

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.072.2.012.45:620.193/.199

Й. Й. ЛУЧКО<sup>1</sup>, Б. Л. НАЗАРЕВИЧ<sup>2</sup>, І. Б. КРАВЕЦЬ<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Кафедра «Рухомий склад і колія», Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Іванни Блажкевич, 12а, Львів, Україна, 79052, ел. пошта lychko.diit@mail.ru

<sup>2</sup> Кафедра будівельного виробництва, Інститут будівництва та інженерії довкілля, Національний університет «Львівська політехніка», вул. Карпінського 6, 2-ий корпус, к.419, Львів, Україна, 79013, ел. пошта bnazar@polynet.lviv.ua

<sup>3\*</sup> Кафедра «Рухомий склад і колія», Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Іванни Блажкевич, 12а, Львів, Україна, 79052, ел. пошта kravetsivan@mail.ua

### ВІДНОВЛЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПОШКОДЖЕНИХ КОРОЗІЄЮ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОГО ВУЗЛА ПІДЇЗДНОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ШЛЯХУ

**Мета.** Оцінка стану несучих конструкцій будівлі та розробка рішень для подальшої її безпечної експлуатації **Методика.** Авторами опрацьовані технології та матеріали, які дають надійні результати ремонтно-відновлювальних робіт до проектних показників міцності та надійності залізобетонних конструкцій застосовуючи в тому числі ін'єкційні методи та матеріали. Зокрема, посилення монолітних залізобетонних конструкцій. **Наукова новизна.** Під час дослідження встановлено що причиною зменшення міцності бетону згідно з теорією залізобетону спричинило за собою зменшення несучої здатності залізобетонних балок і плит перекриття. **Практична значимість.** Для посилення відновлених балок було запропоновано застосування композитних матеріалів: стрічки та мати з вуглецевого волокна.

**Ключові слова:** несучі конструкції; ремонтно-відновлювальні роботи; надійність; ін'єкційні методи; монолітні залізобетонні конструкції; стрічки; вуглецеве волокно

#### Проблема

Бетонні та залізобетонні конструкції завдяки численним перевагам широко застосовують у будівлях і спорудах і в даний час. Незважаючи на те, що об'єми збірного виробництва залізобетону за останні роки дещо зменшились, а монолітного навпаки.

Проте існує надзвичайно багато залізобетонних конструкцій як збірного так і монолітного залізобетону, введених в експлуатацію за попередні роки. Переважна більшість бетонних та залізобетонних елементів будівельних конструкцій зазнають постійної або тимчасової дії агресивного середовища [1, 2]. Така дія може викликати локальне руйнування та вихід з ладу будівлі чи споруди. Отже, збереження та відновлення міцності та довговічності таких конструкцій є актуальною проблемою. Однією з найнебезпечніших є корозія від дії кислот, оскільки вона динамічніша за інші.

#### Аналіз останніх досліджень

На сьогодні корозійні процеси в цементному камені та бетоні під дією кислотного середовища вивчені достатньо [1-6]. Встановлено, що вони руйнуються внаслідок хімічних реакцій кислот зі складниками цементного каменю, які порушують структуру бетону. Майже у всіх експериментах вивчали корозію бетону не беручи до уваги вплив зовнішнього навантаження [5, 6]. Однак, у розрахункових співвідношеннях значення коефіцієнтів дифузії приймають однаковими у деградованій і не деградованій зонах а також врахування зміни густини бетону і його пористості. На ці недоліки вказано у праці [6]. Основні методики кількісної оцінки впливу агресивного середовища на міцність і ресурс елементів будівельних конструкцій базуються на розвитку глибини корозійної деградації бетону та зміні, внаслідок корозії, його механічних характеристик [1].

