

## ДОСЛІДЖЕННЯ І ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПІДКРАНОВИХ БАЛОК МУКАЧЕВСЬКОГО ЗБВ

Львівський національний університет природокористування

У даній роботі сформульована проблема та відзначена її актуальність. Також представлено аналіз останніх досліджень і публікацій стосовно обстеження і посилення залізобетонних конструкцій будівель і споруд тривалої експлуатації та сформульовану мету дослідження і посилення підкранових балок. Наведено результати натурного дослідження і підсилення (01.07.1991р) залізобетонних попередньо напружених підкранових балок тривалої експлуатації на Мукачівському заводі залізобетонних виробів. Виявлено низку дефектів і пошкоджень у формульованому цеху на балках Б-1, Б-2 і Б-3, тріщини на приопорних ділянках балки Б-1 з розкриттям більше допустимого нормативними документами. Зокрема, у них виявлено силові (втомні) тріщини, розкриття в яких більше допустимих, дроблення бетону, ознаки корозії арматури і бетону та, на окремих ділянках, відшарування бетону. Також наведені дані про міцність бетону аварійних балок, визначеного неруйнівним методом. На рисунках показано прив'язку пошкоджених балок і підсилення опорних вузлів балок. На підставі даного обстеження розроблено рекомендації з підсилення дефектних і пошкоджених трьох підкранових балок і наведено можливі варіанти виконання. Також відновлення несучої здатності підкранових балок і наведено технологію виконання можливих варіантів підсилення. На підставі обстеження і дослідження розроблено рекомендації на технологію підсилення підкранових балок. Також наведені результати повторного обстеження (30.03.2023р.) після тривалої експлуатації. На підставі цих обстежень виявилось, що пройшла чергова зміна власника МЗБВ і ситуація підтримання експлуатаційних характеристик основних несучих конструкцій значно погіршилась. Відзначено, що згідно «Настанови щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» (Київ, 2017р) стан несучих і огорожувальних конструкцій можна визнати як аварійний (категорія 4). На підставі обстеження і дослідження сформульовано відповідні висновки.

**Ключові слова.** підкранові балки, залізобетон, корозія, арматура, бетон, підсилення.

### Вступ. Проблема та актуальність

На сьогоднішній день сучасні будівлі і споруди відіграють найважливішу 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 будівель і споруд та інженерних систем, які здебільшого були зведені у 70–90 роках і сьогодні перебувають у переважно 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 їх залишкового ресурсу несучої здатності їх конструкцій та можливого їх перепрофілювання. Особливого занепокоєння викликає технічний стан великопанельних житлових будинків, в яких закінчується проектний термін експлуатації за останні 25–30 років і відбулося їх прискорене фізичне і моральне старіння. Також потрібно звернути особливу увагу на одній із найважливіших проблем – житловій. Зокрема, із 10,4 млн. будівель житлового фонду країни, 4,7 тис. – аварійних, а 36 тис. віднесено до категорії старих, не придатних для подальшої експлуатації і кожна третя будівля потребує капітального або поточного ремонту. Особливо важливо, що такі роботи необхідні зараз коли перед країною стоять складні задачі відновлення будівельного фонду, який потребує значних обсягів дослідження пошкоджених будівель і споруд, і вирішення питання забезпечення вимог до їх надійної експлуатаційної придатності.

Для покращення технічного стану будівель і споруд було розроблено і прийнято державними органами України відповідні постанови. Зокрема, відповідно до ст. 11 Закону України Про архітектурну діяльність (687-14) та постанови Кабінету Міністрів України від 11 липня 2007 року №903 затверджено порядок здійснення технічного нагляду під час будівництва об'єкта архітектури. Ці постанови значно вплинули на якість будівництва та дотримання правильної експлуатації будівель і споруд тривалої експлуатації.

### 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 [1–7] 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 роботі [1] наведені та висвітлені основні конструкторсько-технологічні рішення посилення несучих залізобетонних конструкцій бетону і залізобетоном. Зокрема, описано посилення таких конструкцій розвантажувальними елементами. Представлено також основні практичні способи розрахунку конструкцій, які необхідно посилювати. Обґрунтовано і розроблено рекомендації з посилення просадкових основ під будівлі і споруди та наведені приклади розрахунку з вказаної тематики. А у роботах [2, 3] описано технічну експлуатацію і реконструкцію та основи організації технічної експлуатації. Зокрема, у роботі [2] 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 [3] викладено основи організації технічної експлуатації будівель та інженерних споруд. Наведено перспективи та особливості технічної експлуатації та доцільність рішень по її організації.

У роботі [4] 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 [5] 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 [6] 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 сталі залізобетонних мостів, побудованих після повені 1998 р. у Кобилецькій 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 сталі залізобетонних 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 (сталі залізобетонних) мостів і шляхопроводів тривалої експлуатації.

