УДК 622.32:691.32: 620.193/197 DOI 10.31649/2311-1429-2023-2-190-196

Й. Й. Лучко[1]
А. А. Горбачевська[2]

ДЕГРАДАЦІЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЦЕХІВ НА ЗАВОДАХ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

[1]Львівський національний університет природокористування
[2]Національний університет «Львівська політехніка»

У даній роботі на підставі аналізу і синтезу науково-технічних джерел сформульована проблема деградації бетонних і залізобетонних конструкцій цехів на заводах хімічної промисловості та відзначена її актуальність. Проаналізовано низку робіт з вказаної проблеми, зокрема, описано результати технічної діагностики багатьох будівель і споруд як новозбудованих, так і тривалої експлуатації. Відзначено необхідність періодичного проведення технічної діагностики та сформульовані відповідні пропозиції відновлення (посилення) несучої здатності таких конструкцій. На підставі виконаних натурних досліджень залізобетонних конструкцій тривалої експлуатації цехів на заводах хімічної промисловості узагальнені основні фактори, що значно впливають на зниження несучої здатності залізобетонних конструкцій в агресивних умовах повітряного середовища на підприємствах хімічної промисловості. Зокрема, були обстежені такі залізобетонні конструкції: колони, балки, ферми, плити покриття та стінові панелі та інші конструкції на заводі каустичної соди і хлору (КСіХ) та інших заводах В.О. «Хлорвініл» у місті Калуш Івано-Франківської області, які були змонтовані у 1968–1973 роках. Було відзначено руйнування лакофарбового покриття від дії вологих газів HCl і Cl_2, руйнування ребристих панелей з лакофарбовим покриттям від дії сухого хлору у цеху чотирихлористого кальцію, а також від дії солевої корозії, та руйнування опор трубопроводів від дії сухого хлору. Ці руйнування наведені у даній роботі і показані на рис. 1. Вони зводяться до наступного: до помилок, допущених при проектуванні; до дефектів і недоліків будівництва; до недоліків експлуатації бетонних і залізобетонних конструкцій, в умовах агресивних середовищ. Дано рекомендації щодо захисту залізобетонних конструкцій відповідно до агресивних середовищ, у яких вони експлуатуються.

Ключові слова: *бетон, залізобетон, конструкція, деградація, корозія, арматура, дефекти, хімічні процеси, карбонізація.*

Вступ

Залізобетонні конструкції, які працюють з допущеними помилками при монтажі або працюють тривалий період, потребують дослідження і технічної діагностики для встановлення реальної несучої здатності. Зокрема, встановлення технічного стану конструкцій та, при необхідності, відновлення її несучої здатності і, за певних умов, обслуговування подальшої експлуатації. Особливу увагу потрібно приділити при дослідженні залізобетонних конструкцій методом аналізу та визначення залишкового ресурсу будівель і споруд, що відпрацювали проектний ресурс роботи. У результаті допущених помилок при будівництві та тривалій експлуатації в елементах залізобетонних конструкцій накопичуються різні дефекти, відбулися деструктивні процеси (зміни) бетону і арматури та інше. Також, під час експлуатації будівель і споруд, на їх елементи діють різні фактори повітряного, грунтового і водного середовища, які постійно змінюються. З метою визначення умов роботи будівель і споруд, елементів їх конструкцій та впливу на них вказаних факторів, виконують постійний моніторинг за станом конструкцій важливих об'єктів. Тому питання, пов'язані з технічною діагностикою, розробкою методів дослідження та відновлення несучої здатності залізобетонних конструкцій, визначення залишкового ресурсу та створення засобів відновлення елементів конструкцій є дуже важливими.

