

**ДОСЛІДЖЕННЯ І ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ
ПОКРИТТЯ НА МУКАЧІВСЬКОМУ ЗАВОДІ БУДІВЕЛЬНИХ
ВИРОБІВ.**

**RESEARCH AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE
COATING SLABS AT THE MUKACHIV FACTORY OF BUILDING
PRODUCTS.**

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). **Парнета Б.З., к.т.н, доцент**, ORCID 0000-0002-2696-2449 (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). **Parneta Bohdan, candidate of technical sciences, senior lecturer**, ORCID 0000-0002-2696-2449 (Lviv Polytechnic National University, Lviv).

У даній роботі представлено аналіз та результати натурних обстежень і досліджень залізобетонних плит покриття на Мукачівському заводі будівельних виробів. Виконано розрахунок та запроєктовано конструкцію посилення плит покриття у формувальному цеху МЗБВ. На підставі розрахунків та аналізу натурних обстежень сформульовані пропозиції і розроблено рекомендації та наведено технологію посилення залізобетонних плит покриття.

This paper presents the analysis of scientific and technical sources and the results of field surveys and studies of reinforced concrete slabs at the Mukachevo Plant of Durable Building Products and notes their relevance. An analysis of recent research and publications is also provided. The general information and design solutions of the investigated long-term operation MZBP are presented. The results of full-scale studies of pavement structures, in particular, pavement slabs of the Mukachevo Plant of Building Products, are presented. The calculation and design of the reinforcement of the pavement slabs in the moulding shop of the MZBP were performed. Based on the calculations and analysis of field surveys, proposals and recommendations were formulated and the technology for reinforcing reinforced concrete pavement slabs was presented. In particular, two slabs had defects and damage, and

micro- and macro-cracks were found. The paper describes the technology for restoring the bearing capacity of reinforced concrete slabs produced by the Mukachevo Plant of Building Materials. The results revealed the crushing of monolithic concrete between the slabs as a result of dynamic loads of the vibrating platform and the movement of overhead cranes in the moulding shop. The results of determining the strength of concrete using a non-destructive method showed that the concrete strength is in the range of 16-17 MPa. The tests also revealed that some of the slabs have several inclined force cracks in the longitudinal ribs. Currently, the reinforced concrete slabs and the bearing capacity of the pavement are in poor condition. In addition, the owner of the territory has changed and the plant's facilities are being completely dismantled. It is obvious that the territory of the plant will be re-profiled. The scientific novelty and practical significance of the research are presented and the relevant conclusions are formulated.

Ключові слова. Залізобетон, плита, покриття, технологія, посилення, бетон, арматура, несуча здатність, анкерування, тріщина
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 та на підставі досліджень із застосуванням сучасних технологій і матеріалів.

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 роботі [6] 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 плит покриття, відновлення загальної міцності покриття і продовження його експлуатаційної довговічності. Також накопичення даних посилення залізобетонних плит покриття.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальні відомості. Дослідження і посилення плит покриття Мукачівського заводу будівельних виробів. Робота виконувалася на замовлення ВО «Закарпатзалізобетон». Згідно календарного плану робіт необхідно було провести обстеження залізобетонних плит покриття у формувальному цеху МЗБВ у яких з’явилися тріщини у процесі їх експлуатації. У зв’язку з цим, потрібно було виконати обстеження і розробити рекомендації з посилення залізобетонних плит покриття в яких виявлено тріщини. Завод запроектований інститутом

(«Півдніпроцемент») у м.Харкові в 1970 році, а був побудований і почав випускати продукцію у 1973 році.

Конструктивне рішення. Каркас заводу виконано зі збірного залізобетону. Головний виробничий корпус заводу представляє собою трипрогонову криту кранову естакаду, обладнану шістьма мостовими кранами 30/5 т. Перший прогін заводу спеціалізується на виготовленні великорозмірних виробів типу колон, ригелів, палей, плит покриття і стінових панелей. Лінія обладнана трибункерним бетоноукладчиком та віброплощадкою на 20 т. Працює також друга віброплощадка і бетоноукладчик. Цей прогон має декілька камер для термообробки ямного типу. Крок колон у формувальному цеху 12м. Підкранові балки залізобетонні двотаврові попередньо напружені.