У роботі [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 аналізу науково-технічних джерел та натурних досліджень залізобетонних попередньо напружених підкранових балок тривалої експлуатації розробити рекомендації з підсилення та усунення дефектів і пошкоджень для забезпечення їх несучої здатності та продовження терміну їх експлуатаційної придатності.

**Виклад основного матеріалу та його аналіз.**

**Загальні відомості.** Робота виконувалась на замовлення ВО “Закарпатзалізобетон”. Згідно календарного плану, необхідно провести обстеження трьох попередньо напружених підкранових залізобетонних балок у формувальному цеху Мукачівського заводу будівельних виробів (МЗБВ) і однієї залізобетонної плити у яких з’явилися силові (втомні) тріщини у процесі їх тривалої експлуатації. У зв’язку з цим, необхідно виконати обстеження і розробити рекомендації з посилення трьох підкранових балок та однієї залізобетонної плити покриття.

У даній роботі наведено результати обстеження і посилення трьох підкранових попередньо напружених залізобетонних балок.

**Конструктивне рішення.** Головний виробничий корпус заводу МЗБВ представляє собою трьохпрогонову крыту кранову естакаду обладнану шістьма мостовими кранами вантажопідймальністю 30/5 т.

Перший прогін заводу спеціалізується на виготовленні великорозмірних виробів типу колон, ригелів, палей, плит. Лінія обладнана трьома бункерним бетоноукладальником і віброплощадкою на 20 т. Працює також друга віброплощадка і бетоноукладальник. Має ряд камер для термообробки ямного типу, крок колон каркасу у формувальному цеху 12 м. Підкранові попередньо напружені балки залізобетонні двотаврові.

Завод запроектований інститутом “Південдіпроцемент” у м. Харкові у 1970 рр., а завод був побудований і почав випускати продукцію у 1973 р. Більш детальні дані про загальні відомості і конструктивне рішення наведені в роботі [8].

**Натурні обстеження.** Трьох підкранових балок формувального цеху було розпочато обстеження 01.07.1990 р. і було встановлено наступне:

1. На підкрановій балці Б-1 виявлено низку макротріщин на лівій опорі – роздроблення бетону, корозійні тріщини і відшарування бетону.

2. На підкрановій балці Б-2 виявлено декілька похилих і нормальних та практично горизонтальних макротріщин із шириною їх розкриття більше допустимих розмірів. Присутні ознаки дроблення бетону, корозії бетону і арматури та відшарування бетону. Балка знаходиться у аварійному стані з погляду можливості її подальшої експлуатації.

3. На підкрановій балці Б-3 виявлено аналогічні тріщини як на балці Б-2 з шириною їх розкриття більше допустимих розмірів та інших деяких пошкоджень [8]. Замір тріщин виконувався з допомогою трубки Брінеля.

4. Дослідження міцності бетону підкранових залізобетонних балок неруйнівним методом контролю показали, що міцність бетону знаходилась у межах 18–19 МПа і значно нижче проектного [8].

Має місце також дроблення бетону за монолічування між швами плит покриття. Це, напевно, у результаті динамічних навантажень від віброплощадки і руху мостових кранів.

У загальному решта конструкцій цеху, залізобетонного каркасу знаходяться у задовільному стані, хоч і потребують обстеження. Результати визначення міцності бетону пружним приладом ЛПЖТА середні значення по 10–12 замірів такі: для балки Б-1 – 21,4 МПа; для Б-2 – 22,3 МПа; для балки Б-3 – 24,3 МПа [8].

На підставі натурних обстежень та результатів їх аналізу і посилення наведено на рис.1–5. Зокрема на рис.1 показано фрагмент плану формувального цеху на відмітці 0.0 з прив’язкою дефектних і пошкоджених залізобетонних балок. На рис.2 наведено дефекти і пошкодження та тріщини на при опорних ділянках підкранової залізобетонної балки Б-1, а також вузли посилення з деталями посилення підкранової балки. На рис.3 показано фрагменти дефектів і пошкоджень підкранових балок Б-2 і Б-3 та наведено схему фрагмента їх посилення. Також на рис.4 зображено конструктивні перерізи 1–1 і 2–2 з деталями у місцях посилення балок Б-2 і Б-3, що показані на рис.3. На рис.5 представлено варіанти піднімання підкранових балок при їх посиленні.