Аналіз науково–технічних джерел і публікацій. Критичний аналіз і синтез науково-технічних джерел [1]–[12] дають підставу стверджувати, що в останні два десятиріччя сформувався і дістав розвиток науковий напрямок досліджень будівель і споруд, зокрема, помилок при проектуванні, дефектів і недоліків при будівництві та тривалій експлуатації, які потерпають від агресивної дії повітряного, ґрунтового і водного середовищ. Розглянемо деякі із них у напрямку сучасних матеріалів і технологій. Зокрема, у монографії авторів [1] зазначено основні види і типи корозії та її вплив на залізобетонні конструкції будівель і споруд тривалої експлуатації та методи відновлення несучої здатності і довговічності таких конструкцій. Значна увага приділена теоретичному обґрунтуванню корозійного руйнування та деградації цементних конгломератів типу бетону та залізобетону. У роботі [2] наведені результати досліджень деградації конструкцій підземних переходів у місті Львові. Описуються основні дефекти конструкцій монолітних та збірних підземних переходів. Аналізуються причини та наслідки деградації конструкцій і пропонуються рекомендації з відновлення їх експлуатаційних характеристик до нормального стану. У роботі [3] наведені результати діагностики збірно-монолітних конструкцій кесонного перекриття стилобаду адмінбудинку у місті Львові. Зокрема, наведено рисунки, на яких показано значне руйнування бетону вузлів спряження балок стилобаду та корозія оголеної арматури контурної балки. Відзначено також,що результати виконаних

© Й. Й. Лучко, А. А. Горбачевська, 2023

досліджень дають можливість обґрунтовано встановити величину залишкового ресурсу несучої здатності конструкцій стилобаду і встановлені приховані дефекти та пошкодження. У роботі [4] авторами наведені результати дослідження конструкцій басейну готелю "Прикарпаття" та сформульовані пропозиції щодо відновлення експлуатаційних характеристик споруди.

У роботах [5],[6] досліджено фундаменти під розвантажувальними опорами ГПА насосної станції "Опори" та несуча здатність фундаментів aveo газу на компресорної станції опори II на предмет корозії бетону. Ну і, сформульовані пропозиції щодо їх посилення сучасними матеріалами і технологіями фірми "Рагеля". А в роботі [7] описано автором доцільність застосування системи Рагель при ремонті вугільних веж тривалої експлуатації.

У роботі [8] наведено основні проблеми правильного обгрунтування вибору антикорозійного захисту на стадії проектування і показано необхідність оцінки показників надійності до державних норм, беручи до уваги вимоги корозійної стійкості, довговічності і ремонтопридатності. Розглянемо випадок, коли, через допущені помилки при проектуванні, необхідно посилювати залізобетонне перекриття сучасними матеріалами і технологіями, які наведені у роботі [9]. Зокрема, це посилення залізобетонного перекриття будівлі у місті Києві, де в результаті обстеження було виявлено низку помилок, допущених при проектуванні. На підставі досліджень було запропоновано і виконано посилення приопорних ділянок поверхні грані перекриття на сприйняття від'ємних моментів та посилення всієї плити знизу на сприйняття додатніх згинальних моментів. Суть посилення приопорних ділянок полягала у збільшенні поперечного армування вуглецевими стрічками, а плити - композитними стрічками у двох напрямках на спеціальних клеях Resin 220. Відновлення несучої здатності залізобетонних балок і плит описано у роботі [10]. Зокрема, дослідженнями встановлено, що причиною зменшення міцності балок і плит виявилась корозія (карбонізація) бетону. Результати досліджень авторів, наведених у працях [1]–[10], підсумовані у роботі [11], а у роботі [12] показана доцільність застосування методики влаштування ізоляції підземних споруд ін'єкційними матеріалами і технологіями.

Мета роботи. Метою даної роботи є узагальнення результатів дослідження деградації бетонних і залізобетонних конструкцій в цехах на заводах хімічної промисловості тривалої експлуатації та встановлення помилок проектування, дефектів і недоліків будівництва та недоліків експлуатації таких конструкцій.