Методика визначення навантаження тріщиноутворення для оцінки корозійної тривкості залі-

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

зобетонних конструкцій наведені у праці [7]. Однак, у літературі недостатньо висвітлені деякі аспекти про вплив агресивних середовищ на розвиток тріщин у бетоні. На нашу думку відсутня оцінка атмосферних впливів на руйнування, особливо за значних перепадів температур при яких відбувається замерзання води у крайових тріщинах із врахуванням характеристик тріщиностійкості бетону, це питання висвітлено у праці [8], але для деяких випадків потребує експериментальних досліджень. Проблеми оцінки впливу фізичних факторів на корозію бетонних та залізобетонних елементів конструкцій добре розглянуті у праці [9]. Основні системи та технології по захисту бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії і вказівки з їх використання добре опрацьовані у праці [10].

Отже, авторами також відпрацьовані технології, та матеріали, які дають надійні результати ремонтно-відновлювальних робіт до проектних показників міцності та надійності залізобетонних конструкцій застосовуючи в тому числі ін'єкційні методи та матеріали. Зокрема, посилення монолітних залізобетонних конструкцій перекриття будівлі в Києві, на Чоколівському бульварі, 42а [11], посилення залізобетонних балок готелю «Дністер» у Львові [2, 3], посилення монолітних залізобетонних ригелів другого і третього поверхів будівлі їдальні фабрики «Зеніт» у м. Тячеві [3]. Ремонтно-ін'єкційне зміцнення залізобетонних каналізаційних колекторів, капітальний ремонт басейну готелю Rixos у м.Трускавці, що описані у праці [3] та інші об'єкти виконані в Україні дають підставу пропонувати ін'єкційні технології та матеріали як вітчизняних так і закордонних виробників, залежно від умов експлуатації об'єкту.

### Мета роботи

На підставі матеріалів обстеження та вивчення наявної технічної документації на дану будівлю оцінити стан несучих конструкцій (залізобетонних балок) визначити характер і причини виникнення дефектів і пошкоджень, їх вплив на несучу здатність і експлуатаційний стан і розробити рішення щодо подальшої безпечної експлуатації будівлі.

Для ремонту залізобетонних балок рекомендовано систему наведену у працях [1, 3] – полімер-цементні бетони виробництва фірми PAGEL, яку ми неодноразово застосовували на практиці для вирішення подібних задач. Такі ремонтні системи призначені для виконання комплексних ремонтів різного типу бетонних і залізобетонних конструкцій, в тому числі і конструкцій, які сприймають динамічні навантаження.

У зв'язку зі специфікою полімерно-цементних композицій в значній мірі розширюються області їх використання з можливістю формування кінцевих фізико-механічних характеристик та з корисними при цьому технологічними параметрами (зручністю при укладанні, простотою нанесення, швидкістю тужавіння та ін.).

### Технологія ремонту і підсилення залізобетонних балок

Відновлення несучої здатності залізобетонних балок пошкоджених корозією розвантажувального вузла під'їзного залізничного шляху здійснювалось на замовлення адміністрації комбикормового заводу в с. Переяславське, Переяслав-Хмельницького району, Київської області було виконано обстеження та була дана оцінка технічного стану конструктивних елементів, розвантажувального вузла під'їзного залізничного шляху.

Технологічні операції щодо ремонту поверхонь цього об'єкту ми поділили на три етапи: підготовчі роботи; технологія нанесення системи [7]; технологія посилення несучих конструкцій композитними стрічками.

Процедура оцінки несучої здатності залізобетонних балок здійснювалася згідно з існуючими стандартами та нормативними документами [1, 4, 5] та складалася з наступних кроків:

- попереднє обстеження несучих залізобетонних конструкцій вузла, в яке входило: збір та аналіз технічної документації, загальний огляд з оцінкою стану конструкцій і виявлення найбільш зруйнованих (рис. 1, а);

- детальне обстеження яке включало: уточнення обміром перерізів елементів, конструктивних схем навантажень, ескізування дефектів, перевірка параметрів бетону, видача рекомендацій.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА



Рис. 1. Посилення залізобетонних балок пошкоджених корозією:  
*a* – загальний вигляд вузла; *b, c* – стан несучих балок в часі обстеження; *d, e* – відколотих зразків бетону; *f* – загальний вигляд відновленої несучої залізобетонної балки; *g* – посилення відновленої залізобетонної балки вуглецевими стрічками; *h* – анкерування елементів посилення вуглецевих стрічок

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Як показали перевірені розрахунки, несуча здатність балок є недостатньою, так як втрачені опалубні форми поперечного перерізу балок, а також спостерігається значне кородування робочої арматури та бетону (до 20 %) і втрачені фізико механічні показники балок. На підставі виконаних обстежень та розрахунків балок встановлено, що для подальшої безпечної експлуатації балок необхідно терміново виконати їх ремонт та посилення [1, 6].

