми дослідження обумовлена зростаючими вимогами до ресурсоефективності, мінімізації витрат на ремонт та підвищення безпеки функціонування інфраструктури.

У межах дослідження обґрунтовано доцільність використання карбонових композитних стрічок — сучасного матеріалу, що вирізняється низькою густиною, високим модулем пружності, корозійною стійкістю та зручністю в монтажі. Саме ці властивості забезпечують ефективність підсилення залізобетонних балок з частковою втратою несучої здатності через корозійне руйнування арматури. Композитні матеріали, й особливо карбонові стрічки, дозволяють реалізувати нові інженерні підходи в підсиленні без істотного збільшення маси конструкцій чи зниження експлуатаційних параметрів.

Крім того, дослідження базується на застосуванні цифрової кореляції зображень (ЦКЗ) — інноваційного неруйнівного методу, який дозволяє з високою просторовою роздільністю отримувати повне поле переміщень, деформацій і напружень на поверхні конструкції, що дає змогу точно виявити локальні особливості деформування та оцінити реальну поведінку елементів при навантаженні. Застосування таких методів є надзвичайно актуальним у контексті розвитку цифрового моделювання, калібрування числових моделей та переходу до обґрунтованих прогнозів залишкового ресурсу конструкцій.

Особливу значущість має також використання спеціалізованого програмного забезпечення для параметричного аналізу, яке дозволяє визначити вплив кожного з конструктивних параметрів на результат підсилення, а також сформувати поверхню відгуку, виявити кореляції та обрати найефективніші інженерні рішення. Отже, дисертація поєднує використання сучасних матеріалів, інструментів точного експериментального аналізу та числового моделювання, що є повністю відповідним до світових трендів розвитку інженерної діагностики і відновлення конструкцій.

Таким чином, актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю встановлення дійсного напружено-деформованого стану та несучої здатності згинаних залізобетонних елементів при підсиленні їх карбоновими стрічками, що забезпечують їхню надійність та довговічність в умовах сучасного будівництва.

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Робота відповідає науковому напрямку кафедри «Автомобільні дороги та мости» Навчально-наукового інституту будівництва та інженерних систем Національного університету «Львівська політехніка», дослідження матеріалів та будівельних конструкцій з використанням методу цифрової кореляції зображень. Дисертацію виконано в межах науково-дослідної роботи «Розробка методики визначення фактичного ресурсу залізобетонних конструкцій з пошкодженнями, що знижують несучу здатність та експлуатаційну придатність» (№ державної реєстрації 0121U109498).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Особистий внесок здобувачки полягає у самостійному формулюванні наукової проблеми — оцінки залишкової несучої здатності залізобетонних балок із корозійними пошкодженнями арматури та визначенні ефективності їх підсилення шляхом наклеювання карбонових композитних стрічок. У межах дослідження авторкою обґрунтовано вибір підходу до моделювання корозійних ушкоджень, що передбачав механічне сточування арматури з подальшим контролем діаметру як параметра деградації.

Здобувачкою самостійно розроблено узгоджену методологію експериментально-теоретичних досліджень, сформовано програму випробувань із урахуванням варіативності ключового чинника — ступеня корозійного пошкодження арматури. Обґрунтовано доцільність застосування карбонових стрічок як ефективного засобу підсилення конструкцій. Здійснено підготовку та організацію стендових випробувань із впровадженням методу цифрової кореляції зображень (ЦКЗ) для забезпечення повного візуального контролю деформаційного поля та ідентифікації зон локальної концентрації напружень.

Особистим внеском здобувачки є проведення порівняльного аналізу експериментальних і теоретичних результатів, а також параметричного числового моделювання з використанням сучасного інженерного програмного забезпечення. Авторка безпосередньо виконала аналіз впливу ключових параметрів на несучу здатність пошкоджених балок, побудову поверхонь відгуку та формулювання висновків щодо доцільності застосування композитного підсилення в умовах обмеженого ресурсу залізобетонних конструкцій.

Усі наукові ідеї, методи досліджень, положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, отримано здобувачкою самостійно. Здобувачка провела всебічний аналіз сучасних наукових публікацій, нормативної і технічної документації, що стали основою для обґрунтування обраного напрямку досліджень.

