



Агентство
Відновлення

14.05.2026

УРАХУВАННЯ ПРОЦЕСІВ КАРБОНІЗАЦІЇ БЕТОНУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТОВИХ СПОРУД

МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ЗМІН У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

П'ЯТА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

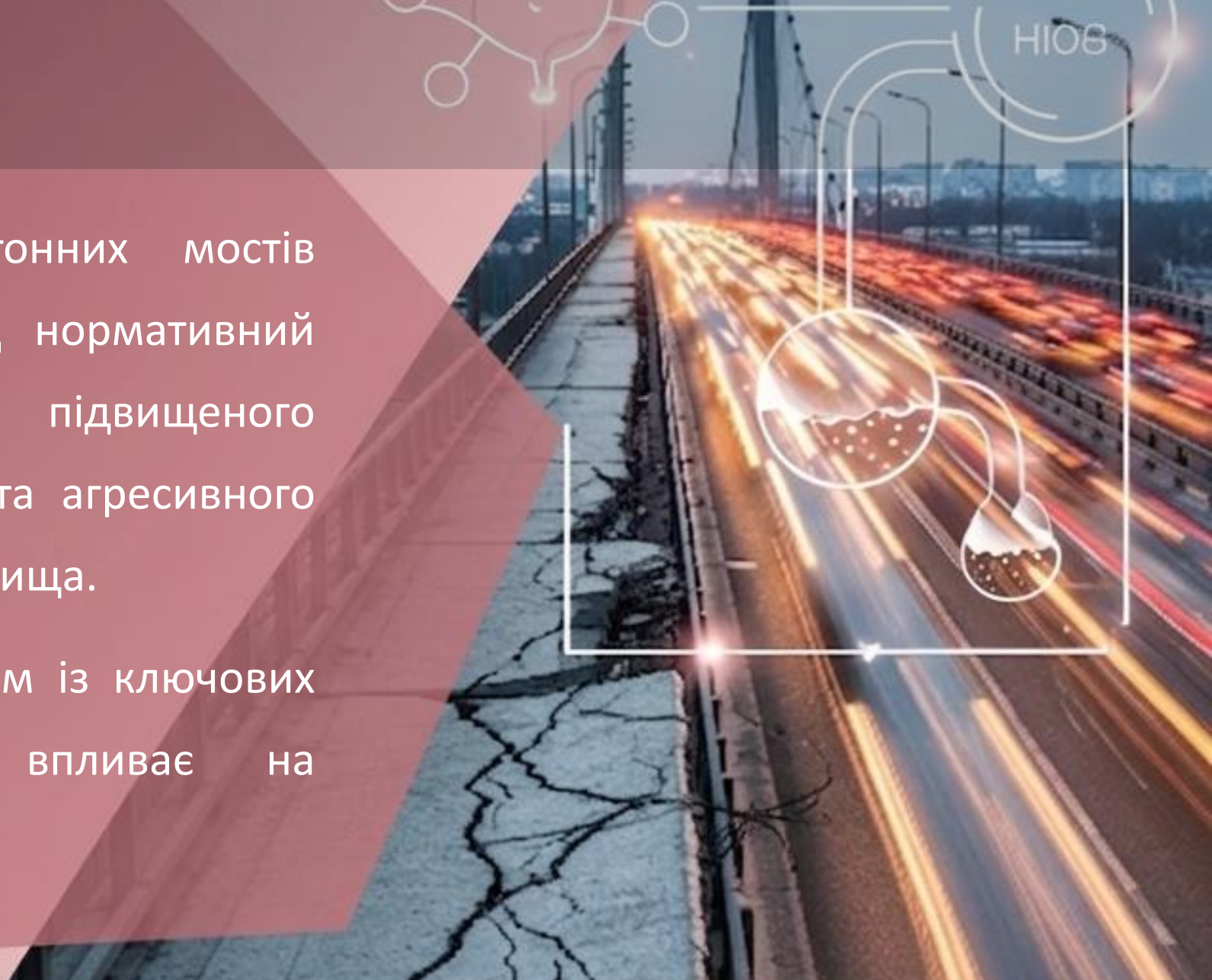
Грінів Владислава Сергіївна
Молодший науковий співробітник



Актуальність теми

Значна частина залізобетонних мостів України експлуатується понад нормативний термін служби в умовах підвищеного транспортного навантаження та агресивного впливу навколишнього середовища.