Основні результати досліджень та їх аналіз

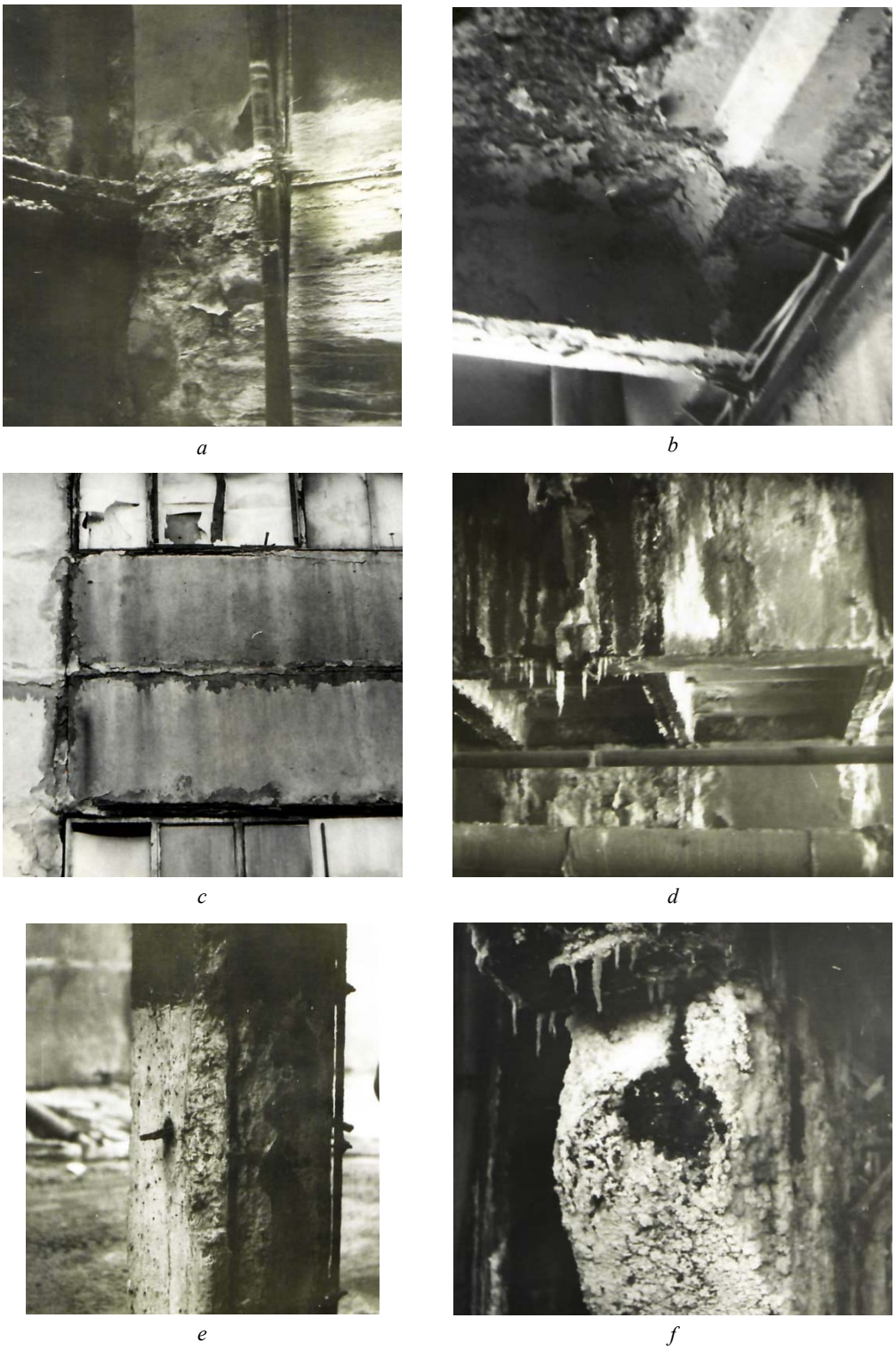
Для аналізу розглянуто результати натурних обстежень будівельних конструкцій корпусів заводу каустичної соди і хлору (КСіХ) В.О. "Хлорвініл" у місті Калуш Івано-Франківської області. На основі договору №1946 від 27.03 1990 року між ФМІ імені Г.В. Карпенка і В.О. "Хлорвініл", співробітниками відділу №12 "Конструкційної міцності матеріалів у робочих середовищах" було проведено обстеження конструкцій корпусів заводу КСіХ В.О. "Хлорвініл" на протязі 1990 і 1991 років. Зокрема, були обстежені залізобетонні конструкції, колони, балки, ферми та плити покриття, які на КСіХ і інших заводах були змонтовані у 1968 – 1973 роках.

Натурні обстеження. Потрібно зауважити, що нормативний термін експлуатації будівель і споруд заводів повинен відповідати як мінімум III класу по довговічності з терміном не менше 50 років.