У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачка зробила вагомий внесок у формулювання наукових завдань, вибір методів, інтерпретацію результатів та їх апробацію на науково-технічних конференціях. Визначення мети, структурування етапів дослідження, редагування публікацій і обговорення результатів здійснювалося у співпраці з науковим керівником — д.т.н., професором Бліхарським Ярославом Зіновійовичем.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів підтверджується комплексним підходом до проведення досліджень, який включає використання сучасних методів експериментального аналізу залізобетонних конструкцій, зокрема цифрової кореляції зображень (ЦКЗ) для детального вимірювання повного поля деформацій. Результати експериментів продемонстрували високу збіжність із теоретичними розрахунками на основі чинних нормативних документів. Висновки й рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, ґрунтуються на системному аналізі численних експериментальних даних, результатів статистичної обробки та порівнянні з даними інших дослідників. Це забезпечує високий рівень наукової аргументованості та практичної

обґрунтованості поданих рішень. Сукупність отриманих результатів є логічно узгодженою, надійною та репрезентативною.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Ступінь наукової новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру є суттєвим і полягає в комплексному підході до оцінювання ефективності підсилення залізобетонних балок із корозійними пошкодженнями арматури карбоновими стрічками, який поєднує використання цифрової кореляції зображень, новітніх методів розрахунку та параметричного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів:

- отримано нові експериментальні дані щодо несучої здатності та деформативності залізобетонних балок, підсилених карбоновими стрічками за різних ступенів пошкодження робочої арматури із застосуванням методу цифрової кореляції зображень;
- встановлено ефективність підсилення залізобетонних балок карбоновими стрічками в залежності від втрати ефективної площі арматури і з врахуванням особливості роботи термічно-зміцненої арматури, що до цього часу не було предметом комплексного аналізу. Це дозволило визначити межі ефективного відновлення несучої здатності балок та обґрунтувати доцільність застосування композитних матеріалів саме в умовах часткової втрати поперечного перерізу арматури;
- оптимізовано параметри кореляційного спеклу при використанні методу ЦКЗ та випробувано різні підходи до підготовки поверхні — із використанням як безпосереднього нанесення спеклу, так і штучних маркерів. Це дозволило підвищити адаптивність методу цифрової кореляції зображень до умов реального навантаження та забезпечити точне безконтактне визначення повного поля деформацій і напружень у бетоні та арматурі на всіх етапах навантаження — аж до руйнування. Розширені технічні можливості методу ЦКЗ створили надійну основу для його впровадження в діагностику пошкоджених залізобетонних конструкцій;
- розроблено та апробовано методику розрахунку за деформаційною моделлю для згинаних залізобетонних балок, підсилених карбоновими стрічками, з урахуванням різних рівнів пошкодження та неоднорідних характеристик термічнозміцненої арматури.

6. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень опубліковані у 25 наукових працях, з них 8 статей у наукових фахових виданнях України, 14 статей у

наукових періодичних виданнях інших держав та виданнях України, які включено до міжнародних наукометричних баз SCOPUS та Web of Science, 3 тез доповідей на наукових міжнародних конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації

Статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав:

