

**ДОСЛІДЖЕННЯ І ПОСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
МОНОЛІТНИХ РАМ СПОРУДИ ЇДАЛЬНИ КОЛИШНЬОЇ ФАБРИКИ
«ЗЕНІТ»**

**RESEARCH AND STRENGTHENING OF THE LOAD-BEARING
REINFORCED CONCRETE MONOLITHIC FRAMES OF THE FORMER
ZENIT FACTORY**

Лучко Й.Й., д.т.н., професор, ORCID 0000-0002-3675-0503 (Львівський національний університет природокористування); **Пенцак А.Я.**, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0001-7491-6730 (Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів). **Попик О.В.** студентка ORCID: 0009-0003-2603-7442 (Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів).

Luchko Josyp, doctor of technical sciences, professor, ORCID 0000-0002-3675-0503 (Lviv National University of Nature Management);

Pentsak Andriy., candidate of technical sciences, senior lecturer, ORCID: 0000-0001-7491-6730 (Lviv Polytechnic National University, Lviv).

Popyk Olexandra, student, ORCID: 0009-0003-2603-7442 (Lviv Polytechnic National University, Lviv)

В роботі представлено результати візуального огляду та інструментального дослідження несучих залізобетонних монолітних рам (колон і ригелів) та плит перекриття колишньої фабрики «Зеніт» у м. Тячеві Закарпатської області. Наведено загальні відомості про будівлю та її конструктивне рішення. Наведені дані про виявлені дефекти і пошкодження, що виникли протягом тривалого періоду експлуатації. Згідно чинних норм встановлено загальний технічний стан будівлі та сформульовані відповідні висновки щодо необхідності проведення ремонтних робіт. На основі результатів натурних обстежень, відповідних розрахунків та висновків були розроблені рекомендації з ремонту та усунення виявлених дефектів і пошкоджень.

In this work, based on the analysis of literary scientific and technical sources and the performed field studies, the problem of degradation of reinforced concrete structures of long-term use is formulated and its relevance is noted. The authors analyzed a number of works on the specified issues. The paper presents the results of a visual inspection and instrumental research of load-bearing reinforced concrete monolithic frames (columns and crossbars) and floor slabs of the former Zenit factory in the town of Tyachev, Zakarpattia region. General information about the building and its structural solution is

provided. The task of the research included establishing the actual technical condition of the building's supporting structures and the possibility of its further reliable operation. The main reasons that caused the need for research and the development of recommendations for the elimination of detected defects and damages, as well as the shortcomings of long-term operation, were established. Data on detected defects and damage that occurred during a long period of operation are given. According to the current regulations, the general technical condition of the building was established and appropriate conclusions were formulated regarding the need for repair work. Based on the results of on-site inspections, relevant calculations and conclusions, recommendations for repair and elimination of detected defects and damage were developed. During the inspection of the building of the Zenit factory in Tyachevo, defects were found: in particular, structural defects of the monolithic reinforced concrete beams of the second and third floors. To restore the load-bearing capacity of monolithic structures, the PCC repair system of the "PAGEL" company was used, and the strengthening was carried out by applying composite tapes based on epoxy resins with carbon fibers, which were covered with composite mats and glued with resin 55 epoxy glue.

Ключові слова. Залізобетон, колона, ригель, технологія, корозія, посилення, бетон, арматура, несуча здатність, анкерування, тріщина

Keywords: Reinforced concrete, slab, coating, technology, reinforcement, concrete, reinforcement, bearing capacity, anchoring, crack.