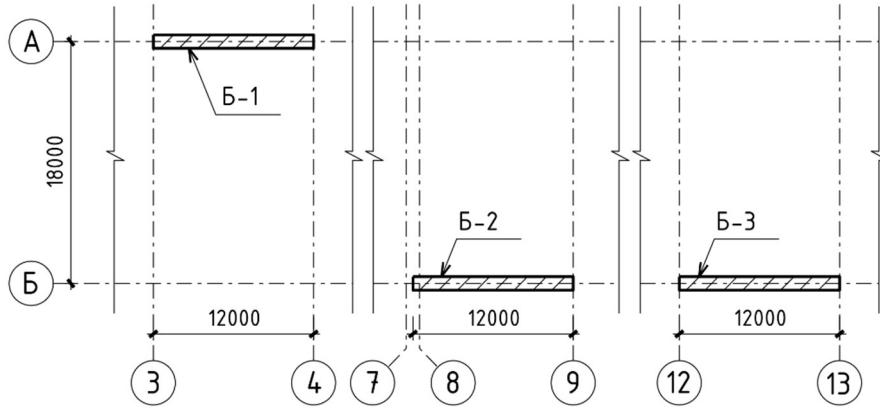


Рисунок 1 – Фрагмент плану формувального цеху на відмітці 0–0 з розташуванням дефектних і пошкоджених залізобетонних балок

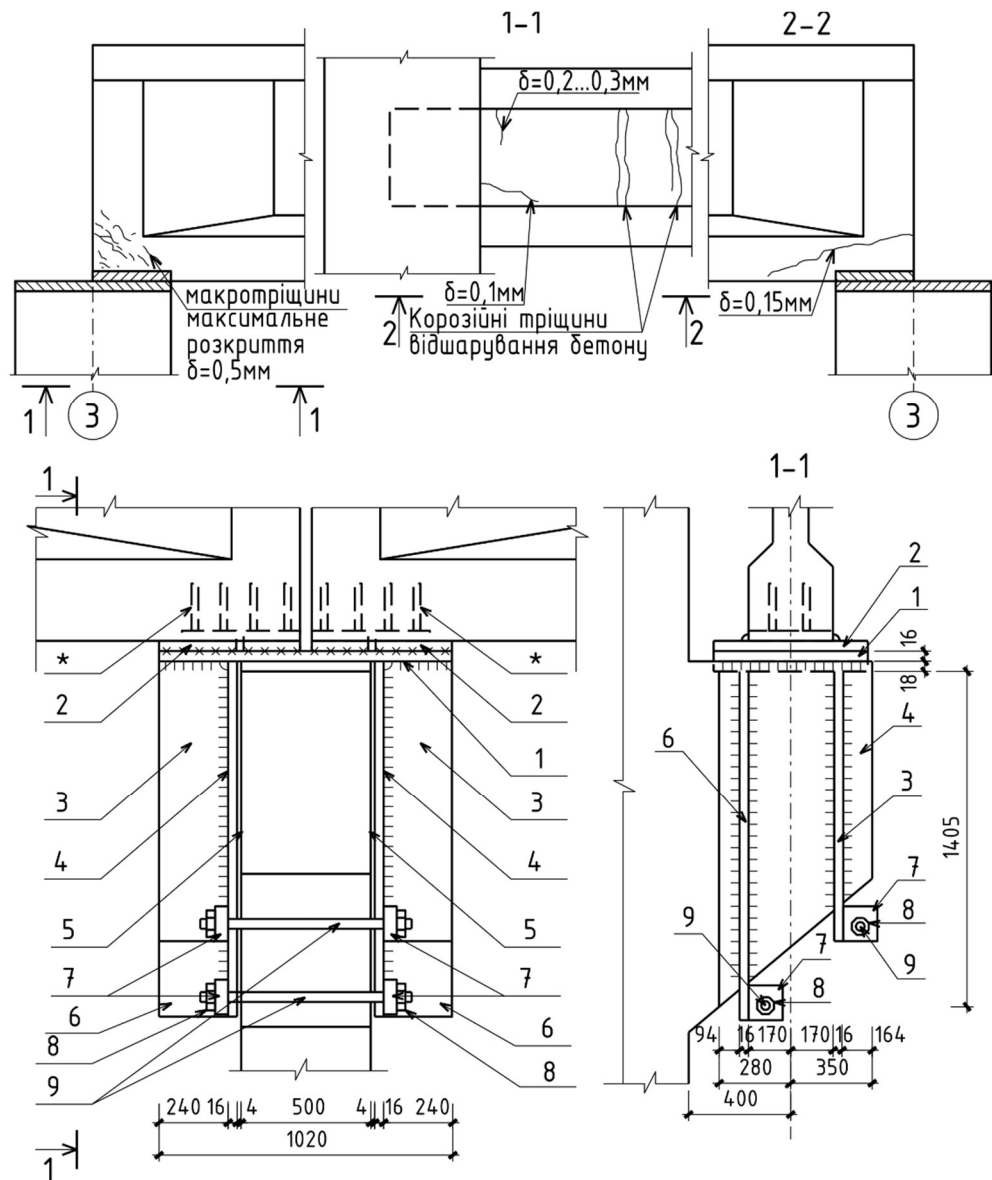


Рисунок 2 – Дефекти і тріщини на при опорних ділянках залізобетонної балки Б-1: а, б - дефекти і пошкодження підкранової балки; с, д – вузли посилення з деталями підкранової балки Б-1. Позначення: 1 – 7 – деталі з листової сталі, 8 – гайка М16, 9 – d=16A1, \* - закладні деталі встановлюються в крайніх балках