1. Blikharskyu Y., Koptika N., Selejdak J. (2020) Non-uniform corrosion of steel rebar and its influence on reinforced concrete elements' reliability. *Production Engineering Archives*, 26(2), 67-72. <https://doi.org/10.30657/pea.2020.26.14> (Scopus Q2, WOS) (Blikharskyu Y.: сформульовано мету досліджень, проведено аналіз результатів досліджень, сформульовані висновки; Koptika N.: проведено огляд літературних джерел, проведено дослідження; запропонована методика досліджень; проведено теоретичні дослідження; Selejdak J.: визначено напрям і основні завдання досліджень).
2. Blikharskyu Y., Selejdak J., Koptika N. (2021) Specifics of Corrosion Processes in Thermally Strengthened Rebar. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00646, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00646> (Scopus, Q1) (Blikharskyu Y.: запропонована методика досліджень, виконано аналіз отриманих результатів, сформовано висновки; Selejdak J.: визначено напрям і основні завдання досліджень; Koptika N.: сформульовано мету досліджень, проведено дослідження, сформовано аналіз літературних джерел, виконано компонування статті).
3. Blikharskyu Y., Selejdak J., Koptika N. (2021) Corrosion fatigue damages of rebars under loading in time. *Materials*, 14(12), 3416; <https://doi.org/10.3390/ma14123416> (Scopus Q2, WOS) (Blikharskyu Y.: запропонована методика досліджень, проведено дослідження, виконано аналіз отриманих результатів, сформовано висновки; Selejdak J.: визначено проблему і основні завдання досліджень; Koptika N.: сформульовано мету досліджень, сформовано аналіз літературних джерел, виконано компонування статті).
4. Koptika N., Vegera, P., Vashkevych, R., Blikharskyu, Z. (2021) Stress-strain state of damaged reinforced concrete bended elements at operational load level. *Production Engineering Archives*, 27(4), 242-247. <https://doi.org/10.30657/pea.2021.27.32> (Scopus Q2, WOS) (Koptika N.: сформовано мету досліджень, виконано аналіз результатів досліджень, сформовані висновки; Vegera P.: сформовано програму досліджень, проведено експериментальні випробування; Vashkevych R.: сформовано аналіз літературних джерел, виконано компонування статті; Blikharskyu Z.: визначено напрям, проблему і завдання досліджень, редагування, надання фахових консультацій).

5. Blikharskyu Y., Kapiika N., Khmil R., Selejdak J., Blikharskyu Z. (2022) Review of Development and Application of Digital Image Correlation Method for Study of Stress–Strain State of RC Structures. *Applied Sciences*, 12(19), 10157. <https://doi.org/10.3390/app121910157> (Scopus Q2, WOS) (Blikharskyu Y.: запропоновано методику досліджень, розроблено ілюстративний матеріал і візуалізація результатів сформовано висновки; Kapiika N.: сформовано мету досліджень, сформовано аналіз літературних джерел, проведено теоретичні дослідження, виконано компонування статті; Khmil R.: складено план досліджень, проведено аналіз результатів; Selejdak J.: визначено проблему досліджень; Blikharskyu Z.: визначено напрям і завдання досліджень, редагування, надання фахових консультацій).
6. Kapiika, N., Selejdak, J., Blikharskyu, Y. (2022). Specifics of physico-mechanical characteristics of thermally-hardened rebar. *Production Engineering Archives*, 28(1), 73-81. <https://doi.org/10.30657/pea.2022.28.09> (Scopus Q2, WOS). (Kapiika N.: сформовано мету досліджень, проведено дослідження, виконано аналіз результатів досліджень, виконано компонування статті; Selejdak J.: визначено напрям і завдання досліджень, редагування; Blikharskyu Y.: запропоновано методику досліджень, проведення досліджень, розроблено ілюстративний матеріал і візуалізація результатів, сформовано висновки).
7. Blikharskyu, Y., Kapiika, N., Khmil, R., & Blikharskyu, Z. (2023). Digital Image Correlation Pattern for Concrete Characteristics—Optimal Speckle. In *International Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering Lviv-Košice-Rzeszów*, 22-31. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44955-0_3 (Scopus Q4, WoS) (Blikharskyu Y.: визначено напрям і завдання досліджень, проведено експериментальні дослідження ; Kapiika N.: запропонована методика досліджень, виконано аналіз результатів досліджень, сформовані висновки, редагування; Khmil R.: сформовано програму досліджень, виконано компонування статті, надання фахових консультацій; Blikharskyu Z.: визначено проблему досліджень, сформовано мету досліджень, надання фахових консультацій).
8. Kapiika, N., Blikharskyu, Y. (2024) Digital image correlation for assessment of bridges' technical state and remaining resource. *Structural Control and Health Monitoring*, 2024(1), 1763285. <http://dx.doi.org/10.1155/2024/1763285> (Scopus Q1, WoS). (Kapiika N.: сформовано мету досліджень, проведено теоретичні дослідження, сформовано аналіз літературних джерел, виконано компонування статті, сформовані висновки; Blikharskyu Y.: визначено напрям і завдання досліджень).
9. Kapiika, N., Blikharskyu, Y., Khmil, R., Tereshko, A. (2024). Design of Experiment for Facilitating Effective Research Program Development. In *International Scientific Conference*