Вступ. Проблема та актуальність. На сьогоднішній день сучасні будівлі і споруди відіграють важливу роль суспільства будь-якої країни і суттєво впливають на життя людей. Кількість і якість сучасних зведених будівель і споруд є об'єктивним показником розвитку економіки цивілізованих держав, її науки, культури, виробництва та добробуту народу. Кожна будівля і споруда повинна відповідати певним експлуатаційним властивостям, які повинні зберігатися протягом всього терміну служби, завдяки технічно-правильній експлуатації. Важливість цієї проблеми пов'язана насамперед із технічним станом виробничих будівель і споруд та інженерних систем, які здебільшого були зведені у 70–90 роках і сьогодні перебувають переважно у задовільному технічному стані. Однак, частина із них внаслідок фізичного зношення стали непридатними, а в окремих випадках, потенційно небезпечними для подальшої їх експлуатації. Також наявність достатньо значної кількості будівель і споруд, будівництво яких було зупинено у 80-х роках, зокрема, з причин фінансування та зміни виробничих технологій, ставить на перший план проблему дослідження залишкового ресурсу несучої здатності їх конструкцій та можливого їх перепрофілювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кожна будівля і споруда повинна відповідати певним експлуатаційним характеристикам, які мають

зберігатися протягом всього терміну експлуатації. Основою надійності і довговічності експлуатації будівлі і споруд є попередження фізичного зношення, а також усунення дефектів і пошкоджень, які виникають при експлуатації, що досягається застосуванням системи обстежень та планово запобіжними ремонтами. Критичний аналіз науково-технічних джерел [1–6] дає підставу стверджувати, що в останні три десятиріччя сформувався і дістав розвиток науковий напрямок досліджень конструкцій будівель і споруд тривалої експлуатації, які зазнають агресивної дії повітряного ґрунтового і водного середовищ.

Розглянемо деякі із них: у роботах [1,2] описано технічну експлуатацію і реконструкцію та основи організації технічної експлуатації. Зокрема, у роботі [1] викладено основи організації технічної експлуатації будівель і споруд, розглянуто питання реконструкції міської забудови і найбільш доцільні рішення щодо реконструкції. Також описана модернізація будівель із врахуванням їх об'ємно планувальних рішень та конструктивних особливостей і технічного стану. Наведено рекомендації з ремонту та підсилення конструктивних елементів з використанням сучасних матеріалів і технологій. А у роботі [2] викладено основи організації технічної експлуатації будівель та інженерних споруд. Наведено перспективи та особливості технічної експлуатації та доцільність рішень по її організації.

У роботі [3] ґрунтовно висвітлені питання обстеження, реконструкція будівель та споруд і посилення їх конструктивних елементів. Розглянуто практичні підходи до реконструкції, та забудови різного призначення, що враховують реальний технічний стан, а також при необхідності результати техніко-економічної доцільності переорієнтації (перепрофілювання).

Зокрема, у роботі [4] на підставі результатів технічного обстеження виробничих і цивільних об'єктів узагальнено характерні ознаки і властивості деградації залізобетонних конструкцій. У ході обстеження виявлені значні пошкодження і дефекти, які пов'язані із тривалою експлуатацією у повітряному середовищі помилки, недоліки і дефекти, які були допущені при проектуванні і зведенні вказаних об'єктів. Це залізобетонні конструкції обертових печей цементного заводу у м. Миколаєві, та корозійне руйнування естакади придністровської ГЕС і руйнування конструкцій заводу «Три бетони» у м. Стрий, руйнування конструкцій паркінгу гірськолижного курорту «Буковель» та руйнування залізобетонних конструкцій басейну готелю «Прикарпаття» у м. Трускавець і на багатьох об'єктах (більше 40), на яких автори досліджували деградацію залізобетонних конструкцій. На основі цих досліджень були встановлені основні помилки, допущені на стадії проектування, дефекти і недоліки будівництва та недоліки тривалої експлуатації будівель і споруд. Також запропоновано сучасні технології і матеріали для ремонтно-відновлюваних робіт.

