

ОЦІНКА ВПЛИВУ КОРОЗІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ НА РОБОТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК

Афанасьева Л. В.¹, Лаврінченко Л. І.²

*Київський національний університет будівництва та архітектури
03680, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31*

E-mail: ¹afanasieva2709@gmail.com, ²ludmila.lavrinenko@gmail.com

***Анотація.** Наведені результати досліджень впливу корозійних пошкоджень на роботу згинальних залізобетонних елементів. Встановлений найбільший вплив корозії на якісні характеристики їх роботи – корозійні пошкодження бетонного перерізу та корозія стрижнів робочої арматури. За результатами чисельних досліджень дана оцінка їх залишкового ресурсу міцності, а також подальшої експлуатаційної придатності.*

***Ключові слова:** корозія, пошкодження, корозія арматури, залізобетонний переріз, міцність.*

Експлуатація залізобетонних конструкцій при тривалій дії навантаження, а також агресивного середовища може спричинити пошкодження конструкції і втрату її несучої здатності. Тому важливим аспектом визначення залишкової несучої здатності і відповідності вимогам подальшої експлуатації є дослідження впливу дефектів і пошкоджень на параметри статичної роботи залізобетонних елементів. Наслідком корозії для них можуть бути зменшення перерізів арматури та бетону, зниження щеплення арматури з бетоном, розтріскування бетону під дією тиску від продуктів корозії арматури.

Результати попередніх досліджень [1–4, 6] свідчать про відсутність єдиного підходу щодо аналітичного опису корозійних процесів в бетоні, арматурі та залізобетонних конструкціях, а також щодо їх впливу на характер статичної роботи під навантаженням.

Натурні обстеження ушкоджених корозією елементів каркасу будівлі, що наведені на рис. 1, визначили необхідність оцінити їх залишкову міцність та оцінити вплив корозійних пошкоджень.



Рис. 1. Натурні обстеження конструкцій, ушкоджених корозією

Встановлено [1–3, 7], що найбільший вплив корозійних пошкоджень на якісні характеристики роботи залізобетонних елементів мають корозійні пошкодження бетонного перерізу та корозія стрижнів робочої арматури.

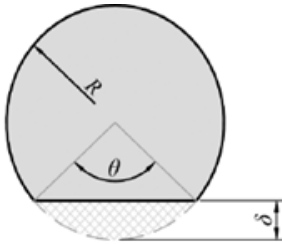


Рис. 2. Модель корозійного зносу:
 R – радіус арматурного стрижня;
 δ – глибина шару, ушкодженого корозією

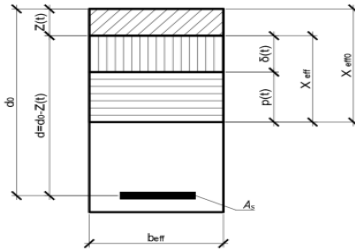


Рис. 3. Схеми поперечного перерізу дослідного згинального елемента

Прийнята модель корозійного зносу арматурної сталі в залізобетонних балках наведена на рис. 2. Схема поперечного перерізу дослідних моделей ригелей, що ушкоджені корозією, прийняти відповідно до рис. 3.

За результатами проведених досліджень [1] отримані діаграми « y – ε » бетону з корозійними пошкодженнями. Встановлено, що для бетонів з корозійними пошкодженнями значення граничних деформацій, що відповідають призмовій міцності, в порівнянні з бетоном без пошкоджень менше на 18,0 % – для бетонів з розрахунковою міцністю на стиск $f_{cd} = 41\text{МПа}$, а для бетонів з $f_{cd} = 53,6\text{МПа}$ – на 11,8 %. Слід

зазначити, що при збільшенні початкового навантаження термін, після якого досягнута текучість арматури, різко зменшується. При навантаженні $\leq 0,6M_u$ руйнування відбувається по стиснутій зоні внаслідок зменшення розмірів ушкодженого поперечного перерізу. Це призводить до збільшення відсотка армування, в цілому до переармування елемента і небезпеки крихкого руйнування за другим випадком по стиснутій зоні.