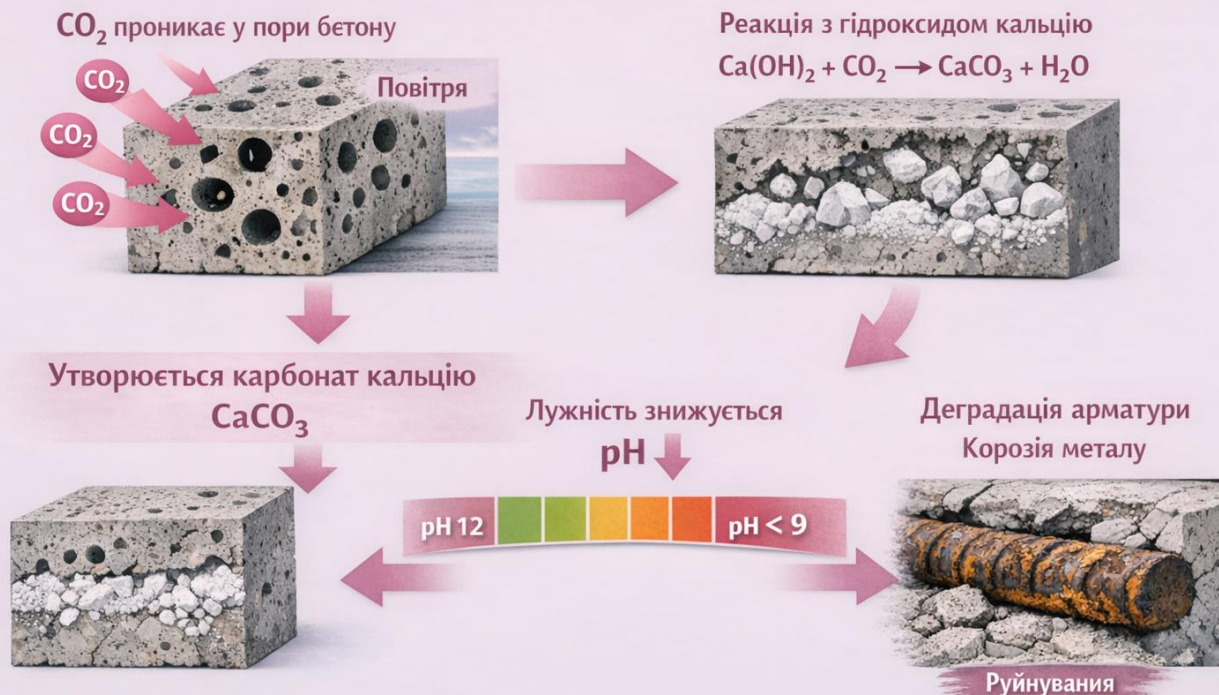
Карбонізація бетону є одним із ключових процесів деградації, що впливає на довговічність конструкцій.



Що таке карбонізація бетону

Карбонізація – це фізико-хімічний процес взаємодії компонентів цементного каменю з вуглекислим газом (CO_2), який проникає з повітря в пори бетону.