Натурні обстеження. Натурні обстеження залізобетонних плит покриття у формувальному цеху МЗБВ було розпочато 01.07.1990 р., якими було встановлено наступне:

1. Дослідження міцності бетону плит покриття виконували неруйнівним методом та визначали по 10–12-и замірам. Результати показали, що міцність бетону знаходиться в межах 16–17 МПа. Дослідженнями плит покриття виявлено, що у деяких із них є декілька похилих силових тріщин у поздовжніх ребрах. Зокрема, у якій плиті найбільші розкриття силових тріщин наведено на рис.1. Напевно, виникненню тріщин у плиті сприяло непаралельність-перекос поясів ферм, на які вона опирається, або самої плити.

2. Має місце дроблення бетону замонолічування між швами плит покриття. Це, можливо, у результаті динамічних навантажень віброплощадки та руху мостових кранів.

3. У загальному, решта конструкцій цеху залізобетонного каркасу знаходилися у задовільному стані. Міцність бетону визначали пружним приладом ЛПЖТА. Середнє значення по 10–12-и замірам для обстежуваної плити становило 21,3МПа [7].

Пропозиції та рекомендації з посилення залізобетонних плит.

1. На основі проведених обстежень у формувальному цеху плит покриття та аналізу виявлених дефектів, недоліки в цих конструкціях такі: силові тріщини, понижена міцність бетону (при поверхневому дробленні), випадання монолітного бетону із швів між плитами покриття, лушення поверхнього шару бетону в окремих місцях на конструкціях, а також почалася корозія бетону і металевих елементів та ін. В результаті аналізу наведених дефектів можна зробити висновок про необхідність обстеження всіх конструкцій заводу протягом одного-двох років та при необхідності посилити їх як пропонується у рекомендаціях [7].

На підставі досліджень була розроблена конструкція посилення плит покриття, яка наведена на рисунку 1

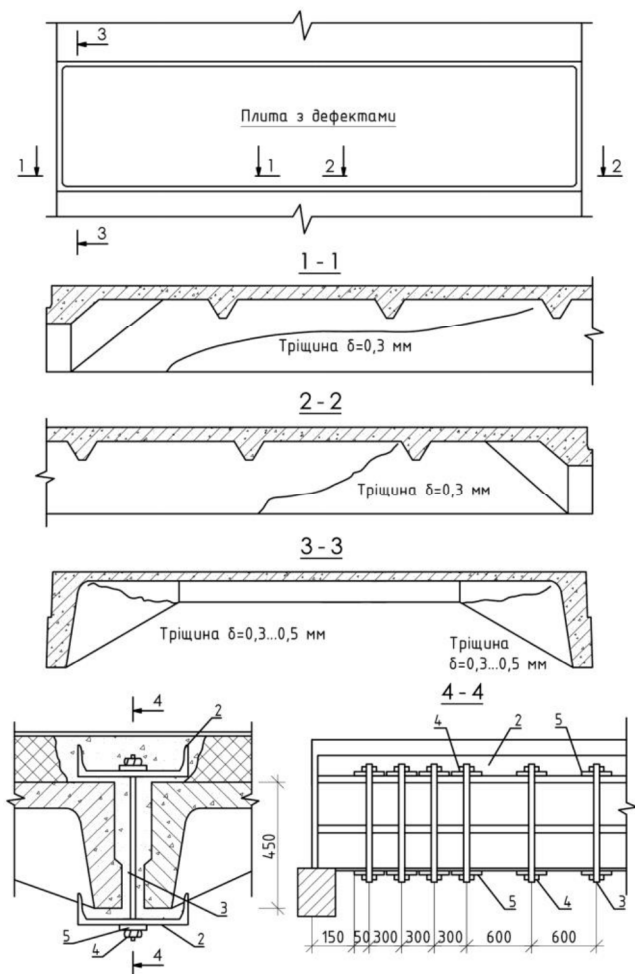


Рис.1. Дефекти та посилення конструкцій залізобетонних плит покриття на МЗБВ.

2. Пливу (плити) покриття з дефектами посилити по розробленому проекту (див.рис.1). Детальна схема посилення і вузли кріплення та пояснення наведені в роботі [7].

3. Всі роботи з посилення плит покриття виконувати при відсутності працівників у цьому цеху або в неробочі суботи при неухильному дотриманні правил техніки безпеки.