EcoComfort and Current Issues of Civil Engineering, 266-280. Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_24 (Scopus Q4). (Копіика, N.: сформульовано актуальність дослідження, проведено дослідження, проведено валідацію результатів, формальний аналіз, огляд і редагування; Blikharskyu Y.: проведено візуалізацію, проведено редакцію тексту; Khmil R.: проведено перевірку, згідно з нормативними документами; Tereshko, A.: сформульовано актуальність дослідження, проведено валідацію результатів, формальний аналіз, огляд і редагування).

10. Kopiika, N., Klym, A., Blikharskyu, Y., Katunský, D., Popovych, V. Blikharskyu, Z. (2024) Evaluation of the stress-strain state of the RC beam with the use of DIC. *Production Engineering Archives*, Sciendo, 30(4), 463-476. <https://doi.org/10.30657/pea.2024.30.44> (Scopus Q2, WOS) (Копіика N.: запропоновано методикку експериментальних випробувань, і експериментальну програму, виконано компонування статті, виконано теоретичні розрахунки; Клім А.: проведено експериментальні дослідження, виконано аналіз результатів досліджень, виконано моделювання МСЕ в програмі Femap; Blikharskyu Y.: консультування з використання обладнання і методики ЦКЗ; Katunský D.: розроблено ілюстративний матеріал і візуалізація результатів; Попович V.: участь в оформленні бібліографічних посилань; Blikharskyu Z.: надання фахових консультацій, редагування).

11. Kopiika, N., Blikharskyu, Y., Selejdak, J., Khmil, R., Blikharskyu, Z., Katunsky, D. (2024). CFRP Materials for Restoration of the Bearing Capacity of RC Beams With Damaged Rebar. *Journal of Engineering*, 2024(1), 4915391. <http://dx.doi.org/10.1155/2024/4915391> (Scopus Q2, WOS) (Копіика N.: проведено експериментальні дослідження, виконано аналіз результатів досліджень, виконано компонування статті, сформовані висновки; Blikharskyu Y.: розроблено ілюстративний матеріал і візуалізація результатів, надання консультацій з методики підсилення; Selejdak J.: визначено проблеми і завдання дослідження; Khmil R.: сформовано мету досліджень, запропонована методика досліджень; Blikharskyu Z.: надання фахових консультацій, редагування; Katunsky D.: участь в оформленні бібліографічних посилань, надання фахових консультацій).

12. Kopiika, N., Blikharskyu, Y., Selejdak, J., Khmil, R., Blikharskyu, Z. (2025). Reliability-based analysis and residual life forecasting for corrosion-affected RC structures. In *Structures*, 76, 108965. <http://dx.doi.org/10.1016/j.istruc.2025.108965> (Scopus Q1, WOS) (Копіика N.: запропонована методика досліджень, виконано теоретичні розрахунки, виконано аналіз результатів досліджень, виконано компонування статті, сформовані висновки; Blikharskyu Y.: визначено напрям, проблеми і завдання досліджень; Selejdak J.: участь в оформленні бібліографічних посилань, Khmil R.: сформовано мету досліджень; Blikharskyu, Z.: надання фахових консультацій, редагування).

13. Koptika, N., Blikharsky, Y., Khmil, R., Blikharsky, Z. (2025). Probabilistic assessment of RC beams with corroded thermally strengthened reinforcement. In Structures, 77, 109104. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.109104> (Scopus Q1, WOS) (*Копіика Н.: запропонована методика досліджень, виконано теоретичні розрахунки, виконано аналіз результатів досліджень, виконано компонування статті, сформовані висновки; Blikharsky Y.: визначено напрям, проблеми і завдання досліджень; Khmil R.: сформовано мету досліджень, надання фахових консультацій; Blikharsky, Z.: надання фахових консультацій, редагування*).
14. Koptika N., Blikharsky Y., Sobko Y., Khmil R., Blikharsky Z. (2025) Impact of CFRP-strengthening on Crack Formation in RC Structures. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., vol. (1499), No 01202. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1499/1/012021> (*Копіика Н. : проведено експериментальні дослідження, виконано аналіз результатів досліджень, виконано компонування статті, сформовані висновки; Blikharsky Y.: розроблено ілюстративний матеріал і візуалізація результатів ; Sobko Y.: визначено проблеми і завдання дослідження, надання консультацій з методики підсилення; Khmil R.: сформовано мету досліджень, запропонована методика досліджень; Blikharsky Z.: надання фахових консультацій, редагування*).