Механізм процесу карбонізації



Вплив на арматуру

Зниження pH руйнує пасивну захисну плівку на арматурі. Це створює умови для корозії, що призводить до:



Основні фактори, що впливають на швидкість карбонізації бетону



№	Фактор	Характер впливу	Механізм впливу на процес карбонізації
1	Клас і щільність бетону	Чим вищий клас і щільність - тим менша швидкість карбонізації	Зменшення пористості та проникності бетону обмежує дифузію CO ₂ у глиб конструкції
2	Водоцементне відношення	Зі збільшенням В/Ц швидкість карбонізації зростає	Формування більш розвиненої капілярно-пористої структури, що полегшує проникнення газів
3	Товщина захисного шару арматури	Зі збільшенням товщини - зростає період досягнення арматури фронтом карбонізації	Збільшується шлях дифузії CO ₂ до поверхні арматури
4	Вологість бетону	Найбільша швидкість при відносній вологості 50–70 %	У сухому бетоні реакція уповільнюється, у повністю насиченому - утруднюється дифузія CO ₂
5	Наявність тріщин	Суттєво прискорює процес	Тріщини забезпечують прямий доступ CO ₂ до внутрішніх шарів бетону
6	Температурний режим	Підвищення температури прискорює карбонізацію	Активізація хімічних реакцій та процесів дифузії
7	Концентрація CO ₂ у повітрі	Пряма залежність: зі зростанням концентрації швидкість збільшується	Підвищення градієнта дифузії вуглекислого газу
8	Якість ущільнення бетону	Недостатнє ущільнення збільшує швидкість карбонізації	Наявність пустот і раковин сприяє проникненню газів
9	Наявність захисних покриттів	Зменшує швидкість процесу	Покриття створює бар'єр для проникнення CO ₂
10	Експлуатаційні умови мосту	Агресивне середовище прискорює процес	Поєднання дії вологи, температурних коливань та забруднення повітря

Особливості розвитку карбонізації в мостових конструкціях

На відміну від будівельних конструкцій, залізобетонні мости експлуатуються в умовах відкритого атмосферного середовища та піддаються безпосередньому впливу опадів, перепадів температур і транспортних вібрацій.

Ці фактори сприяють утворенню **мікротріщин** у бетоні, які значно прискорюють проникнення **вуглекислого газу** в глиб бетону.



Особливо інтенсивно карбонізація розвивається:

у зонах нижніх
поверхонь
прогонових будов

в опорних частинах
і підферментних
майданчиках

поблизу
деформаційних
швів

у місцях з
порушеним
захисним шаром
бетону

Метод визначення карбонізації



Покрокова схема визначення глибини карбонізації

Фотофіксація етапів випробування



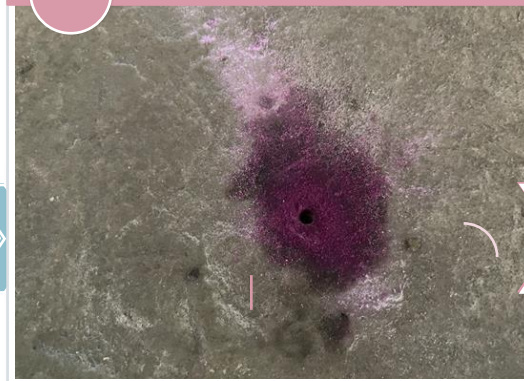
Крок 1

висвердлювання в
елементі моста отвору



Крок 2

нанесення індикатора:
на свіжу поверхню
наносимо 1% розчин
фенолфталеїну в
етиловому спирті