Як відомо, якщо в залізобетонній конструкції, що підготовляється до наступного ремонту, зафіксована початкова корозія арматурної сталі (див. рис. 1, *b, c, d, e*), то найрозумнішим буде провести послідовно наступні технологічні операції з підготовки поверхні [7]:

- виявити простукуванням всі порожнини у бетоні з послідовною розчисткою їх зубилом, при цьому потрібно проявити особливу обережність, щоб не пошкодити оголену арматуру (див. рис. 1, *d, e*);

- повністю оголити арматуру, якщо вона прокородована; ділянки сталевих стержнів, що поіржавіли більш ніж на 2/3, слід вирізати і приварити на їх місце нові; несучі елементи армування, що підлягли корозії (наприклад, хомути, арматура для сприймання напружень від усадки бетону), можуть бути видалені без заміни;

- провести піскоструменеву обробку бетонної поверхні; арматурну сталь слід очищати до металічного блиску (ступінь очистки арматури від іржі SA 21/2 відповідно до вимог стандарту DIN 55928); піскоструменева технологія очистки поверхні є найбільш розповсюдженим способом підготовки основи;

- перевірити бетон у місцях руйнування на лужність, наприклад, за допомогою індикаторного розчину на базі фенолфталеїну; бетон з рН9 і менше також підлягає видаленню;

- провести консервацію сталі активним антикорозійним засобом. Заходи щодо консервації сталі можна вважати в цілому завершальними в технологічному процесі підготовки дефектних поверхонь залізобетонних конструкцій до подальшої захисної обробки. При великому об'ємі ремонту пропонується по закінченні цієї стадії організувати проміжний прийом виконаних робіт.

Автори звертають увагу на систему ремонту та відновлення бетонних та залізобетонних конструкцій під назвою РСС (Polymer Cement Concrete) –

полімерно-цементні бетони, яка наведена в праці [1] та перевірена і успішно застосовується при ремонті несучих залізобетонних конструкцій різного призначення [1, 10, 11, 12]. Тут слід зазначити основні переваги такої системи:

- ремонтна система на мінеральній основі дозволяє виконання робіт в умовах зволоженої основи, що в свою чергу, недопустимо при застосуванні системи РС (Polymer Concrete) – бетону на основі смол;

- продукти системи мають значну міцність на динамічні навантаження, в тому числі з ударним характером;

- мінімальна питома усадка в часі твердіння ремонтних розчинів системи (нижче 1 проміле через 28 днів);

- продукти системи є атмосферостійкими і стійкими до безпосередніх впливів середовищ в тому числі солей, характеризуються повною водо непроникливістю і дифузійністю, володіють великим карбонізаційним опором, завдяки чому допомагають продовженню терміну експлуатації конструкцій;

- відремонтовані поверхні можна повністю навантажувати транспортним або пішохідним рухом вже через 24 години після завершення ремонту;

- основні продукти системи доставляються у вигляді сухої суміші, яка призначена для замішування водою. Тому приготування готової ремонтної маси вимагає тільки дотримання умов дозування води та відповідного перемішування механічною мішалкою на малих обертах. Загальна схема системи РСС представлена на рис. 2.

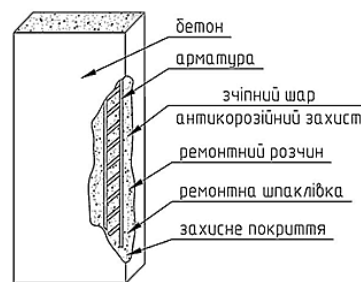


Рис. 2. Загальна схема системи РСС

Технологічні операції щодо застосування системи ремонту та відновлення бетонних та залізобетонних конструкцій детальніше описані в працях [1, 3].