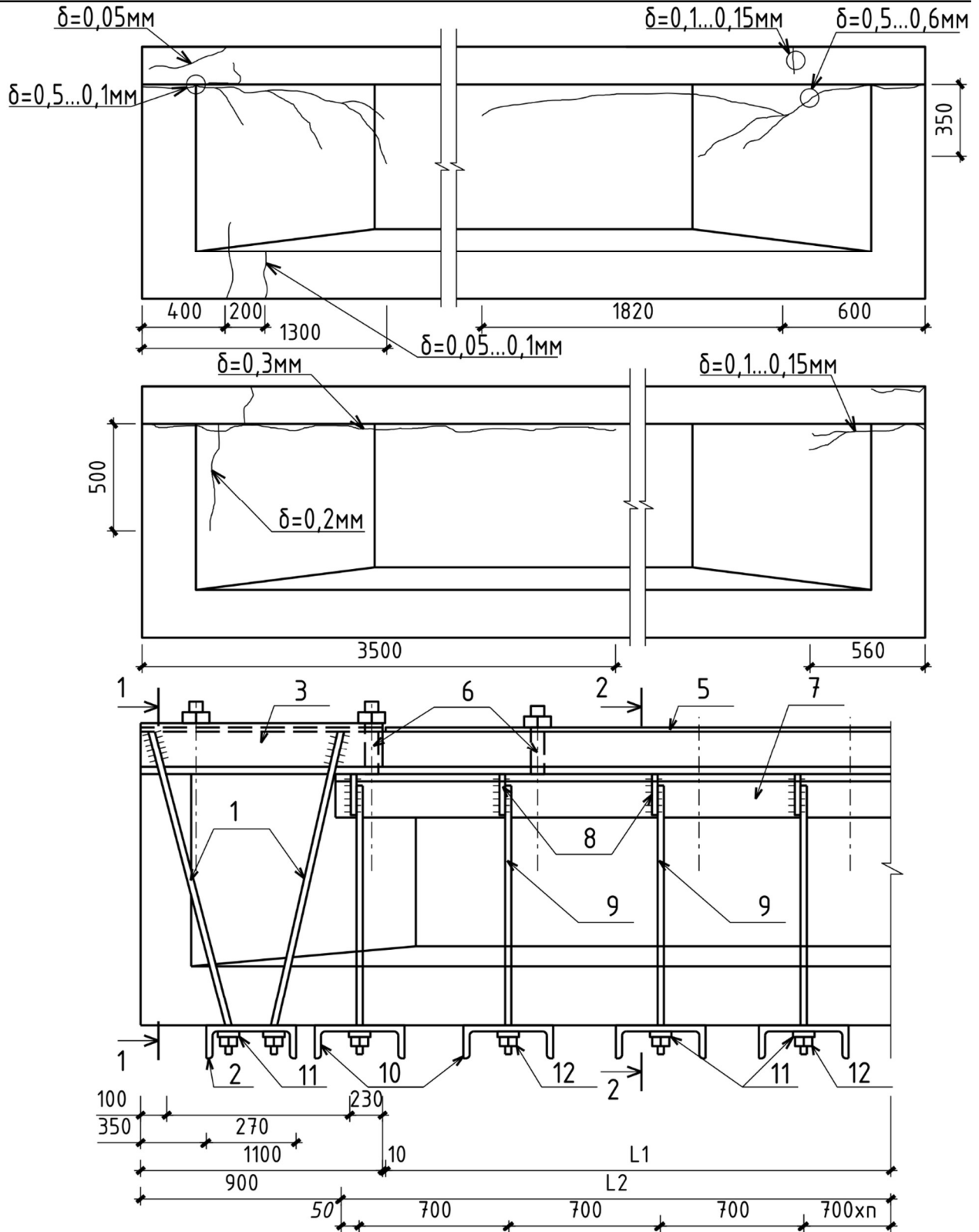


Рисунок 3 – Дефекти і пошкодження підкранових балок та їх посилення : *a, b* - тріщини на при опорних ділянках балок Б-2 і Б-3; *c* – фрагмент посилення з деталями підкранових балок Б-2 і Б-3; Позначення: 1, 9 –  $d=20\text{A1}$ , 2, 10 – швелер, 3, 7 – кутник, 5, 8, 11 – деталі з листової сталі, 12 – гайка M20