Крок 3

аналіз кольорової
реакції

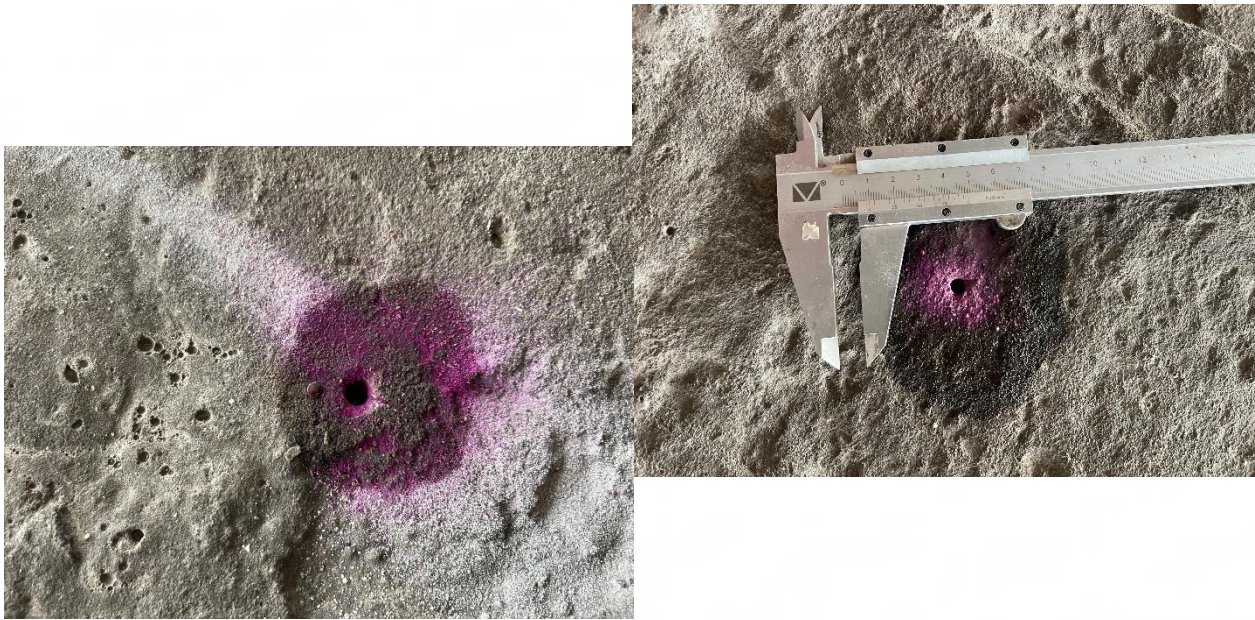


Крок 4

вимірювання глибини
карбонізації за
допомогою
штангенциркуля

Визначення глибини карбонізації

Під час обстежень залізобетонних мостів визначення глибини карбонізації виконується вибірково в найбільш характерних і небезпечних зонах конструкцій. Вибір місць вимірювань здійснюється з урахуванням результатів візуального обстеження та аналізу дефектів.



Отримані значення глибини карбонізації порівнюються з товщиною захисного шару арматури. У випадках, коли фронт карбонізації досягає рівня арматури або перевищує його, фіксується високий ризик розвитку корозії та необхідність прийняття додаткових заходів.

Дефекти які виникають від впливу карбонізації



Дефекти які виникають від впливу карбонізації



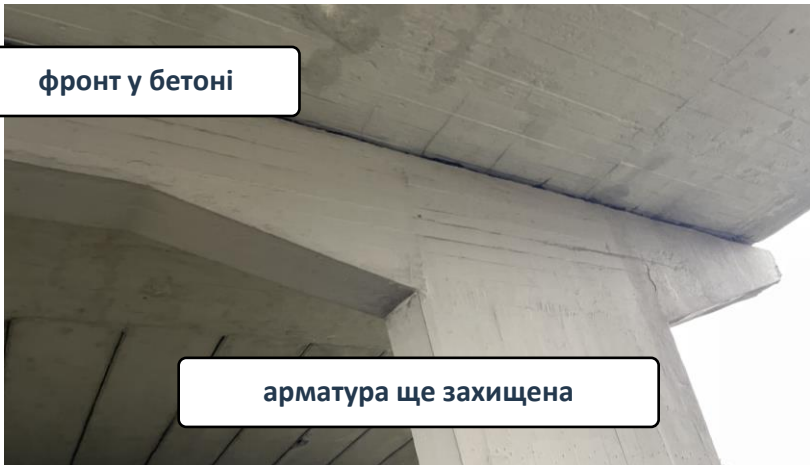
№	Дефект	Причина	Наслідки
1	Корозія арматури	Зниження рН бетону	Втрата міцності сталі
2	Тріщини в бетоні	Розширення іржі	Руйнування структури
3	Відшарування	Втрата зчеплення	Ослаблення конструкції
4	Відколи бетону	Тиск продуктів корозії	Оголення арматури
5	Зменшення перерізу арматури	Тривала корозія	Зниження несучої здатності
6	Підвищена проникність	Зміна структури бетону	Прискорення руйнування