Таким чином до системи відновлення залізобетону входить п'ять найменувань матеріа-

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

лів, які використовують у різних комбінаціях залежно від потреб [7]. Після відновлення залізобетонних балок виконуємо їх посилення композитними матеріалами згідно виконавчих схем представлених на рис. 3.

## Висновки

1. На підставі дослідження встановлено що причиною зменшення міцності бетону згідно з теорією залізобетону спричинило за собою зменшення несучої здатності залізобетонних балок і плити перекриття.

2. Для посилення та ін'єкційного заповнення сухих тріщин, розшарувань та інших пошкоджень у залізобетонних балках та плитах потрібно застосовувати компактні (нездатні до спінення) текучі поліуретанові композиції.

3. Виходячи з матеріалів обстеження [16] реального стану несучих залізобетонних балок було запропоновано застосувати ремонтну систему наведену в [1, 3].

4. Для посилення відновлених балок було запропоновано застосування композитних матеріалів (стрічки та мати з вуглецевого волокна).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лучко, Й. Й. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд [Текст] / Й. Й. Лучко, І. І. Глагола, Б. Л. Назаревич. – Львів : Каменяр, 1999. – 229 с.
2. Москвин, В. М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты [Текст] / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. Н. Алексеев, Е. А. Гузеев; под общ. ред. В. М. Москвина. – Москва : Строиздат, 1980. – 536 с.
3. Лучко, Й. Й. Методи захисту від корозії залізобетонних конструкцій і споруд [Текст] / Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета, Б. Л. Назаревич / МОН України, Дніпропетровський нац. ун-т ім. акад. В. Лазаряна. – Львів : Каменяр, 2016. – 415 с.
4. Маруха, В. І. Ін'єкційні технології відновлення роботоздатності пошкоджених споруд тривалої експлуатації [Текст] / В. І. Маруха, В. В. Панасюк, В. П. Силованюк — Львів : Сполом. – 2009, т. 12 – 262 с.
5. Бліхарський, З. Я. Міцність бетонних елементів під дією агресивного середовища [Текст] / З. Я. Бліхарський, І. І. Глагола, Р. С. Хміль // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів : Каменяр, 2002. – Вип. 4. – С. 30-37.
6. Гембара, Т. В. Аналітична оцінка корозійної деградації бетону в кислотному середовищі з урахуванням мінімальної концентрації агресивної речовини [Текст] / Т. В. Гембара, Й. Й. Лучко, І. І. Глагола / Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів : Каменяр, 2000. – Вип. 2. – С. 22-27.
7. Лучко, Й. Й. Методи визначення навантаження тріщиноутворення для оцінки корозійної тривалості залізобетонних конструкцій [Текст] / Й. Й. Лучко, Т. В. Гембара // Діагностика довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів : Каменяр, 2004. – Вип. 6. – С. 59-64.
8. Лучко, Й. Й. Розвиток заповненої льодом крайової тріщини в бетоні при довготривалих згинальних навантаженнях [Текст] / Й. Й. Лучко, Т. В. Гембара // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів : Каменяр, 2003. – Вип. 5. – С. 123-127.
9. Лучко, Й. Й. Проблеми оцінки впливу фізичних факторів на корозію бетонних та залізобетонних елементів конструкцій [Текст] / Й. Й. Лучко, Т. В. Гембара // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій. – Львів : Каменяр, 2005. – Вип. 6. – С. 506-511.
10. Лучко, Й. Й. Основні системи та технології по захисту бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії і вказівки по їх використанню [Текст] / Й. Й. Лучко, Б. Л. Назаревич, І. І. Глагола // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. – Львів : Каменяр, 2000. – Вип. 4. – С. 462-475.
11. Назаревич, Б. Л. Технологія посилення монолітних залізобетонних конструкцій перекриття будівлі (Київ, Чоколівський бульвар, 42а) [Текст] / Б. Л. Назаревич, Й. Й. Лучко, Ю. І. Іваник // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. – Львів : Каменяр, 2012. – Вип. 9. – С. 376-385.
12. Jozef J. Luczko. Wzmocnienie monolitycznej konstrukcji zelbetowej budynkow i budowli / Jozef J. Luczko, Bogdan L. Nazarewicz // Praca zbiorowa pod red. M.Kaminskiego "Wspolczesne metody naprawcze w obiektach budowlanych". – Wroclaw : DWE, 2009. – pp. 316–323.
13. Лучко, Й. Й. Деградація залізобетонних будівель та споруд тривалої експлуатації [Текст] / Й. Й. Лучко, І. І. Глагола, Б. Л. Назаревич // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів : Каменяр, 2002. – Вип. 4. – С. 123-131.
14. ДСТУ Б В.2.6-2:2009. Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загаль-



## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- ні технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.6-2-95 ; надано чинності 2010-10-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 28 с.
15. ДБН В.1.2-1-95. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Положення про розслідування причин аварій (обвалень) будівель, споруд їх частин та конструктивних елементів [Текст]. – Надано чинності 1995-07-01. – Київ : Держкоммістобудування України, 1995. – 22 с.
16. Звіт «Технічне обстеження конструктивних елементів цеху виробництва комбікорму за адресою: Київська обл., Переяслав – Хмельницький район, с. Переяславське, вул. Привокзальна 2 видача рекомендацій щодо подальшої безпечної експлуатації» [Текст]. – Львів, 2015. – 60 с.

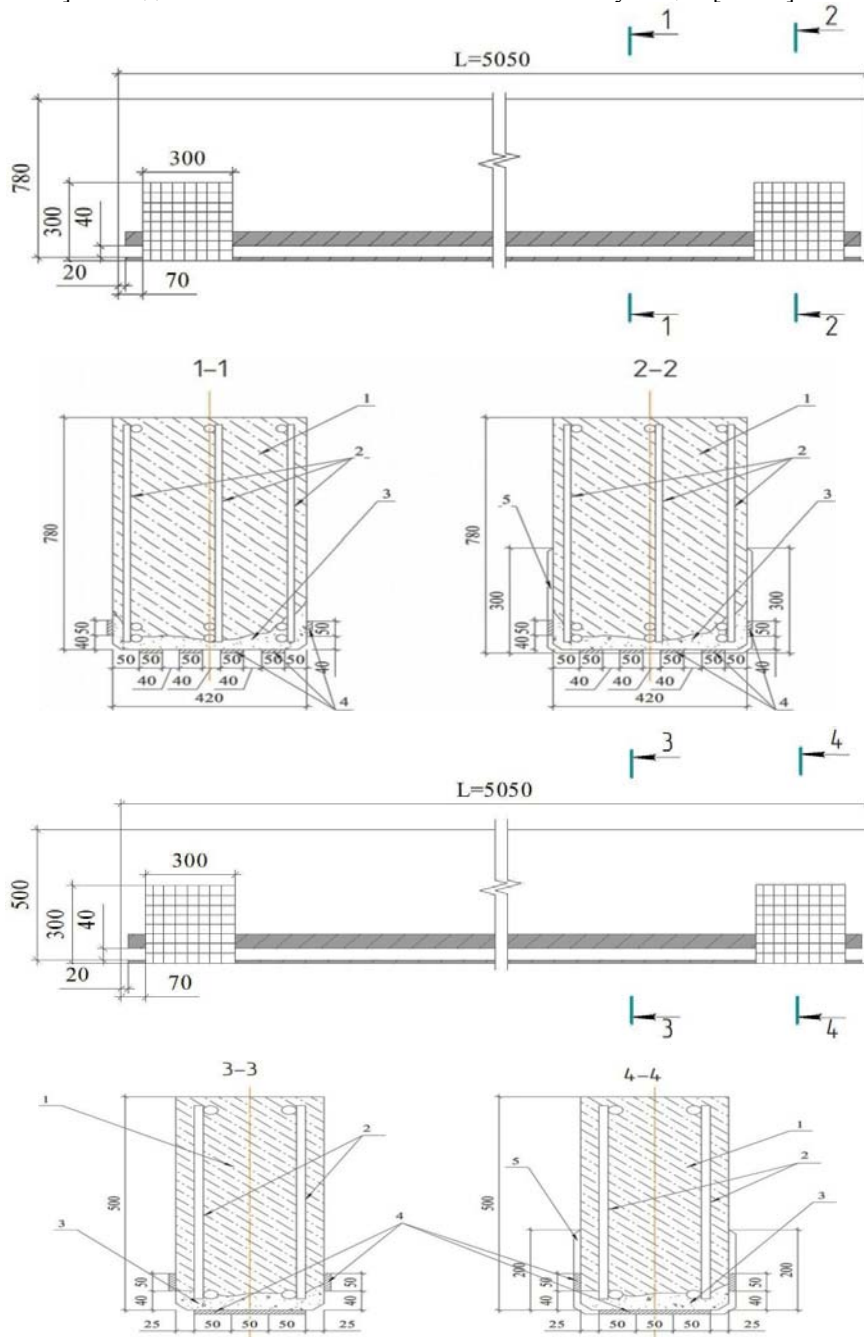


Рис. 3. Конструкція пошкодженої залізобетонної балки:

1 – існуюча залізобетонна балка; 2 – існуючі арматурні каркаси; 3 – відновлена бетонна поверхня за допомогою системи РСС; 4 – композитні стрічки посилення; 5 – вуглецеві мати для анкерування стрічок

\* Довжина балок вказана без врахування довжини обтірання.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

И. И. ЛУЧКО<sup>1</sup>, Б. Л. НАЗАРЕВИЧ<sup>2</sup>, И. Б. КРАВЕЦ<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Кафедра «Подвижной состав и путь», Львовский филиал Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Иванны Блажкевич, 12а, Львов, Украина, 79052, эл. почта lychko.diit@mail.ru

<sup>2</sup> Кафедра строительного производства, Институт строительства и инженерии окружающей среды, Национальный университет «Львовская политехника», ул. Карпинского 6, 2-ой корпус, к. 419, Львов, Украина, 79013, эл. почта bnazar@polynet.lviv.ua

<sup>3\*</sup> Кафедра «Подвижной состав и путь», Львовский филиал Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Иванны Блажкевич, 12а, Львов, Украина, 79052, эл. почта kravetsivan@mail.ua

## ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПОВРЕЖДЕННЫХ КОРРОЗИЕЙ РАЗГРУЗОЧНОГО УЗЛА ПОДЪЕЗДНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

**Цель.** Оценка состояния несущих конструкций здания и разработка решений для дальнейшей ее безопасной эксплуатации **Методика.** Авторами разработаны технологии и материалы, которые дают надежные результаты ремонтно-восстановительных работ до проектных показателей прочности и надежности железобетонных конструкций применяя в том числе инъекционные методы и материалы. В частности, усиление монолитных железобетонных конструкций **Научная новизна.