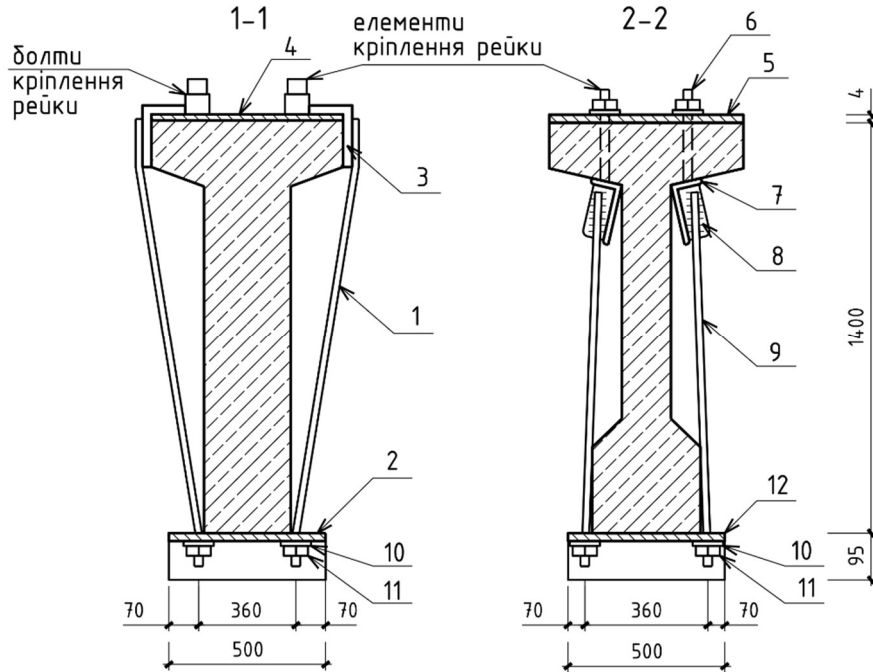


Рисунок 4 – Конструктивні перерізи в місцях посилення балок Б-2 і Б-3, що показані на рис.3. Позначення: 1, 9 –  $d=20A1$ , 2, 10 – швелер, 6 – болт, 3,7 – кутник, 4,5,8, 11 – деталі з листової сталі, 12 – гайка M20

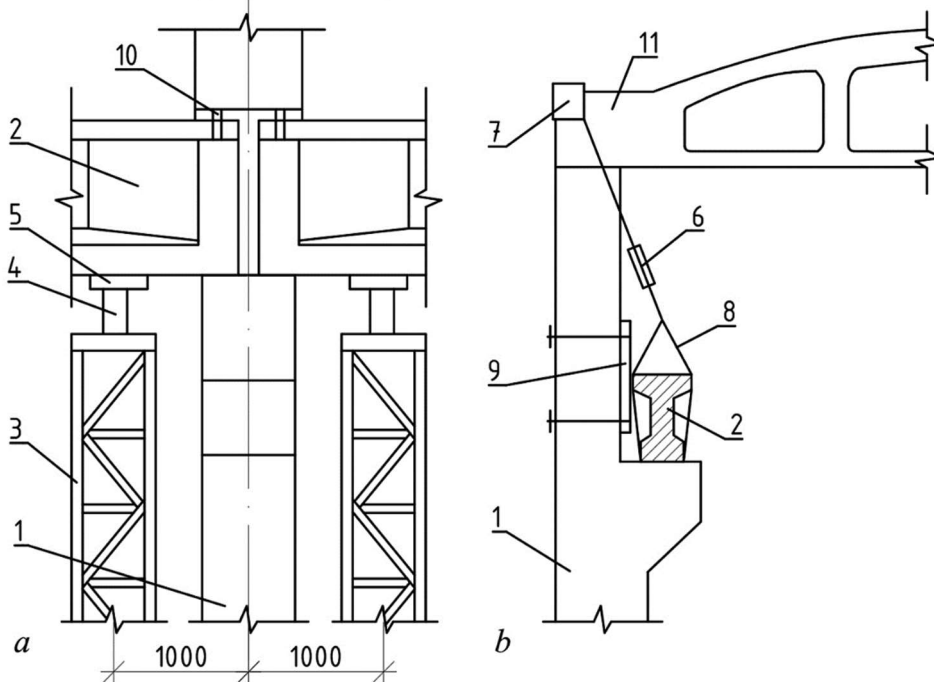


Рисунок 5 – Варіанти піднімання підкранових балок: а – варіант 1 та б – варіант 2. Позначення: 1 – колона; 2 – підкранова балка; 3 – тимчасова колона; 4 – гідродомкрат; 5 – розподільча пластина; 6 – поліспаг; 7 – верхній захват троса; 8 – нижній захват троса; 9 – направляючі; 10 – страхувальний пристрій; 11 – ферма