Карбонізація: було / стало

Порівняння розвитку дефектів від ранньої стадії до активної корозії арматури

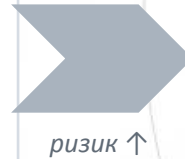
Було: початкова стадія

фронт у бетоні



арматура ще захищена

Ознаки: зміна pH уже відбувається, але захисний шар іще не втратив функцію.

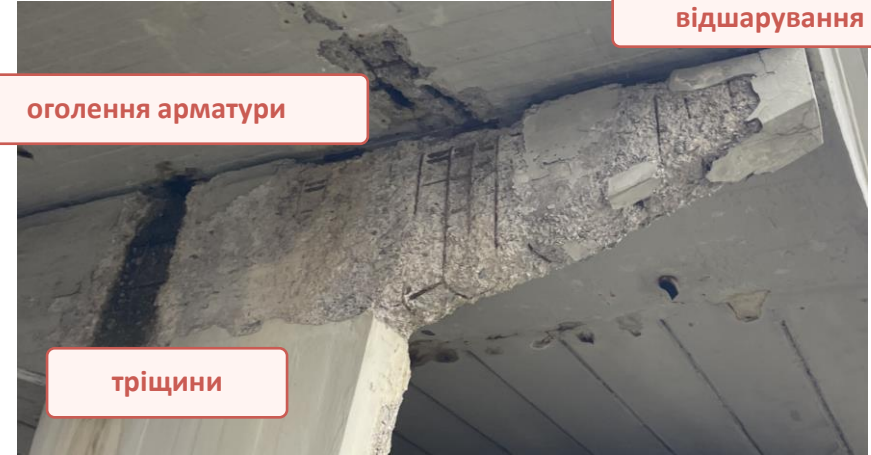


ризик ↑

Стало: критична стадія

відшарування

оголення арматури



тріщини

Ознаки: карбонізація дійшла до арматури, корозія розширюється й руйнує бетон.

Критичний перехід: коли глибина карбонізації дорівнює товщині захисного шару, запускається активна корозія арматури.