У роботі [5] наведено результати роботи мостів, які були збудовані в Україні після повеней 1998-2001 рр. та тривалої експлуатації. Розглянуто

реальні ситуації на прикладах залізобетонного балкового мосту через р. Тиса у м. Хуст, монолітного рамно-консольного побудованого у 2000 р., попередньо зруйнованого під час повені в 1998 р. Наведено фрагмент карти проїзної частини цього мосту, на якій показано дефекти – тріщини, які з'явилися менш ніж через 2 роки експлуатації. Також обстеженнями встановлено великий розкид міцності бетону при зведенні проїзної частини мосту і виявлено, що між деякими прогонами нема проектного зазору між торцями балок, що може суттєво вплинути на напружено-деформований стан конструкцій.

Було також обстежено шість сталезалізобетонних мостів, побудованих після повені 1998 р. у Кобелецькій та Косівській полянах із різних (11,8 і 23,6 м) прогонів. На рисунках показано влаштування проїзної частини мостів у період будівництва та їх випробування на статичні і динамічні навантаження. Потрібно зазначити, що в цих сталезалізобетонних мостів, збудованих у 2000 р., кращий стан ніж у згаданих раніше, але і у них зафіксовано тріщини.

Якщо наведені приклади свідчать про неякісне виконання робіт у період будівництва мостів, то в елементах конструкцій мостів тривалої експлуатації маємо природну деградацію фізико-механічних властивостей матеріалу. Ці дані підтверджуються на прикладі обстеження шляхопроводу в м. Мукачево, який експлуатується 30 років. Представлено схему зниження ресурсу споруди (мосту). Отже, в цій роботі встановлені помилки проектування, дефекти і недоліки будівництва залізобетонних (сталезалізобетонних) мостів і шляхопроводів тривалої експлуатації.

У роботах [6, 7] на основі виконаних натурних досліджень сформульовано проблеми деградації бетонних і залізобетонних конструкцій будівель і споруд тривалої експлуатації та відзначено її актуальність. Проаналізовано авторами низку робіт із вказаної проблеми. Зокрема, описано результати технічної діагностики багатьох будівель і споруд, як новозбудованих так і тривалої експлуатації. Відзначено необхідність періодичного проведення технічної діагностики для виявлення помилок на стадії проектування, дефектів та недоліків будівництва та недоліків експлуатації будівель і споруд. Також, використовуючи сучасні технології та матеріали, автори визначили переваги застосування їх для ремонтно-відновлювальних робіт бетонних і залізобетонних конструкцій на ряді об'єктів тривалої експлуатації.

Мета. Метою роботи є, на підставі обстежень та експериментально-теоретичних досліджень несучої здатності монолітних рам – колон і ригелів та плит покриття, відновлення загальної міцності будівлі і продовження її експлуатаційної довговічності. Також накопичення даних посилення залізобетонних монолітних рам.

Основні результати та їх аналіз

Загальні відомості. На замовлення колишньої фабрики «Зеніт» було виконано обстеження конструкцій їдальні та дана оцінка технічного стану конструктивних елементів будівлі. Споруда їдальні триповерхова з підвалом.

Загальний вигляд в період капітального ремонту (04.03.2009р.) показано на рис.1.



Рис.1. Загальний вигляд їдальні фабрики «Зеніт»

Конструктивна схема рамно-каркасна з монолітного залізобетону із кроком колон 6 м. Колони із жорстким кріпленням до монолітних ригелів. Перекриття – збірні залізобетонні пустотні плити. Стіни і перегородки з цегли. Така схема утворює жорстку систему для сприйняття вертикальних і горизонтальних навантажень. Проект розроблено для застосування у районах з сейсмічністю у 7 балів. На час обстеження об'єкт був занедбаний та не діючий тривалий час.

Завданням досліджень було на підставі матеріалів обстеження та вивчення наявної технічної документації на дану будівлю оцінити технічний стан несучих конструкцій, визначити характер і причини виникнення дефектів і пошкоджень, їх вплив на несучу здатність і експлуатаційний стан та розробити рекомендації щодо подальшої безпечної експлуатації будівлі.