Статті у наукових фахових виданнях України:

15. Бліхарський Я. З., Копійка Н. С. (2019) Дослідження методик моніторингу і моделювання корозійних процесів в залізобетонних елементах. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, (77), 29–37. <http://dx.doi.org/10.31650/2415-377X-2019-77-29-37> (*Бліхарський Я. З.: сформульовано мету досліджень, проведено аналіз результатів досліджень, сформульовані висновки; Копійка Н. С.: сформовано аналіз літературних джерел, виконано компонування статті*).
16. Бліхарський Я. З., Копійка Н. С. (2019) Дослідження пошкоджених залізобетонних елементів, основні методи їх відновлення та підсилення. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць, 37, 316–322. <http://dx.doi.org/10.31713/budres.v0i37.300> (*Бліхарський Я. З.: сформульовано мету досліджень, проведено аналіз результатів досліджень, сформульовані висновки; Копійка Н. С.: сформовано аналіз літературних джерел, виконано компонування статті*).
17. Blikharsky, Y. Z., Koptika, N. S. (2020). Influence of steel rebar uniform corrosion on reinforced concrete structures strength. Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, (79), 34-42. <http://dx.doi.org/10.31650/2415-377X-2020-79-34-42> (*Blikharsky Y. Z.: сформульовано мету досліджень, проведено дослідження, проведено аналіз*

результатів досліджень, сформульовані висновки; Копііка Н. С.: запропонована методика досліджень, проведено дослідження, виконано компонування статті).

18. Blikharskyu Y., Kopyika N. (2020) Digital image correlation method for analysis of reinforced concrete structures. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, (78), 27–33. <http://dx.doi.org/10.31650/2415-377X-2020-78-27-33> (Blikharskyu Y.: сформульовано мету досліджень, проведено аналіз результатів досліджень, сформульовані висновки; Копііка Н.: сформовано аналіз літературних джерел, розроблено ілюстративний матеріал, виконано компонування статті).

19. Blikharskyu Y., Kopyika N. (2021) Methods for determination of deformations with the use of Digital Image Correlation technologies. *Scientific Journal "Theory and Building Practice" Practice*, 3(2), 67-75. <https://doi.org/10.23939/jtbp2021.02.067> (Blikharskyu Y.: визначено проблеми і завдання дослідження, надання фахових консультацій, редагування; Копііка Н.: сформульовано мету досліджень, сформовано аналіз літературних джерел, виконано компонування статті).

20. Kopyika, N., Blikharskyu, Y. (2022). Effectiveness of strengthening of reinforced concrete beams with the use of composite materials. *Scientific Journal "Theory and Building Practice"*, 4(2), 7-16. <https://doi.org/10.23939/jtbp2022.02.007> (Копііка Н.: запропонована методика досліджень, виконано теоретичні розрахунки і дослідження, виконано аналіз результатів досліджень, сформовані висновки, виконано компонування статті; Blikharskyu Y.: визначено напрям і сформульовано мету досліджень, визначено проблеми і задачі дослідження, надання фахових консультацій, редагування).

21. Blikharskyu Y., Kopyika N. (2022) Analysis of the most common damages in reinforced concrete structures. *Scientific Journal "Theory and Building Practice"*, 4(1), 35-42. <https://doi.org/10.23939/jtbp2022.01.035> (Blikharskyu Y.: визначено напрям і сформульовано мету досліджень, визначено проблеми і завдання дослідження; Копііка Н.: сформовано аналіз літературних джерел, сформовані висновки, виконано компонування статті).