Приклади де є активна карбонізація, але не дійшла до зони армування



Міст 2004 року побудови



Міст приблизно 1973 року побудови



Міст 2004 року побудови



Міст приблизно 1970 року побудови



Міст приблизно 1980 року побудови

Приклади де є активна карбонізація і вона дійшла до армування



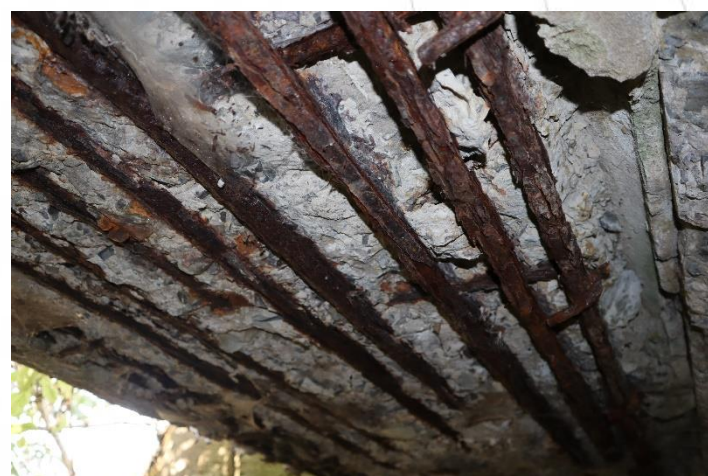
Ригель опори



Ригель опори



Балки втп-16



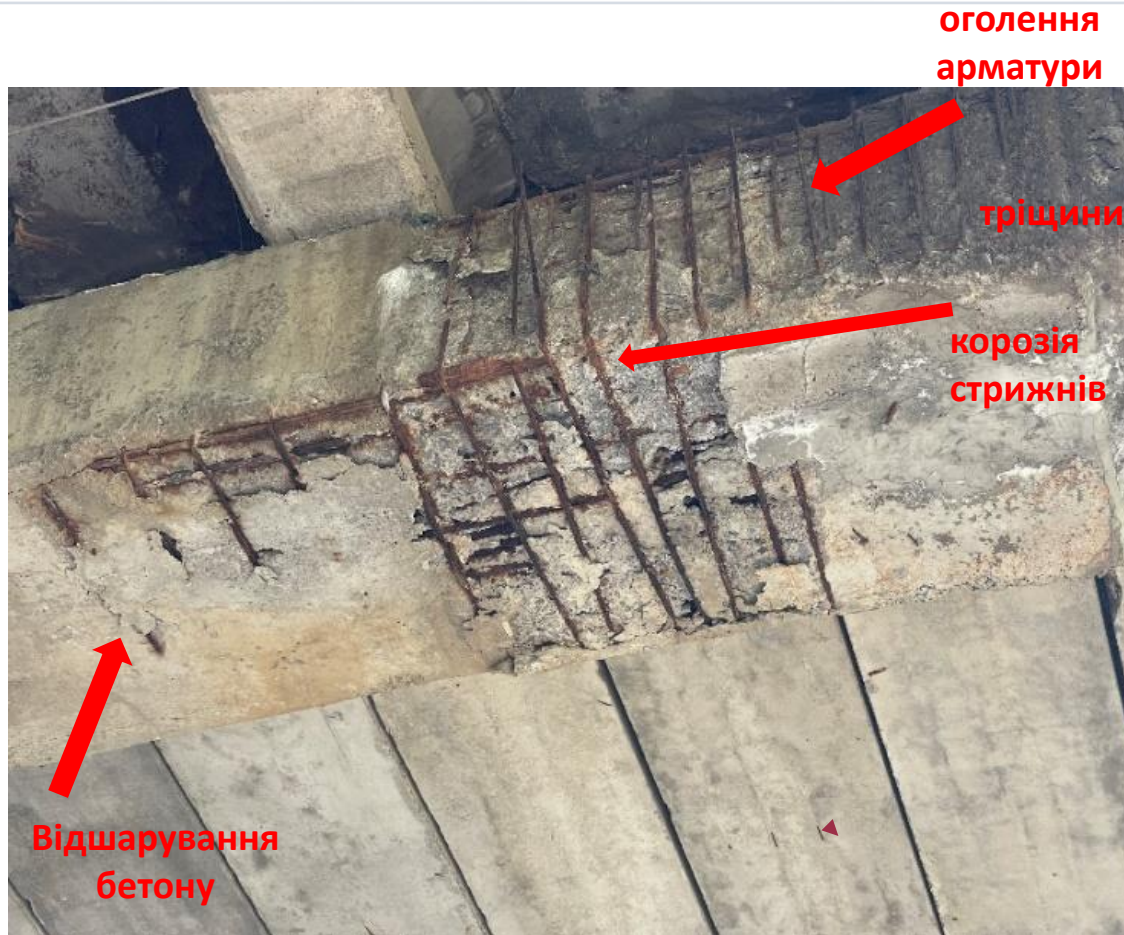
Плити



Ригель опори

Фото з маркуванням дефектів

Приклад критичної стадії: поєднання карбонізації, втрати захисного шару та активної корозії арматури