Натурні дослідження. Натурними дослідженнями 2008р.при обстеженні будівлі їдальні фабрики «Зеніт» у м.Тячеві було встановлено цілий ряд дефектів і конструктивних пошкоджень елементів об'єкту які суттєво впливають на його експлуатаційні характеристики в цілому [8]. До обстеження покриття їдальні було плоским, а опісля, врахувавши загальний стан будівлі, було вирішено виконати монолітний залізобетонний пояс по периметру будівлі та влаштувати шатровий дах по металевих фермах.

При обстеженні встановлено, що монолітні залізобетонні ригелі підвального і першого поверхів у задовільному стані, але ригелі другого і третього поверхів знаходяться в аварійному стані (див. рис.2.) [8].



a



b



c



d

Рис.2. Загальний вигляд пошкоджень ригелів другого і третього поверхів: *a* – на другому поверсі; *b* – на третьому поверсі, *c*, *d* – посилення колон металевими обоймами.

При візуальному огляді (2008р.) виявлено значну карбонізацію бетону монолітних ригелів будівлі (див. рис.2*b*), корозію закладних деталей та арматури ригелів а також раковини та сколи в залізобетонних рамах і плитах перекриття та інші недоліки тривалої експлуатації споруди. Зокрема, наявність нормальних і похилих тріщин по всій розтягнутій зоні ригелів, розкриття яких на час обстеження становить 0,1 – 0,5 мм, що перевищує допустиме розкриття, оголена робоча арматура ригелів, корозійні процеси арматури. Зокрема, виявлено тріщини і раковини в плитах перекриття, на окремих ділянках яких оголена арматура та корозія арматурних сіток. (див. рис.2 *a,b*).

З метою збільшення несучої здатності ригелів другого і третього поверхів запропоновано застосування ремонтної системи РСС фірми “PAGEL”, а

посилення виконати методом аплікації композитних стрічок на базі епоксидних смол з вуглецевими волокнами, анкетуючи їх за допомогою композитних матів з вуглецевими волокнами фірми “S&P Reinforcement” (рис.3). Композитні стрічки на базі епоксидних смол, іншими словами стрічки S&P CFK-Lamellen Sheet є готовими композитними виробами з вуглецевих волокон, втоплених в матриці з епоксидної смоли. Стрічки S&P CFK-Lamellen призначені для посилення бетонних або попередньо напружених залізобетонних і металевих конструкцій, за допомогою аплікації епоксидним клеєм Resin 220. Для відновлення міцності бетону та несучої здатності монолітних ригелів було використано систему PCC фірми “PAGEL” (див.рис.3).