Зазначимо, що деякі рекомендації щодо залишкового ресурсу чи підсилення несучих елементів, де вплив агресивного середовища незначний, можна дати вже на базі попередньої інформації. Натурне обстеження проводилось перш за все для конструктивних елементів, напружено-деформований стан у яких, згідно оцінки на основі розрахунку, близький до критичного, враховуючи фактор часу, при цьому слід зауважити, що у матеріалах, типу бетону, при довготривалих навантаженнях в агресивних середовищах руйнування починається при напруженнях на порядок нижчий від напружень руйнування. Результати обстеження залізобетонних конструкцій корпусів заводу КСіХ В.О. «Хлорвініл» наведені у звітах [13], [14] та частково у роботі [15] і окремі пошкодження представлені на рис.1.

Як приклад, наведемо результати пошкодження будівельних залізобетонних конструкцій на Калуському концерні «Хлорвініл» для різних агресивних середовищ, які описані у звітах [13], [14] та частково представлені на рис.1. Зокрема, на рис.1,*a* зображено руйнування лакофарбового покриття на залізобетонних плитах внаслідок дії вологих газів HCl і Cl_2, а на рис.1,*b* – пошкодження плит у результаті впливу сухого хлору. На рис.1,*c,d* – руйнування ребристих панелей з лакофарбовим захисним покриттям у цеху виробництва чотирихлористого кальцію та від дії солевої корозії, а на рис.1, *e,f* – показано руйнування опор трубопроводів внаслідок дії сухого хлору. Також даними дослідженнями та досвідом обстежень конструкцій будівель і споруд встановлено, що початок карбонізації бетону та корозії арматури призначені при pH=9 і менше [14]. Як бачимо, у багатьох

обстежених конструкціях було виявлено низку дефектів (рис.1), зокрема, розкриття тріщин, будівельні дефекти, сколи, виступи оголеної арматури, зруйнований захисний шар бетону від впливу корозії і інші дефекти елементів конструкцій, які ретельно фіксувалися і заміряються при допомозі відповідних приладів. При дії агресивного середовища фіксували тип середовища, його концентрацію та час його дії в повному об'ємі, які описані у звітах [13],[14].



a *b* *c* *d* *e* *f*

Рисунок 1− Характерні типи конструкційних пошкоджень елементів залізобетонних конструкцій на заводах Калуського концерну «Хлорвініл»: *a* – руйнування лакофарбового покриття від газів HCl і Cl_2; *b* – в результаті дії сухого хлору; *c* – у цеху чотирихлористого кальцію; *d* – від дії солевої корозії; *e, f* – руйнування опор трубопроводів від дії сухого хлору.

Потрібно зауважити, що на швидкість корозії значно впливає температура і концентрація агресивної речовини. На рис.2 показано залежності вилуговування складових частин цементного каменю портландцементу розчинами NaOH в залежності від вказаних параметрів, які одержані в результаті

даних досліджень. Результати цих досліджень наведені на рис.2. Зокрема, для розв'язку задачі моделювання корозійної деградації бетону [1], [15] отримано рівняння, з якого визначаємо коефіцієнт β, якщо функцію $\exp z^2$ і $e_{rf}\, z$ розкласти в ряди, то отримаємо формулу для визначення коефіцієнта β:

$$\beta = \sqrt{\frac{2D_1}{\lambda\rho_2}(c_{\min} - c_p)}\,, \tag{1}$$

а обмежившись першими членами одержимо остаточну формулу

$$\beta = \sqrt{\frac{2\rho_1}{\lambda\rho_2}(c_{\min} - c_p)}\,. \tag{2}$$

Тобто коефіцієнт β залежить від фізико-механічних параметрів нормального і прокородованого бетону. У формулі (2) ρ_1 – густина прокородованого бетону; ρ_2 – густина нормального бетону; λ – маса агресивної речовини; $c_{\min}$ і c_p – мінімальна і поверхнева концентрація агресивної речовини. Якщо взяти два члени розкладу, то коефіцієнт β буде залежати і від густини бетону після корозійного руйнування [1], [15]. При цьому різниця складе не більше 5%.

Отже, дослідженнями і обстеженнями встановлено, що основною причиною деградації і корозії арматури в залізобетонних конструкціях є прогресуюча карбонізація внаслідок впливу кислот на бетон. Також показано, що розчини лугів високої концентрації на хімічних виробництвах суттєво впливають на деструктивні процеси в бетоні.