** В ходе исследования установлено, что причиной уменьшения прочности бетона согласно теории железобетона повлекло за собой уменьшение несущей способности железобетонных балок и плит перекрытия. **Практическая значимость.** Для усиления восстановленных балок было предложено применение композитных материалов: ленты и маты из углеродного волокна.

*Ключевые слова:* несущие конструкции; ремонтно-восстановительные работы; надежность; инъекционные методы; монолитные железобетонные конструкции; ленты; углеродное волокно

Y. Y. LUCHKO<sup>1</sup>, B. L. NAZAREVICH<sup>2</sup>, I. B. KRAVETS<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Dept. of Rolling stock and track, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lviv branch, 12a I. Blazhkevych Sr., Lviv, Ukraine, 79052, e-mail lychko.diit@mail.ru

<sup>2</sup> Dept. of Building Production, Institute of Building and Environmental Engineering, National University «Lviv Polytechnic», 6 Karpinskyi St., 2nd academic building, 419-rs room, Lviv, Ukraine, 79013, e-mail bnazar@polynet.lviv.ua

<sup>3\*</sup> Dept. of Rolling stock and track, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lviv branch, 12a I. Blazhkevych St., Lviv, Ukraine, 79052, e-mail kravetsivan@mail.ua

## THE RESTORATION OF THE BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE BEAMS DAMAGED BY CORROSION OF THE HANDLING UNIT OF THE RAILWAY SIDING

**Purpose.** Assessment of load-bearing structures of the building and development of solutions for its further safe operation. **Methodology.** The authors have developed technology and materials which give the reliable results of the repair work to the design of the strength and reliability of concrete structures including injection techniques and materials. In particular, the strengthening monolithic reinforced concrete structures. **Originality.** During research it was established that the cause of the reduction of concrete strength according to the theory of reinforced concrete resulted in the reduction of the bearing capacity of reinforced concrete beams and slabs. **Practical value.** To enhance the restored beams, the application of composite materials: ribbons and mats of carbon fiber were proposed.