### Пропозиції і рекомендації. Посилення залізобетонних підкранових балок:

1. На основі проведених обстежень підкранових балок (трюх) формувального цеху та аналізу виявлених дефектів, недоліків у цих конструкціях – силових тріщин, понижену міцність бетону – при поверхневому дробленні опорної частини підкранових балок, дроблення і випадання монолітного бетону швів між плитами покриття, лущення поверхневого шару бетону в окремих місцях на конструкціях, а також почалась корозія бетону і металевих елементів і ін., можна зробити висновок про необхідність обстеження всіх конструкцій заводу у найближчі один два роки і при необхідності посилити їх як пропонується у роботі [8] або замінити на нові.

2. Посилення підкранової балки Б-1 виконати у відповідності з листом 6, а деталі виведені на листі 7 [8]. Послідовність виконання посилення наведено у роботі [8].

3. Виконання посилення підкранових балок Б-2 і Б-3 показано на рис. 2 та у звіті [8] з деталями і вказівками з виконання робіт також у роботі [8].

4. Підняття підкранових балок здійснювати по одному із трьох запропонованих варіантів наведено у роботі [8]. Виконання робіт вести при безпосередній участі інженерної служби ВО “Закарпатзалізобетон”.

5. Всі роботи із посилення підкранових балок виконувати при відсутності працівників у цьому цеху або у неробочі суботи при суровому дотриманні правил техніки безпеки.

**Технологія посилення підкранових балок.**

1. Підняти підкранові балки по осі А і осі 3 на висоту 80 ...100 мм, одним із запропонованих способів (див рис.4).
2. Встановити заготовки столиків які складаються з деталей 1,3 та 6,7 на попередньо підготовлену консоль колони.
3. Підготовка консолі колони складається із:
  - Зняти старе кріплення підкранової балки;
  - Почистити поверхні консолі від іржі та зварних швів;
  - Встановити прокладки із алюмінію (поз. 5) у проектне положення на епоксидний клей.
4. Встановити поз.2.
5. Опустити підкранову балку у робоче положення.
6. Затиснути стержні (шпильки) поз.9 за допомогою гайок (поз.8) стяжки.
7. Виконати зварні роботи.
8. Виконати зварювання позицій 1,3,4,6,7 у заводських умовах. Всі шви висотою катета 10 мм [8].
9. Вибір варіанта підйому підкранових балок здійснюється замовником.
10. Оснащення виготовляється замовником при наявності необхідних механізмів, пристосувань та сортаменту металу.

**Послідовність виконання робіт з посилення підкранових балок.**

Демонтувати кріплення підкранової рейки і при піднятті її на ділянці балки з дефектом.

Встановити позиції 4 і 5 на тонкий шар цементного розчину М500 – 600 у проектне положення.

До позиції 4 приварити конструкцію із позицій 1 і 3 та затиснути гайки (поз.11) з максимально можливим зусиллям.

Конструкцію із позицій 7,8,9 встановити у проектне положення з допомогою високоточних болтів позиції 6, встановити кранову рейку та закріпити її.

Виконати затяжку конструкції гайками позиції 11 з максимальним зусиллям [8].

**Наукова новизна та практична значимість.** На підставі аналізу науково-технічних джерел та натурних обстежень і теоретичних досліджень виконано посилення та відновлення несучої здатності підкранових попередньо-напружених балок тривалої експлуатації з метою попередньо-напружених безпечного продовження терміну їх експлуатації.

На основі експериментально-теоретичних досліджень були розроблені рекомендації з посилення і відновлення несучої здатності підкранових попередньо-напружених залізобетонних балок та відпрацьована технологія ремонтно-відновлювальних робіт.

**Періодичне обстеження після тривалої експлуатації.**

При повторному обстеженні 30.03.23р.(виявилось, що пройшла чергова зміна власника МЗБВ і ситуація на заводі за підтриманням експлуатаційних характеристик основних конструкцій значно погіршилася. Результати даних обстежень наведені на рис.6.