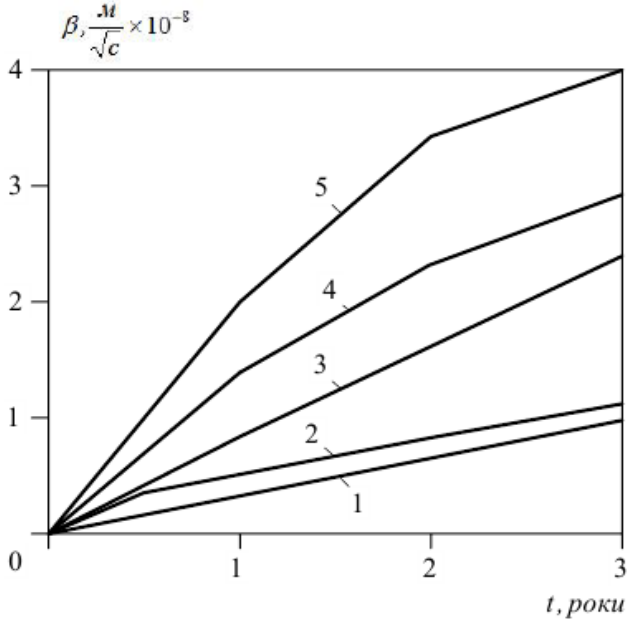


Рисунок 2 − Швидкість вилучення складових частин цементного каменю портландцементу розчинами NaOH: 1,3–5% NaOH; 2,5 – те ж 10%; 4 – вода; 2,4 , 5 – t=25^{0}C; 1,3 – 75^{0}C; 3,5 – кількість CaO; 1,2,4 – CaO+SiO_2+Al_2O_3

Встановлено, що швидкість корозії залежить не тільки від концентрації середовища, але і від температури. На сьогодні, як показує досвід ремонтно−відновлювальних робіт будівель і споруд тривалої експлуатації, є можливість призупинити корозійні процеси, використовуючи сучасні технології і матеріали.

Наукова новизна. У даній роботі на підставі аналізу і синтезу науково−технічних джерел та наукових досліджень залізобетонних конструкцій реальних об'єктів цехів хімічної промисловості тривалої експлуатації узагальнено дані про процеси, які впливають на їх деградацію, та сформульовано рекомендації щодо захисту і відновлення таких конструкцій. Зокрема, встановлено основні причини деградації таких конструкцій. Це і помилки на стадії проектування, дефекти і недоліки будівництва та недоліки експлуатації.

Практична значимість. На підставі отриманих даних сформульовані рекомендації щодо експлуатації та відновлення несучої здатності залізобетонних конструкцій, які експлуатуються на заводах хімічної промисловості. Відпрацьована методика технічної діагностики та посилення залізобетонних конструкцій, що дає можливість збільшити надійність і ресурс вказаних конструкцій.

Висновки

На підставі виконаних натурних обстежень можна сформулювати такі висновки:

1. Аналіз результатів обстеження металевих та залізобетонних конструкцій заводу КСіХ та дослідження руйнівного впливу на них атмосферного і робочого середовища показує, що більшість елементів конструкцій потребує оновлення захисного антикорозійного покриття, застосування нових, більш ефективних методів захисту від корозії.

2. Попередні розрахунки несучої здатності показали, що багато елементів конструкцій потребують заміни, ремонту або підсилення, в основному по причині розтріскування від сумісної дії навантаження і корозії та глибокої нейтралізації (корозійного руйнування бетону).

3. На заводах застосовувалися (в основному) лише методи вторинного антикорозійного захисту (ізоляція конструкції від агресивного середовища). Потрібно розробити нові технології і захисти (підвищення власної протикорозійної стійкості конструкцій), які найбільш ефективно можна застосовувати при ремонті або заміні елементів конструкцій шляхом введення спеціальних інгібуючих добавок у бетонну (цементну) суміш.

4. На підставі натурних досліджень можна стверджувати, що для бетону та залізобетону на заводах хімічної промисловості повітряне середовище є агресивним. Лакофарбові покриття конструкцій мають ряд переваг в умовах дії агресивних газів. Також обстеженнями встановлено, що на швидкість корозії значно впливає температура і концентрація агресивної речовини; і недостатньо застосовуються методи неруйнівного контролю корозійної стійкості бетону і металу. Потрібно встановити і обгрунтувати терміни періодичного контролю стану захисних покриттів елементів конструкцій на заводах хімічної промисловості.