Що видно на фото

- карбонізація вже пройшла захисний шар
- арматура втратила пасивацію та кородує
- продукти корозії розпирають бетон
- несна довговічність зменшується

Висновок: стан IV–V

Рекомендації, коли глибина карбонізації досягає армування



Тезисно: що рекомендувати у звіті



Для звіту з обстеження

- Очистити бетон від пошкодженого шару
- Видалити продукти корозії з арматури
- Провести антикорозійний захист арматури
- Відновити захисний шар ремонтними сумішами
- Забезпечити захист поверхні від CO₂ та вологи (покриття, просочення)



У разі капітального ремонту

(проектні рішення)

- Виконати комплексну заміну елементів мостового полотна з улаштуванням нової гідроізоляції
- Підсилення або заміна пошкоджених конструктивних елементів із критичним ступенем карбонізації та корозійного пошкодження бетону
- Відновлення або заміна пошкодженої арматури
- Відновлення геометрії елементів мосту
- Нанесення карбонізаційно-стійких покриттів
- Влаштування додаткової гідроізоляції
- Підсилення конструкцій: обойми, торкретування, композитні матеріали

➤ Ключовий принцип: усунути пошкодження та відновити бар'єрний захист від CO₂ і вологи

Рекомендації

Узагальнені рекомендації, коли глибина карбонізації доходить до глибини залягання арматури:

- Провести детальне обстеження та вимір глибини карбонізації
- Видалити ослаблений і карбонізований шар бетону
- Очистити арматуру від продуктів корозії
- Нанести антикорозійний захист на арматуру
- Відновити захисний шар ремонтними сумішами
- Збільшити товщину захисного шару (за потреби)
- Нанести захисні покриття (проти CO₂ і води)
- Забезпечити герметизацію тріщин
- Організувати подальший моніторинг стану



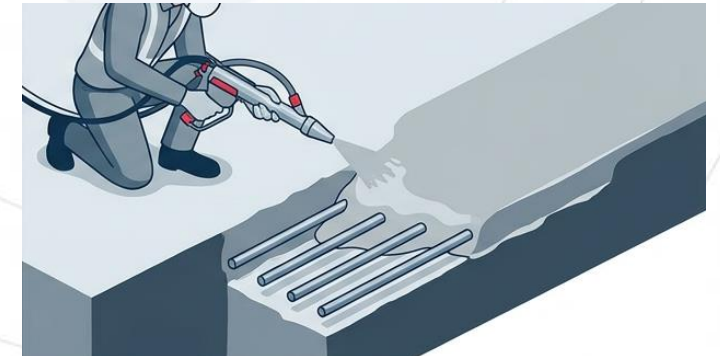
1. Видалення бетону



2. Очищення арматури від корозії



3. Захист арматури



4. Відновлення бетону

Узагальнені висновки

Основне

- 1 Карбонізація є одним із ключових і часто прихованих процесів деградації залізобетонних мостів.
- 2 Розвиток карбонізації визначається щільністю бетону, вологістю, наявністю тріщин, товщиною захисного шару та умовами експлуатації.
- 3 Для мостів процес є особливо небезпечним через опади, температурні коливання і транспортні вібрації, що сприяють утворенню мікротріщин.
- 4 Критичним є досягнення фронтом карбонізації рівня арматури: саме тоді зростає ризик втрати пасивації та розвитку корозії.
- 5 Своєчасне виявлення, ремонт захисного шару та захист від CO₂ і вологи дозволяють подовжити строк служби конструкцій і зменшити витрати на ремонт.

Практичний акцент

● **Виявити** визначити глибину карбонізації



● **Порівняти** зі захисним шаром арматури



● **Оцінити ризик** категорію технічного стану



● **Призначити захід** ремонт, підсилення, захист

Карбонізацію слід враховувати як показник довговічності та ризику корозії.



Агентство
відновлення

14.05.2026

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ЗМІН У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

П'ЯТА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

Грінів Владислава Сергіївна
Молодший науковий співробітник