Для вирішення викладеної мети проведені чисельні дослідження з використанням обчислювального комплексу ЛІРА-САПР моделей збірних залізобетонних ригелей, що мають корозійні пошкодження.

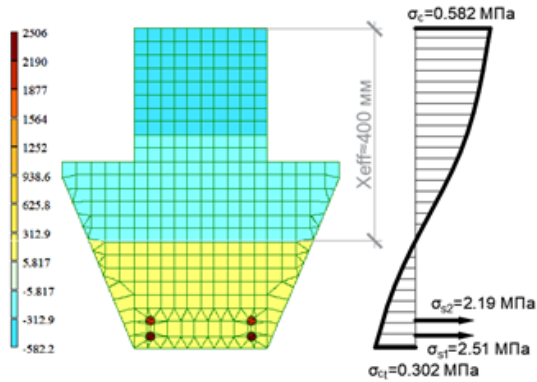
При розрахунку прийняті передумови: корозія поширюється рівномірно по всьому периметру арматурного стрижня, товщина корозійного шару становить 1,5 мм.

Схема поперечного перерізу дослідних моделей ригелей, що ушкоджені корозією, прийняті відповідно до рис. 3. За наявності корозійних пошкоджень бетонний переріз містить: $z(t)$ – ділянка повністю зруйнованого корозією стиснутого бетону; $\partial(t)$ – ділянка частково пошкодженого стиснутого бетону, $p(t)$ – ділянка непошкодженої частини стиснутого бетону, X_{eff} – висота стиснутої зони, d – робоча висота перерізу, η_s та η'_s – коефіцієнти, що враховують зміну міцності опору пошкодженої корозією арматури (див. рис. 2).

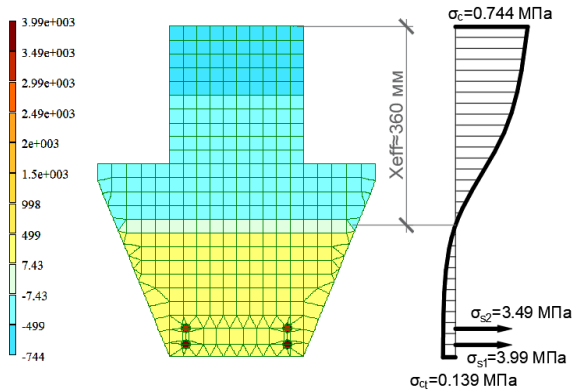
Таким чином, комплексна оцінка глибини корозії арматурних стрижнів (див. рис. 2), а також корозійне пошкодження бетонного перерізу (див. рис. 3) дає можливість визначити період експлуатаційної придатності конструкцій.

Наслідком корозійних впливів є деградація несучої здатності елементів конструкцій, створюючи небезпеку їх руйнування. Серед цих впливів значне місце належить хімічній корозійній агресії, при якій пошкодження матеріалу починаються на поверхні його контакту із зовнішнім середовищем, просуваючись вглиб, після чого пошкодження зменшуються і обнуляються.

На рис. 4 наведені результати розрахунку моделей ригелей-близнюків – звичайних і ушкоджених корозією. Чисельні дослідження балок виконані на дію розрахункового навантаження на перекриття, що дорівнює $5,8 \text{ кН/м}^2$, з урахуванням корозії арматури в розтягнутій зоні та бетонного перерізу з глибиною корозії 1,5 мм (див. рис. 4). Порівняльний аналіз параметрів напружено-деформованого стану дослідних балок свідчить, що зменшення висоти стиснутої зони бетону становить до 10,0 %. В балках, ушкоджених корозією, зусилля розтягу в арматурі збільшились до 60,0 %.



a



б

**Рис. 4. Результати розрахунку дослідних ригелей:
без пошкодження (а); з пошкодженнями бетону та арматури (б)**

Прогини балок з дефектом збільшилися в 1,2 рази, при цьому його величина не перевищує допустиме значення, що регламентоване вимогами ДБН [5].