5. Руйнування бетонних і залізобетонних конструкцій внаслідок утворення корозії через дію чи газу, чи розчину кислот або каустичної соди, чи хлористого натрію, може бути настільки значним, що, під дією постійного і тимчасового навантаження, конструкція значно деформується, втрачає свою несучу здатність, міцність і надійність, і можлива аварія значної ділянки промислової споруди. Така проблема за собою несе, щонайменше, значні економічні втрати; її можна попередити ще на стадії виготовлення елементів конструкцій або завдяки їх захисту під час експлуатації. Потрібно розробити рекомендації для найбільш економічного рішення проблеми антикорозійного захисту конструкцій в залежності від типу агресивного середовища. У подальшому необхідно розробити рекомендації для захисту залізобетонних конструкцій, які експлуатуються на заводах хімічного виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Й. Й. Лучко, І. І. Глагола, Б. Л. Назаревич, Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій і споруд. Львів, Україна: Каменяр, 1999. 229 с.
2. І.І. Кархут, «Дослідження залізобетонних конструкцій підземних пішохідних переходів м. Львова», Збірник наукових праць «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій», № 1, с. 45–47. Львів, Україна: Каменяр, 1999.
3. Б. Л. Назаревич, М.Р. Більський, «Діагностика збірно-монолітних конструкцій покриття стилобат адмін будинку у м. Львові», Збірник наукових праць «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій», № 2, с. 109–115. Львів, Україна: Каменяр, 2000.
4. Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета, «Дослідження конструкцій басейну готелю "Прикарпаття" та пропозиції відновлення експлуатаційних характеристик споруди», Збірник наукових праць «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій», № 8, с. 59–69. Львів, Україна: Каменяр, 2006.
5. Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета, «Обстеження фундаментів під розвантажуючими опорами ГПА насосної станції "Опори" та їх посилення», Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди», № 15, с. 337–387. Рівне, Україна: НУВГП, 2007.
6. Й. Й. Лучко, Б. З. Парнета, «Обстеження фундаментів АВО гаражу на компресорній станції "Опори II" та її посилення», Збірник наукових праць «Дороги і мости», № 7, с. 47–56. Київ, Україна: Держдор НДІ, 2007.
7. M. Przemyslaw, «Naprawa starych wiez weglowych oraz budowa nowych z zastosowaniem system pagel», Збірник наукових праць «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій», № 11, с. 99–105. Львів, Україна: Каменяр, 2009.
8. В.П. Корольов, О.П. Гібаленко, О.М Шевченко, «Принципи управління корозією небезпекою будівельних конструкцій, будівель та споруд», Вісник Дніпропетровського нац. ун-ту залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, № 39, с. 87–90. Дніпропетровськ, Україна: ДНУЗТ, 2011.
9. Б.Л. Назаревич, Й. Й. Лучко, Ю.І. Іваник, «Технологія посилення монолітних залізобетонних конструкцій перекриття будівлі», Збірник наукових праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій», № 9, с. 376–385. Львів, Україна: Каменяр, 2012.

10. Й. Й. Лучко, Б.Л. Назаревич, І.Б. Кравець, «Відновлення несучої здатності залізобетонних балок пошкоджених корозією розвантажувального вузла різного залізничного шляху», Збірник наукових праць «Мости і тунелі: теорія, дослідження, практика», № 10, с. 61–69. Дніпропетровськ, Україна. 2016.
11. Й. Й. Лучко, Б.З. Парнета, Б. Л. Назаревич, Методи захисту від корозії залізобетонних конструкцій і споруд. Львів, Україна: Каменяр, 2016. 415 с.
12. Й. Й. Лучко, Б.Л. Назаревич, В.В. Чечін, «Щодо методики влаштування мембранної гідроізоляції ін'єкційними методами підземних споруд», Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури, № 75, с. 141–150. Одеса, Україна: ОДАБА, 2019.
13. Фізико-механічний інститут НАН України, «Звіт по темі «Обстеження будівельних конструкцій і розробка рекомендацій по їх корозійному захисту». Львів, Україна: Фізико-механічний інститут НАН України, 1991. 60 с.
14. Тема НДР – 227п – керівник і відповідальний виконавець, «Звіт НДР по темі: «Розробка технологій ремонту та підвищення залишкового ресурсу конструкцій мостів»». Львів, Україна: ФМІ імені Г. В. Карпенка НАНУ, 2001. 106 с.
15. Й. Й. Лучко, Методи оцінки несучої здатності і підвищення тріщиностійкості залізобетонних елементів конструкцій. Львів, Україна: Слово і комерція, 1997. 435 с.