22. Kopyika N., Blikharskyu, Y. (2023). Perspectives and specific features of the use of composite materials for strengthening of damaged reinforced concrete structures. December 2023, *Scientific Journal "Theory and Building Practice"*, (2), 27-34. <http://dx.doi.org/10.23939/jtbp2023.02.027> (Копііка Н.: сформульовано мету досліджень, сформовано аналіз літературних джерел, сформовані висновки, виконано компонування статті; Blikharskyu Y.: визначено напрям і сформульовано мету досліджень, визначено проблеми і завдання дослідження, аналіз результатів дослідження, надання фахових консультацій)

Наукові праці, які засвідчують апробацію дисертації:

23. Бліхарський Я. З., Вашкевич Р.В., Копійка Н.С., Бобало Т.В., Бліхарський З.Я. Визначення залишкової міцності залізобетонних балок з пошкодженням, що виникли при дії навантаження (2020). International Scientific Conference EET-2020 «Energy Efficiency In Transport», 67-69, November 18-20, 2020, Kharkiv, Ukraine (Бліхарський Я. З.: сформульовано мету досліджень, визначено напрям і завдання досліджень; Вашкевич Р.В.: запропоновано методику експериментальних випробувань, редагування; Копійка Н.С.: сформовано аналіз літературних джерел, сформовані висновки, виконано компонування статті; Бобало Т.В.: виконано експериментальні дослідження; Бліхарський З.Я.: сформовано план досліджень, надання фахових консультацій).
24. Бліхарський Я.З., Хміль Р.Є., Копійка Н.С., Бліхарський З.Я. Експериментальні дослідження залізобетонних згинальних елементів з пошкодженою робочою арматурою. Тези VII Міжнародній конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки» (Одеса, Україна, 12-15 травня, 2020 року), 172-173. (Бліхарський Я.З.: сформульовано мету досліджень, виконано експериментальні дослідження, виконано аналіз результатів дослідження; Хміль Р.Є.: визначено напрям, завдання дослідження, сформовано програму досліджень; Копійка Н. С.: сформовано аналіз літературних джерел, сформовані висновки, виконано компонування; Бліхарський З.Я.: запропоновано методику досліджень; надання фахових консультацій).
25. Kopyika N., Blikharskyu Y.Z. (2024). The use of CFRP materials for strengthening of RC beams with corrosion damages of rebar. Тези Міжнародної Науково-технічної конференції «Структурування та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій» (Одеса, Україна, 23 квітня 2024 року), 67-70 (Копійка Н.: запропонована методика досліджень, проведено експериментальні дослідження, виконано аналіз результатів досліджень, сформовані висновки; Blikharskyu Y.Z.: сформовано напрям, мету і завдання досліджень, редагування, надання фахових консультацій).

7. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо.

Матеріали дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на: XVII International Scientific Conference Lviv- Košice – Rzeszów «Current Issues of Civil and Environmental Engineering Lviv- Košice – Rzeszów» (Rzeszów, Poland, 11-13 вересня 2019 р.), 8th International Scientific Conference «Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings» (Харків, Україна, 20-22 листопада 2019 р.), VII Міжнародній конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки» (Одеса, Україна, 12-15 травня 2020

p.), International Scientific Conference EET-2020 «Energy efficiency in transport» (Харків, Україна, 18-20 листопада 2020 р.), 17th International Conference on Quality Production Improvement-QPI 2023 (Zaborze, Poland, 14-16 червня 2023 р.), XVIII International Conference Current Issues of Civil and Environmental Engineering Lviv - Košice – Rzeszów (Rzeszów, Poland, 6-8 вересня 2023 р.), IV Міжнародній науковій конференції «ЕкоКомфорт та актуальні питання в будівництві» (Львів, Україна, 11-13 вересня 2024 р.), міжнародній науково-технічній конференції «Структурування та руйнування композиційних будівельних матеріалів та конструкцій» (Одеса, Україна, 23 квітня 2024 р.), 18th International Conference Quality Production Improvement - QPI 2024 (Osijek near Wieluń, Poland, 3-5 червня 2024 р.), International Conference on Urban Infrastructure Sustainable Development and Renovation MistoBud-2025 (Харків, Україна, 30 січня- 1 лютого 2025 р.).