Зокрема, за період від попереднього обстеження, яке відбулося 01.07.1990р.(за 33 роки) відбулась значна деградація практично всіх будівельних конструкцій заводу. Основною причиною, що призвела до такого стану конструкцій, була відсутність належного періодичного ремонту покрівлі практично за період експлуатації заводу. Зокрема, залізобетонних, металевих та ін.: тривалий період замокання конструкцій, плит покриття та ферм і колон, що призвело до їх значної карбонізації бетону, корозії арматури в плитах покриття та фермах, лущення бетону в ребрах плит і дроблення монолітного бетону у швах між плитами покриття(див. рис. 6, с). Це свідчить, що ремонт покрівлі тривалий час не відбувався. Також відбулась значна корозія закладних деталей залізобетонних конструкцій, віконних металевих перепльотів, що практично зруйновані корозією в значній частині, в яких відсутнє застосування (див. рис.6, e, f). Значна частина двотаврових попередньо-напружених залізобетонних підкранових балок у формувальному цеху демонтовані(рис.6, a, d). Очевидно вони піддалися значній деградації, в яких з'явилися тріщини, відбулась значна карбонізація бетону і корозія арматури. Зруйновані залізобетонні камери термовологісної обробки конструкцій у формувальному цеху, міцність бетону яких стала дуже низькою (див. рис. 6, f). Суттєве пошкодження карнизних і стінових панелей (див. рис. 6, f), в яких відбулася сильна карбонізація бетону. В даний час розпочато (2023р.) демонтаж конструкцій МЗБВ.



*a*



*b*



*c*



*d*



*e*



*f*

Рисунок 6 – 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 замокання); *c* – зруйновані конструкції пропарювальних камер (повна карбонізація бетону, значна втрата міцності бетону); *d* – значні дефекти і пошкодження колон (тривале замокання, 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 повторного огляду (30.03.2023р.) будівлі мукачівського заводу будівельних виробів та згідно з визначенням Настанови щодо обстеження будівель та споруд для 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, можна визначити як аварійний (категорія 4).

### Загальні висновки

На підставі аналізу науково-технічних джерел та натурних обстежень і розробки рекомендацій з посилення підкранових балок можна сформулювати такі висновки:

1. На основі проведених обстежень і досліджень підкранових попередньо-напружених залізобетонних балок(трьох) формувального цеху тривалої експлуатації і аналізу виявлених дефектів і пошкоджень у цих конструкціях, – силових (втомних) тріщин похилих, нормальних і практично горизонтальних, пониженої міцності бетону, при поверхневе дроблення опорної частини підкранових балок, лущення поверхневого шару бетону на окремих ділянках на конструкції, а також почалася корозія бетону і металевих елементів і т. ін. можна зробити висновок про необхідність обстеження всіх конструкцій заводу у найближчі 1–2 роки і при необхідності посилити їх як запропоновано в даній роботі або замінити їх на нові

2. Виконати посилення підкранової балки Б-1 у відповідності з рисунком 2 та наведеними даними у роботі [8]. Технологія і послідовність посилення представлено у даній роботі та на рис.2.

3. Виконати посилення підкранових балок Б-2 і Б-3 по проекту наведеному у роботі 7 та на



представлених даних рис. 3 і рис. 4 з вказаними на них деталями та вказівками технології виконання посилення підкранових балок.

4. Піднімання підкранових балок при виконанні посилення виконувати по одному із запропонованих двох варіантів приведених на рис. 4. Виконання робіт вести при безпосередній участі інженерної служби ВО «Залізобетон». Всі роботи з посилення підкранових балок виконувати при відсутності людей у цьому цеху.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Голишев А.Б. Усиление несущих железобетонных конструкций производственных зданий и просадочных оснований / А.Б. Гольшев, П.И. Кривошеев, П.М. Козелецкий и др. // Киев: Изд-во «Логос», 2004.– 219с.
2. 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-во НУ «Львівська політехніка», 2006.– 540 с.
3. Гавриляк А. І. Основи технічної експлуатації будівель та інженерних систем. / Навч. посібник. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2009. –292 с.
4. 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.
5. 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: Вид-во ННВК “АТБ”, 2021. – Т. 2. – С. 203–206.
6. 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 // Зб. наук. праць “Мости і тунелі: Теорія, дослідження, практика”. – Дніпро Вид-во УДУНТ, 2021. – Вип. 20. – С. 26-38.
7. Luchko J. Degradating 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. – p. 35–46.
8. Отчет по теме: «Исследование и разработка рекомендаций по усилению подкрановых балок и плит покрытий МЗСИ». – Львов: Изд-во ЛУНТТМ «Энергия», 1990. – 14 с.
9. 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. Вид-во «Каменяр», 2016. – 415 с. – ISBN 978-966-607-371-3.
10. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ: Вид-во ДП «УкрНДІ», 2017 р. – 44 с.