REFERENCES

1. J. J. Luchko, I. I. Hlahola, B. L. Nazarevych, Metody pidvyshchennia koroziinoi stiikosti ta dovhovichnosti betonnykh ta zalizobetonnykh konstruktsii i sporud. Lviv, Ukraina: Kameniar, 1999. 229 s.
2. I.I. Karkhut, «Doslidzhennia zalizobetonnykh konstruktsii pidzemnykh pishokhidnykh perekhodiv m. Lvova», Zbirnyk naukovykh prats «Diahnostyka, dovhovichnist ta rekonstruktsiia mostiv ta budivelnykh konstruktsii», № 1, s. 45–47. Lviv, Ukraina: Kameniar, 1999.
3. B. L. Nazarevych, M.R. Bilskyi, «Diahnostyka zbirno-monolitnykh konstruktsii pokryttia stylobat admin budynku u m. Lvovi», Zbirnyk naukovykh prats «Diahnostyka, dovhovichnist ta rekonstruktsiia mostiv ta budivelnykh konstruktsii», № 2,
4. s. 109–115. Lviv, Ukraina: Kameniar, 2000.
5. J. J. Luchko, B. Z. Parneta, «Doslidzhennia konstruktsii baseinu hoteliu "Prykarpattia" ta propozytsii vidnovlennia ekspluatatsiinykh kharakterystyk sporudy», Zbirnyk naukovykh prats «Diahnostyka, dovhovichnist ta rekonstruktsiia mostiv ta budivelnykh konstruktsii», № 8, s. 59–69. Lviv, Ukraina: Kameniar, 2006.
6. J. J. Luchko, B. Z. Parneta, «Obstezhennia fundamentiv pid rozvantazhuiuchymy oporamy HPA nasosnoi stantsii "Opory" ta yikh posylennia», Zbirnyk naukovykh prats «Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli i sporudy», № 15, s. 337–387. Rivne, Ukraina: NUVHP, 2007.
7. J. J. Luchko, B. Z. Parneta, «Obstezhennia fundamentiv AVO harazhu na kompresornii stantsii "Opory II" ta yii posylennia», Zbirnyk naukovykh prats «Dorohy i mosty», № 7, s. 47–56. Kyiv, Ukraina: Derzhdor NDI, 2007.
8. M. Przemyslaw, «Naprawa starych wiez weglowych oraz budowa nowych z zastosowaniem system pagel», Zbirnyk naukovykh prats «Diahnostyka, dovhovichnist ta rekonstruktsiia mostiv ta budivelnykh konstruktsii», № 11, s. 99–105. Lviv, Ukraina: Kameniar, 2009.
9. V.P. Korolov, O.P. Hibalenko, O.M Shevchenko, «Pryntsypy upravlinnia koroziieiu nebezpekoiu budivelnykh konstruktsii, budivel ta sporud», Visnyk Dnipropetrovskoho nats. un-tu zaliznychnoho transportu im. akad. V. Lazariana, № 39, s. 87–90. Dnipropetrovsk, Ukraina: DNUZT, 2011.
10. B.L. Nazarevych, J. J. Luchko, Yu.I. Ivanyk, «Tekhnolohiia posylennia monolitnykh zalizobetonnykh konstruktsii perekryttia budivli», Zbirnyk naukovykh prats «Mekhanika i fizyka ruinuvannia budivelnykh materialiv ta konstruktsii», № 9, s. 376–385. Lviv, Ukraina: Kameniar, 2012.
11. J. J. Luchko, B.L. Nazarevych, I.B. Kravets, «Vidnovlennia nesuchoi zdatnosti zalizobetonnykh balok poshkodzhenykh koroziieiu rozvantazhuvalnoho vuzla riznoho zaliznychnoho shliakhu», Zbirnyk naukovykh prats «Mosty i tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka», № 10, s. 61–69. Dnipropetrovsk, Ukraina. 2016.
12. J. J. Luchko, B.Z. Parneta, B. L. Nazarevych, Metody zakhystu vid korozii zalizobetonnykh konstruktsii i sporud. Lviv, Ukraina: Kameniar, 2016. 415 s.
13. J. J. Luchko, B.L. Nazarevych, V.V. Chechin, «Shchodo metodyky vlashtuvannia membrannoi hidroizoliatsii iniektsiinymy metodamy pidzemnykh sporud», Visnyk odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, № 75, s. 141–150. Odesa, Ukraina: ODABA, 2019.
14. Fizyko-mekhanichnyi instytut NAN Ukrainy, «Zvit po temi «Obstezhennia budivelnykh konstruktsii i rozrobka rekomendatsii po yikh koroziinomu zakhystu». Lviv, Ukraina: Fizyko–mekhanichnyi instytut NAN Ukrainy, 1991. 60 s.
15. Tema NDR – 227p – kerivnyk i vidpovidalnyi vykonavets, «Zvit NDR po temi: «Rozrobka tekhnolohii remontu ta pidvyshchennia zalyshkovoho resursu konstruktsii mostiv»». Lviv, Ukraina: FMI imeni H. V. Karpenka NANU, 2001. 106 s.
16. J. J. Luchko, Metody otsinky nesuchoi zdatnosti i pidvyshchennia trishchynoctiikosti zalizobetonnykh elementiv konstruktsii. Lviv, Ukraina: Slovo i komertsiia, 1997. 435 s.