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати.

Дослідження проведені в межах держбюджетної теми «Розробка методики визначення фактичного ресурсу залізобетонних конструкцій з пошкодженнями, що знижують несучу здатність та експлуатаційну придатність» (№ державної реєстрації 0121U109498). - Результати дисертаційної роботи використано в навчальному процесі в Національному університеті «Львівська політехніка» при підготовці бакалаврів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія та магістрів, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво» спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, зокрема при викладанні дисциплін «Реконструкція будівель і споруд» і «Наукові дослідження в будівництві».

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані

Практична цінність результатів дослідження полягає у впровадженні експериментально обґрунтованої методики відновлення несучої здатності згинаних залізобетонних елементів із корозійними пошкодженнями робочої арматури шляхом підсилення їх композитними карбоновими стрічками. Запропоновано підходи до визначення ефективності підсилення з урахуванням ступеня пошкодження арматури та встановлення дійсного напружено-деформованого стану елементів за допомогою методу цифрової кореляції зображень. Це дозволяє оцінювати залишкову міцність, прогнозувати подальшу поведінку конструкцій і приймати обґрунтовані інженерні рішення щодо доцільності їх експлуатації або відновлення.

Результати можуть бути впроваджені у практичну діяльність будівельних і проєктних організацій, що спеціалізуються на реконструкції, ремонті та підсиленні залізобетонних конструкцій у транспортній, промисловій, житловій і громадській інфраструктурі.

Особливо цінними є ці напрацювання для випадків, коли повна заміна конструкції є економічно чи технічно недоцільною, а продовження терміну її служби є критичним. Отримані висновки також можуть бути використані у проєктуванні технічних рішень з підсилення, експлуатаційному обстеженні, а також в освітніх програмах для підготовки фахівців із відновлення будівельних конструкцій. Зокрема, результати досліджень дисертації за участю автора використані при розробленні рішень щодо відновлення та підсилення будівель проєктно-інжиніринговими компаніями ТОВ «ЛІГА КОНСТРАКШИН» та ТОВ «СІКА Україна».

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, загальних висновків, списку використаної літератури та семи додатків. Загальний обсяг дисертації становить 248 сторінок друкованого тексту, зокрема: 151 сторінка основної частини, що має 79 рисунків і 15 таблиць; 27 сторінок списку використаної літератури, що містить 219 джерел, та 48 сторінок додатків.

Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

У ході обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо самої суті роботи.

11. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри автомобільних доріг та мостів Навчально-наукового інституту будівництва та інженерних систем, ухвалили:

11.1. Дисертація Копійки Надії Сергіївни «Несуча здатність залізобетонних балок з пошкодженнями робочої арматури, підсиленних карбоновими стрічками» є завершеною науковою працею, у якій вирішено конкретне наукове завдання, а саме: визначення експериментальним і теоретичним шляхом несучої здатності та деформативності залізобетонних балок із різним ступенем пошкодження робочої арматури при підсиленні їх карбоновими стрічками, що має важливе значення для галузі знань 19 *Архітектура та будівництво*.

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 25 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 8 статей у наукових фахових виданнях України, 14 статей у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз SCOPUS та Web of Science, 3 тези доповідей на наукових міжнародних конференціях.

11.4. Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, зі змінами).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Копійки Надії Сергіївни дисертація «Несуча здатність залізобетонних балок з пошкодженнями робочої арматури, підсилених карбоновими стрічками» рекомендується для подання до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

За затвердження висновку проголосували:

За	20	Двадцять
Проти	-	немає
Утримались	-	немає

Головуюча на науковому семінарі кафедри,
д.т.н., професор, зав. кафедри АДМ

Рецензенти:

к.т.н., доцент, доцент кафедри БКМ

к.т.н., доцент, доцент кафедри БВ

Відповідальний у ННІ будівництва та
інженерних систем за атестацію PhD

д.т.н., проф., професор кафедри БВ

Христина СОБОЛЬ

Сергій БУЛА

Богдан ПАРНЕТА

Уляна МАРУЩАК