Таким чином, комбінація різних дефектів і пошкоджень підвищує варіативність факторів, що впливають на залишкову несучу здатність згинальних залізобетонних елементів. Пошкодження стиснутої зони перерізу загрожує крихким руйнуванням перерізу, що унеможливає безпечну експлуатацію конструкції.

Результати розрахунку дослідних балок наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку дослідних балок

№	Показник	Балка без корозійних пошкоджень.	Балка з корозійними пошкодженнями бетону та арматури глибиною 0,5 мм	Зміна кінцевого параметру порівняно із початковим, %.	Балка з корозійними пошкодженнями бетону та арматури глибиною 1,0 мм	Зміна кінцевого параметру порівняно із початковим, %.	Балка з корозійними пошкодженнями бетону та арматури глибиною 1,5 мм .	Зміна кінцевого параметру порівняно із початковим, %.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Напруження стиску бетону σ_c , МПа	0,582	0,724	24,4	0,733	25,9	0,744	27,8
2	Напруження розтягу бетону. σ_{ct} , МПа	0,302	0,2	51	0,171	76,6	0,139	122
3	Напруження розтягу арматури. σ_{s1} , МПа	2,51	3,66	45,8	3,81	51,8	3,99	58,9
4	Напруження розтягу арматури. σ_{s2} , МПа	2,19	3,2	46,1	3,35	53	3,49	59,3
5	Переміщення вздовж осі Z, мм.	0,152	0,183	20,4	0,186	22,4	0,188	23,7

Пошкодження стиснутої зони перерізу загрожує крихким руйнуванням перерізу, що унеможливує безпечну експлуатацію конструкції.

За результатами виконаних чисельних досліджень ушкоджених корозією ригелей встановлено, що корозійні пошкодження арматури та бетонного перерізу елемента суттєво впливають на експлуатаційні якості конструкцій..

Розрахунок залишкової міцності дефектних дослідних балок дозволяє оцінити корозійні процеси в бетоні та арматурі, визначити їх вплив на роботу конструкції, а також розробити підсилення для подальшої експлуатаційної придатності.

Список використаних джерел

1. Афанасьєва Л. В., Добровінська М. В. Вплив корозійних пошкоджень на експлуатаційні якості залізобетонних конструкцій. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*. Київ : КНУБА. Вип. 6. 2020. С. 55–63.

2. Лавріненко Л. І. Технічний стан сталевих конструкцій. *Технічна експлуатація та реконструкція будівель*. Кам'янець-Подільський : Рута, 2018. С. 282–359.

3. Афанасьєва Л. В., Лавріненко Л. І. Особливості напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій, пошкоджених корозією. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр.* Рівне : НУВГП, 2023. Вип. 43. С. 91–98.

4. Афанасьєва Л. В. Щодо оцінки експлуатаційних якостей залізобетонних конструкцій, ушкоджених корозією. *Маркетингові стратегії, підприємництво і торгівля: сучасний стан, напрямки розвитку : тези доп. IV Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* Київ : КНУБА, 2023. С. 382–385.

5. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків та споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. – Мінрегіонбуд України. Київ, 2011. – 71 с. – Чинний з 01.06.2011.

6. Бліхарський З. Я., Лободанов М. М., Вегера П. І. Аналіз впливу основних видів дефектів та пошкоджень на несучу здатність залізобетонних елементів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва*, 2018, № 888. С. 93–100.

7. Lemaye R. G., Angal R. D., Raclke A. S. Experimental studies on penetrating-type corrosion inhibitor in reinforced concret –The Indian concret Jounal, N 1, 2000. – Pp. 22–26.