### REFERENCES

1. Holyshev A.B. Usyleniia nesuchykh zalizobetonnykh konstrukttsii vyrobnychykh budynkiv i prosadochnykh osnovan / A.B. Holyshev, P.I. Kryvosheiev, P.M. Kozeletskyi i dr. // Kyiv: Izd-vo «Lohos», 2004.– 219 s.
2. Havryliak A.I. Tekhnichna ekspluatatsiia, rekonstrukttsiia i modernizatsiia budivel. Navch. posibnyk / A. I. Havryliak, I. B. Bazarnyk, R. I. Kinash i in. // za red. A. I. Havryliaka Lviv: Vyd-vo NU «Lvivska politekhnikha», 2006.– 540 s.
3. Havryliak A. I. Osnovy tekhnichnoi ekspluatatsii budivel ta inzhenernykh system. / Navch. posibnyk. – Lviv: Vyd-vo NU «Lvivska politekhnikha», 2009. – 292 s.
4. 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 politekhnikha», 2010. – 276 s.
5. Luchko Y. Y. Osnovni faktory seredovyshcha, yaki vplyvaiut na degradatsiiu transportnykh sporud iz zalizobetonnykh i metalevykh hofrovanykh konstrukttsii / Y.Y. 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: Vyd-vo NNVTK “ATB”, 2021. – T. 2. – S. 203–206.
6. Luchko Y. Y. Doslidzhennia zbudovanykh mostiv, yaki buly zruinovany poveniama na Ukraini v 1998 i 2001 rokakh ta tryvaloї ekspluatatsii / Y. Y. Luchko, I. I. Karkhut, I. B. Kravets // Zb. nauk. prats “Mosty i tuneli: Teoriia, doslidzhennia, praktyka”. – Dnipro Vyd-vo UDUNT, 2021. – Vyp. 20. – S. 26-38.
7. Luchko J. Degradating 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. – p. 35–46.
8. Otchet po teme: «Issledovanie i razrabotka rekomendatsii po usyleniiu podkranovykh balok i plyt pokrytii MZSI». – Lviv: Izd-vo LUNTM «Enerhiia», 1990. – 14 s.
9. Luchko Y. Y. Metody zakhystu vid korozii zalizobetonnykh konstrukttsii i sporud: [Monohrafiia] / Y. Y. Luchko, B. Z. Parneta, B. L. Nazarevych // MON Ukrainy, Dnipropetrovskiy nats. un-t im. akad. V. Lazarian. – Lviv. Vyd-vo «Kameniar», 2016. – 415 s. – ISBN 978-966-607-371-3.
10. DSTU-N B V.1.2-18:2016 Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. – Kyiv: Vyd-vo DP «UkrNDI», 2017 r. – 44 s.

**Лучко Йосип Йосипович** – д.т.н., професор Львівського національного університету природокористування.  
ORCID ID: 0000-0002-3675-0503

# RESEARCHING AND STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE CRANE BEAMS OF MUKACHEVO REINFORCED CONCRETE PLANT

Lviv National University of Environmental Engineering

*This paper formulates the problem and emphasizes its relevance. An analysis of recent studies and publications on inspecting and strengthening reinforced concrete structures of buildings and structures of long-term operation is also presented, and the purpose of researching and strengthening crane beams is formulated. The results of the natural researching and strengthening (01.07.1991) reinforced concrete pre-stressed crane beams of long-term operation at the Mukachevo Reinforced Concrete Products Plant are presented. A number of defects and damages were found in the molding workshop on beams B-1, B-2 and B-3, as well as cracks in the supporting sections of beam B-1 with a disclosure exceeding the permissible limits of regulatory documents. In particular, the force (fatigue) cracks with openings exceeding the permissible limits, concrete crushing, signs of corrosion of reinforcement and concrete, and, in some areas, concrete delamination was found. The data on the concrete strength of emergency beams determined by non-destructive testing are also presented. The figures show the tying of damaged beams and the reinforcement of beam support units. Based on this inspection, recommendations for strengthening the defective and damaged three crane beams were developed and possible options were given. Also, the bearing capacity of the crane beams was restored and the technology for implementing possible reinforcement options was presented. Based on the survey and research, recommendations for the technology of crane beams reinforcement were developed. The results of the repeated inspection (30.03.2023) after long-term operation are also provided. Based on these surveys, it turned out that the next change of ownership of the MRSP had been made and the situation of maintaining the operational characteristics of the main load-bearing structures had deteriorated significantly. It was noted that according to the "Guidelines for Inspection of Buildings and Structures to Determine and Assess Their Technical Condition" (Kyiv, 2017), the condition of the load-bearing and enclosing structures can be recognized as emergency (category 4). Based on the inspection and research, the relevant conclusions are made.*

**Keywords:** crane beams, reinforced concrete, corrosion, reinforcement, concrete, reinforcement.

**Luchko Y.** – Doctor of Technical Sciences, Professor of Lviv National University of Environmental Engineering. ORCID ID: 0000-0002-3675-0503