*Keywords:* structural engineering; repair work; reliability; injection techniques; monolithic reinforced concrete structures; ribbon; carbon fiber

## REFERENCES

1. Luchko J. J., Ghlaghola I. I., Nazarevych B. L. *Metody pidvyshhennja korozijnoji stijkosti ta dovghovichnosti betonnykh ta zalizobetonnykh konstrukcij i sporud* [Methods to improve corrosion resistance and durability of concrete and reinforced concrete structures and buildings]. Ljviv, Kamenjar Publ., 1999. 229 p.
2. Moskvina V. M., Ivanov F. M., Alekseev S. N., Guzeev Ye. A. *Korroziya betona i zhelezobetona, metody ikh zashchity* [Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods of protection]. Moscow, Stroizdat Publ., 1980. – 536 s.
3. Luchko J. J., Parneta B. Z., Nazarevych B. L. *Metody zakhystu vid koroziji zalizo-betonnykh konstrukcij i sporud* [Methods for corrosion protection of concrete structures and buildings]. Ljviv, Kamenjar Publ., 2016. 415 p.
4. Marukha V. I., Panasjuk V. V., Sylovanjuk V. P. *In'jekcijni tekhnologhiji vidnovlennja robotozdatnosti poskodzenykh sporud tryvaloju ekspluataciji* [Injection technology operability restore damaged buildings long operation]. Ljviv, Spolom Publ., 2009, vol. 12. 262 p.
5. Blikharskyj Z. Ja., Ghlaghola I. I., Khmilj R. Je. *Micnistj betonnykh elementiv pid dijeju aghresyvnoho seredovyshha* [The strength of the concrete elements under the influence of aggressive environment]. *Diagnostyka, dovghovichnistj ta rekonstrukcija mostiv i budivelnykh konstrukcij – Diagnosis, durability and reconstruction of bridges and building structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., 2002, vol. 4, pp. 30-37.
6. Ghembara T. V., Luchko J. J., Ghlaghola I. I. *Analitchna ocinka korozijnoji dehradaciji betonu v kyslotnomu seredovyshhi z urakhuvannjam minimaljnoji koncentraciji aghresyvnoji rehovyny* [Analytical evaluation of corrosion degradation of concrete in an acidic environment, taking into account the minimum concentration of aggressive substances]. *Diagnostyka, dovghovichnistj ta rekonstrukcija mostiv i budivelnykh konstrukcij – Diagnosis, durability and reconstruction of bridges and building structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., vol. 2, pp. 22-27.
7. Luchko J. J., Ghembara T. V. *Metody vyznachennja navantazhennja trishhynoutvorennja dlja ocinky korozijnoji tryvkosti zalizobetonnykh konstrukcij* [Methods for determination of fracture load for evaluating the corrosion resistance of reinforced concrete structures]. *Diagnostyka, dovghovichnistj ta rekonstrukcija mostiv i budivelnykh konstrukcij – Diagnosis, durability and reconstruction of bridges and building structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., 2004. – Vyp. 6. – S. 59-64.
8. Luchko J. J., Ghembara T. V. *Rozvytok zapovnenosti ljodom krajovoju trishhyny v betoni pry dovghotryvalykh zghynalnykh navantazhennjakh* [Development ice-filled cracks in concrete boundary at long bending loads]. *Diagnostyka, dovghovichnistj ta rekonstrukcija mostiv i budivelnykh konstrukcij – Diagnosis, durability and reconstruction of bridges and building structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., 2003, vol. 5, pp. 123-127.
9. Luchko J. J., Ghembara T. V. *Problemy ocinky vplyvu fizychnykh faktoriv na koroziju betonnykh ta zalizobetonnykh elementiv konstrukcij* [The problems of assessing the impact of physical factors on corrosion of concrete and reinforced concrete structural elements]. *Mekhanika i fizyka rujnuvannja budivelnykh materialiv i konstrukcij – Fracture mechanics and physics of building materials and structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., 2005, vol. 6, pp. 506-511.
10. Luchko J. J., Nazarevych B. L., Ghlaghola I. I. *Osnovni systemy ta tekhnologhiji po zakhystu betonnykh i zalizobetonnykh konstrukcij vid koroziji i vkazivky po jikh vykorystannju* [Key systems and technologies for the protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion and instructions on their use]. *Mekhanika i fizyka rujnuvannja budivelnykh materialiv i konstrukcij – Fracture mechanics and physics of building materials and structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., 2000, vol. 4, pp. 462-475.
11. Nazarevych B. L., Luchko J. J., Ivanyk Ju. I. *Tekhnologhija posylennja monolitynykh zalizobetonnykh konstrukcij perekryttja budivli (Kyjiv, Chokolivskyj buljar, 42a)* [The technology of monolithic concrete structures strengthening floor building (Kyiv, Chokolovsky Boulevard, 42a)]. *Mekhanika i fizyka rujnuvannja budivelnykh materialiv i konstrukcij – Fracture mechanics and physics of building materials and structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., 2012, vol. 9, pp. 376-385.
12. Jozef J. Luczko, Bogdan L. Nazarewicz *Wzmocnienie monolitycznej konstrukcji zelbetowej budynkow i budowli. Praca zbiorowa pod red. M. Kaminskiego “Wspolczesne metody naprawcze w obiektach budowlanych”*. Wroclaw, DWE, 2009, pp. 316 – 323.
13. Luchko J. J., Ghlaghola I. I., Nazarevych B. L. *Degradacija zalizobetonnykh budivelj ta sporud tryvaloju ekspluataciji* [Degradation of reinforced concrete buildings long operation]. *Diagnostyka, dovghovichnistj ta rekonstrukcija mostiv i budivelnykh konstrukcij – Diagnosis, durability and reconstruction of bridges and building structures*, Ljviv, Kamenjar Publ., 2002, vol. 4, pp. 123-131.



МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

---

14. DSTU B V.2.6-2:2009. Konstrukciji budynkiv i sporud. Vyroby betonni i zalizobetonni. Zaghaljni tekhnichni umovy [State Standard B V.2.6-2:2009. Construction of buildings and structures. Concrete and concrete. General specifications]. Kyjiv, Minreghionbud Ukrainy Publ., 2010. 28 p.
15. DBN V.1.2-1-95. Systema zabezpechennja nadijnosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Polozhennja pro rozsliduvannja prychn avarij (obvalenj) budivelj, sporud jikh chastyn ta konstruktyvnykh elementiv [State Standard V.1.2-1-95. System reliability and safety of construction projects. Regulation on the investigation into the causes of accidents (collapse) of buildings, structures and their parts and structural elements]. Kyjiv, Minreghionbud Ukrainy Publ., 1995. 22 p.
16. Zvit «Tekhnichne obstezhennja konstruktyvnykh elementiv cekhu vyrobnuctva kombikormu za adresoju: Kyjivvsjka obl., Perejaslav – Khmeljnyckyj rajon, s. Perejaslavsjske, vul. Pryvokzaljna 2 vydacha rekomendacij shhodo podaljšhoji bezpečnoji ekspluataciji» [The report "Technical examination of structural elements of the workshop production of feed for al-RESO: Str., Pereyaslav – Chmel'nica-cue area with. Pereyaslavskoe Str. Railroad station 2 issuing recommendations on further bezpech-term operation]. Ljviv, 2015, 60 p.

*Стаття рекомендована до публікації д.т.н, проф. С. Й. Солодким (Україна), д.т.н., доц. О. Л. Тютькіним (Україна).*

Надійшла до редколегії 29.11.2016.

Прийнята до друку 26.12.2016.