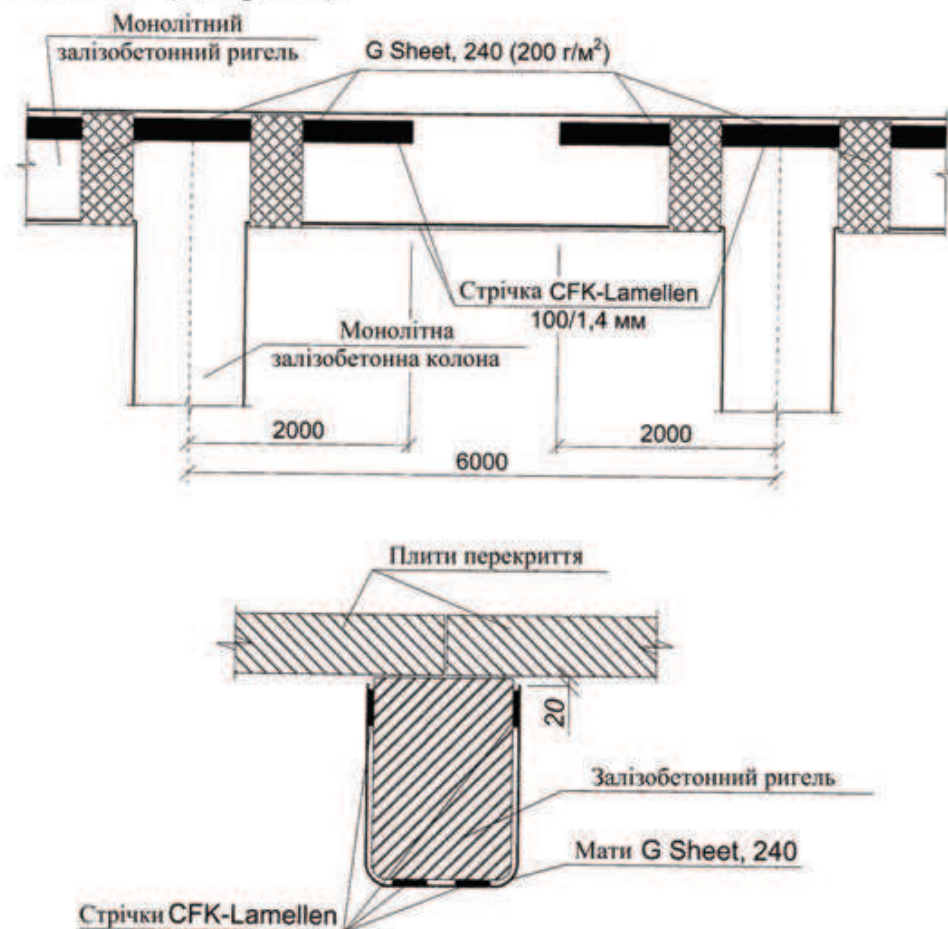


Рис.3.Схема посилення ригелів композитними матеріалами

Стрічки цього типу найчастіше застосовуються:

- у випадку збільшення навантажень в результаті зміни умов експлуатації;
- у випадку пошкоджень конструкцій;
- при зміні розрахункової схеми роботи конструкцій;
- для коригування проектних або виконавчих помилок.

Приклеєні до конструкції стрічки S&P CFK-Lamellen є додатковим армуванням, яке сприймає напруження розтягу, або напруження при

переміщенні. Аплікація стрічок забезпечує збільшення несучої здатності конструкції, як і обмежує її деформації.

З метою анкетування стрічок запропоновано є застосування композитних матів з вуглецевими волокнами:

- мати S&P C Sheet є готовими композитними виробами звуглецевих волокон на базі поліестру;
- мати S&P C Sheet призначені для посилення бетонних або попередньо напружених залізобетонних і металевих конструкцій, за допомогою аплікації епоксидним клеєм Resin 55.

Також на підставі збільшення навантаження за рахунок скатного даху було виконано перевірочний розрахунок несучої здатності колон нижніх поверхів та посилення їх металевими обоймами (див рис.2, *c,d*).

Наукова новизна та практична значимість. На підставі аналізу науково-технічних джерел та низки натурних обстежень і теоретичних досліджень, розроблено конструкції посилення залізобетонних монолітних рам – колон і ригелів будівлі. Зокрема, відновлено несучу здатність будівлі в цілому та продовження терміну її експлуатації.

На основі низки експериментально-теоретичних досліджень були розроблені пропозиції для посилення несучої здатності монолітних залізобетонних рамних будівель з врахуванням сейсмічних навантажень

Висновки. На основі критичного аналізу науково-технічних джерел та низки натурних обстежень (досліджень) і розрахунків залізобетонних збірних і монолітних несучих конструкцій посилення залізобетонних плит перекриття та технології відновлення їх несучої здатності можна сформулювати наступні висновки:

1. На підставі низки досліджень залізобетонних конструкцій, зокрема монолітних ригелів і колон та плит виробничих будівель тривалої експлуатації були встановлені причини, що призвели до необхідності обстеження їх несучої здатності. Зокрема: слабкий вхідний контроль за якістю бетону та збірних залізобетонних конструкцій; незадовільний технічний контроль ВТК і заводської лабораторії; неточності у оснастці для виготовлення, зокрема, залізобетонних плит перекриття; порушення технології будівництва і перевищення допусків та відхилень вимогам норм. Ці порушення і зменшили загальну несучу здатність основних несучих конструкцій будівлі ідальні.