Технологія посилення залізобетонних плит покриття:

1. Підготувати всі елементи посилення плит покриття.
2. Підготувати плиту покриття до посилення (очистити, видалити з конструкції покриття, зволожити).
3. Пробити отвір у шві між поздовжніми ребрами плит для пропуску тяг (позиція 3).
4. Встановити позицію 2 на полімер розчинний шар у проектне положення.
5. Встановити позицію 1 за допомогою тяг (позиції 3) та підмостей у проектне положення, залишивши зазор для заливки у порожнину позиції 1 полімерного розчину.
6. З допомогою тяг (позиція 3) підтягнути позицію 1 у проектне положення, контролюючи повне заповнення полімеррозчином зазору між ребрами плит і позицією 1. [7].
7. Після виконання пунктів 1 – 6 технології посилення плит покриття пофарбувати нижню частину металевої конструкції посилення масляною фарбою за два рази (позиції 2, 4, 5).

Склад полімерного розчину:

1. Епоксидна смола ЕД-5 – 100 вагових одиниць.
2. Дибутилфталат (пластифікатор) – 15 вагових одиниць.
3. Поліетиленполіамід (затверджувач) – 10 вагових одиниць.
4. Цемент (наповнювач) – 200 вагових одиниць.

Повторні обстеження. При повторному обстеженні 30.03.2023 року виявилось що змінився власник приміщень і ситуація за підтриманням експлуатаційних властивостей залізобетонних конструкцій суттєво погіршилась. Результати обстеження наведені на рис.2.

За період від попереднього обстеження, яке відбулось 01.07.1990р. (за 33 роки) пройшла значна деградація практично всіх будівельних конструкцій заводу.

Основною причиною, що призвело до такого стану конструкцій заводу стала відсутність ремонту покрівлі. Тривалий період замокання конструкцій плит покриття, ферм та колон призвели до значної карбонізації бетону, корозії арматури в плитах покриття та фермах, лущення бетону в плитах і дроблення замоноличеного бетону у швах між плитами покриття.

Це свідчить, що ремонт покрівлі тривалий час взагалі не відбувався; відбулась значна корозія закладних деталей залізобетонних конструкцій: плит покриття, ферм та колон (див. рис.2); віконні металеві перепльоти практично зруйновані корозією, а в значній частині вікон відсутнє засклення. Велика кількість двотаврових попередньо напружених залізобетонних підкранових балок у формувальному цеху демонтовані, очевидно вони піддались значній деградації, в них з'явились тріщини, пройшла значно карбонізація бетону і корозія арматури; зруйнована конструкція залізобетонних камер пропарювання у формувальному цеху. Відбулось суттєве пошкодження карнізних та стінових панелей (див рис.2f).



a



b



c



d



e



f

Рис.2. Деградація залізобетонних конструкцій на МЗБВ:

a - демонтовані підкранові попередньо напружені балки, що були підсилені у формувальному цеху і інші, які зазнали загальної деградації (карбонізація бетону, корозія арматури); *b* - значні дефекти і пошкодження залізобетонних конструкцій даху (дроблення і випадання монолітного бетону із швів між плитами покриття, значна карбонізація плит покриття від замкання); *c* - зруйновані конструкції пропарювальних камер (повна карбонізація бетону, значна втрата міцності бетону); *d* - значні дефекти і пошкодження колон (тривале замкання, тріщини, корозія арматури, лущення бетону); *e* - суттєве пошкодження огорожувальних конструкцій (корозія сталевих рам вікон і зв'язків); *f* - деградація стінових панелей (тріщини, карбонізація бетону, корозія арматури і закладних деталей).

Таким чином на основі візуального огляду (30.03.2023р.) будівлі мукачівського заводу будівельних виробів та згідно ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану (Київ, 2017). [8]), стан несучих та огорожувальних конструкцій і самої будівлі з врахуванням значних недоліків, дефектів і пошкоджень, які практично не підлягають усуненню, технічний стан будівлі можна визнати як аварійний (категорія 4).

Наукова новизна та практична значимість. На основі аналізу науково-технічних джерел та низки натурних обстежень і теоретичних досліджень, розроблено конструкції посилення залізобетонних плит покриття. Зокрема, відновлення несучої здатності покриття тривалої експлуатації та продовження терміну його надійної роботи.