Лучко Йосип Йосипович – доктор технічних наук, професор. Кафедра будівельних конструкцій, Львівський національний університет природокористування, ORCID 0000-0002-3675-0503

Горбачевська Анна Андріївна – асистент кафедри автомобільних доріг і мостів, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: anna.tuziak@gmail.com ORCID 0000-0002-3038-4979

J. J. Luchko [1]
A. A. Horbachevska[2]

DEGRADATION OF REINFORCED CONCRETE WORKSHOP STRUCTURES AT CHEMICAL INDUSTRY FACTORIES

[1]Lviv National University of Nature Management
[2]Lviv Polytechnic National University

In this work, based on the analysis and synthesis of scientific and technical sources, the problem of degradation of concrete and reinforced concrete structures of workshops at chemical industry plants is formulated and its relevance is noted. A number of works on the specified problem are analyzed, in particular, the results of technical diagnostics of many buildings and structures, both newly built and in long-term operation, are described. The need for periodic technical diagnostics is noted and the appropriate proposals are formulated to restore (strengthen) the load-bearing capacity of such structures. Based on the completed full-scale studies of reinforced concrete structures in long-term operation of workshops in chemical industry plants, the main factors that significantly affect the reduction of the load-bearing capacity of reinforced concrete structures in aggressive air conditions at chemical industry enterprises are summarized. In particular, the following reinforced concrete structures were examined: columns, beams, trusses, covering slabs and wall panels and other structures at the Caustic Soda and Chlorine Plant (KSiH) and other plants of V.O. "Chlorvinyl" in the city of Kalush, Ivano-Frankivsk region, which were installed in 1968–1973. The destruction of the paint coating due to the action of wet gases HCl and Cl_2, the destruction of ribbed panels with a paint coating due to the action of dry chlorine in the calcium tetrachloride workshop, as well as the action of salt corrosion, and the destruction of pipeline supports due to the action of dry chlorine are noted. These destructions are presented in this paper and shown in fig. 1. They are concluded to the following: to mistakes made during design; to defects and shortcomings in construction; to shortcomings in the operation of concrete and reinforced concrete structures, in aggressive environments. Recommendations for protecting reinforced concrete structures in accordance with the aggressive environments, which they are operated in, are given.

Keywords: *concrete, reinforced concrete, structure, degradation, corrosion, reinforcing bars, defects, chemical processes, concrete carbonation.*

Luchko Joseph – Dr. Department of Building Structures, Lviv National University of Nature Management
Horbachevska Anna – assistant of the department of highways and bridges, Lviv Polytechnic National University.
e-mail: anna.tuziak@gmail.com