2. Після вибору матеріалів при капітальному ремонті необхідно перевірити несучу здатність колон і ригелів каркасів для прийняття остаточного рішення щодо необхідності їх підсилення. Проект реконструкції необхідно виконати сертифікованими спеціалістами. До початку ремонтно-відновлювальних робіт обгородити будівлю та роботи проводити з дотриманням вимог техніки безпеки в будівництві. Рівень реконструкції прийняти: а) «відновлення стану конструкцій до рівня, що передував

пошкодженню» згідно ДБН В. 1.1–12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України».

3. Дослідженнями будівлі їдальні фабрики «Зеніт» у м.Тячеві було виявлено цілий ряд дефектів: зокрема конструктивних дефектів монолітних залізобетонних ригелів другого і третього поверхів . Для відновлення несучої здатності монолітних конструкцій застосовано ремонтну систему РСС фірми “PAGEL”, а посилення виконано методом аплікації композитних стрічок на базі епоксидних смол з вуглецевими волокнами, які анкетовані композитними матами і приклеєні епоксидним клеєм Resin 55.

4. На підставі перевірного розрахунку міцності колон було прийнято рішення про їх посилення в підвальному та першому поверхах металевими обоймами з кутників, які необхідно оштукатурити методом торкретування. Також було виконано монолітний залізобетонний пояс по цегляній кладці парапету під металеві ферми шатрового даху.

5. На даний час 2024 р. залізобетонні конструкції та несуча здатність монолітних рам знаходяться у адовільному стані.

1. Гавриляк А.І. Технічна експлуатація, реконструкція і модернізація будівель: Навч.посібник / А.І.Гавриляк, І.Б.Базарник , Р.І.Кінаш і ін../за ред. А.І.Гавриляка Львів.-Вид-цтво НУ «Львівська політехніка». 2006.- 540 с.

2. Гавриляк А.І. Основи технічної експлуатації будівель та інженерних систем. / Навч.посібник. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка». 2009. –292 с.

3. Іваник І.Г. Основи реконструкції будівель і споруд /Навч.посібник./ І.Г.Іваник, С.І.Віхоть, Р.С.Пожар і ін..//За ред І. Іваника – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка».2010. – 276с.

4. Лучко Й. Й. Основні фактори середовища, які впливають на деградацію транспортних споруд із залізобетонних і металевих гофрованих конструкцій / Й.Й. Лучко// Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: матеріали XXII Міжнародного науково-практичного форуму, 5–7 жовтня 2021 р.: у 2 т. Львів: ННВК “АТБ”. 2021. – Т. 2. – С. 203–206.

5. Лучко Й. Й. Дослідження збудованих мостів які були зруйнованих повеннями на Україні в 1998 і 2001 роках та тривалої експлуатації /Й. Й. Лучко, І. .І. Кархут, І. Б. Кравець // 36. наук. праць “Мости і тунелі: Теорія, дослідження, практика”. – Дніпро, 2021. – Вип. 20. – С. 26-38.

6. Luchko J. Degrading concrete and reinforced building structures and long-term structures / J. Luchko, B. Nazarevich, V. Kovalchuk // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, – Odessa: OSACEA, 2022. –no. 86. – page 35–46.

7. Лучко Й. Й. Методи захисту від корозії залізобетонних конструкцій і споруд: [Монографія] / Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета, Б. Л. Назаревич//, МОН України, Дніпропетровський нац. ун-т ім. акад. В. Лазаряна. – Львів. Каменярь, 2016. – 415 с. – ISBN 978-966-607-371-3.

8. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ: ДП «УкрНДІ» 2017 р. – 44 с.