На підставі низки експериментально-теоретичних досліджень були розроблені рекомендації для посилення несучої здатності плит покриття та міцності покриття в цілому. Також відпрацьована методика ремонтно-відновлювальних робіт із застосуванням сучасних матеріалів і технологій.

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

1. На підставі низки досліджень залізобетонних плит покриття виробничих будівель і заводів тривалої експлуатації були встановлені причини, що призвели до необхідності обстеження їх несучої здатності. Зокрема: відсутність входного контролю за якістю збірних залізобетонних конструкцій; незадовільний технічний контроль ВТК і заводської лабораторії; неточності у оснастці для виготовлення, зокрема, залізобетонних плит покриття; порушення технології будівництва і перевищення допусків та відхилень вимогам норм. Ці порушення і зменшили загальну несучу здатність покриття МЗБВ.

2. На основі виконаних обстежень плит покриття у формуальному цеху та аналізу дефектів і пошкоджень, зокрема силових тріщин, зниженої міцності бетону, дроблення та випадання монолітного бетону у швах між плитами покриття, лушення поверхневого шару бетону на окремих ділянках, ознаки корозії бетону і металевих елементів та ін., можна зробити висновок про необхідність обстеження всіх конструкцій заводу у найближчий час. Аварійну плиту покриття посилити згідно з розробленим проектом (див. рис.1) та наведених даних у роботі [7].

3. На даний час залізобетонні плити та несуча здатність покриття знаходилась у незадовільному стані. Крім цього відбулася зміна власника території завод повністю демонтовують. Очевидно буде відбуватися перепрофілювання території заводу.

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.

Havryliak A.I. Tekhnichna eksploatatsiia, rekonstruksiia i modernizatsiia budivel: Navch.posibnyk / A.I.Havryliak, I.B.Bazarnyk, R.I.Kinash i in./za red. A.I.Havryliaka Lviv.- Vyd-tstvo NU «Lvivska politekhnika». 2006.- 540 s.

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

Havryliak A.I. Osnovy tekhnichnoi eksploatatsii budivel ta inzhenernykh system. / Navch.posibnyk. – Lviv: Vyd-vo NU «Lvivska politekhnika». 2009. –292 s.

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.

Ivanyk I.H. Osnovy rekonstrukttsii budivel i sporud /Navch.posibnyk./ I.H.Ivanyk, S.I.Vikhot, R.S.Pozhar i in.//Za red I. Ivanyka – Lviv: Vyd-vo NU «Lvivska politekhnika».2010. –276s.

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: ННБК “АТБ”. 2021. – Т. 2. – С. 203–206.

Luchko Y. Y. Osnovni faktory seredovysheha, yaki vplyvaiut na dehradatsiuiu transportnykh sporud iz zalizobetonnykh i metalevykh hofrovanykh konstrukttsii / Y.I. Luchko// Teoriia i praktyka rozvytku ahropromyslovoho kompleksu ta silskykh terytorii: materialy XXII Mizhnarodnoho naukovo-praktychnoho forumu, 5–7 zhovtnia 2021 r.: u 2 t. Lviv: NNVK “ATB”. 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 тривалості експлуатації /Й. Й. Лучко, І. І. Кархут, І. Б. Кравець // Зб. наук. праць “Мости і тунелі: Теорія, дослідження, практика”. – Дніпро, 2021. – Вип. 20. – С. 26-38.

Luchko Y. Y. Doslidzhennia zbudovanykh mostiv yaki byly zruinovanykh poveniamy na Ukraini v 1998 i 2001 rokakh ta tryvaloї eksploatatsii /Y. Y. Luchko, I. I. Karkhut, I. B. Kravets // Zb. nauk. prats “Mosty i tuneli: Teoriia, doslidzhennia, praktyka”. – Dnipro, 2021. – Vyp. 20. – S. 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. Отчет по теме: «Исследование и разработка рекомендаций по усилению подкрановых балок и плит покрытий МЗСИ». – Львов: ЛУНТТМ «Энергия», 1990. – 14 с.

Otchet po teme: «Yssledovanye y razrabotka rekomendatsyi po usyleniyu podkranovykh balok y plyt pokrytyi MZSY». – Lvov: LUNTTM «Enerhiya», 1990. – 14 s.

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.

DSTU-N B V.1.2-18:2016 Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. Kyiv: DP «UkrNDI» 2017 r. – 44 s.