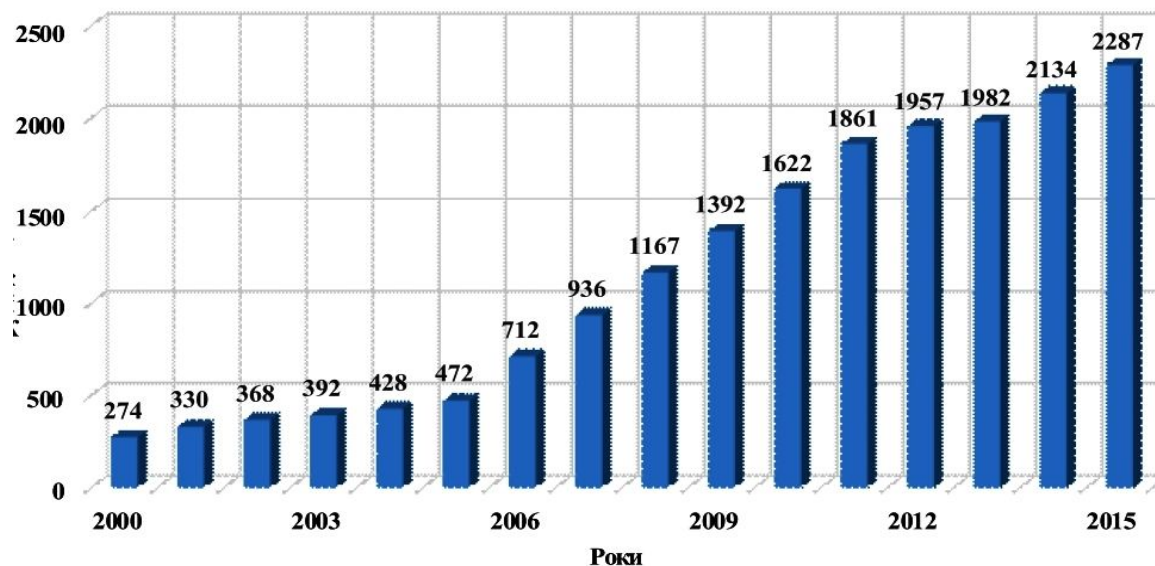


СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

Проблеми прогнозування довговічності залізобетонних мостів в Україні

В.В. Болотіна, І.П. Гамеляка, В.Н. Гордеева, Є.В. Горохова, Є.А. Егорова, В.П. Кожушко, В.П. Корольова, А.І. Лантух-Лященко, А.В. Махинько, В.В. Мозгового, В.Ф. Невінгловського, О.І. Оглоблі, А.М. Онищенко, В.А. Пашинського, С.Ф. Пичугина, А.В. Перельмутера, А.Р. Ржаніцина, В.П. Редченко, М.В. Савицького, О.М. Савицького, А.О. Титюка, С.Б. Усаковского, А.Є. Фаля, Т.Ю. Шевченко. В результаті аналізу в роботах виконана класифікація відомих підходів моделювання процесів деградації залізобетонних елементів.

Автодорожні мости є найважливішими складовими транспортної інфраструктури України



Центральною науковою проблемою системи експлуатації мостів є проблема оцінки та прогнозу технічного стану залишкового ресурсу мостів, яка стала особливо актуальною в останні 20 років.

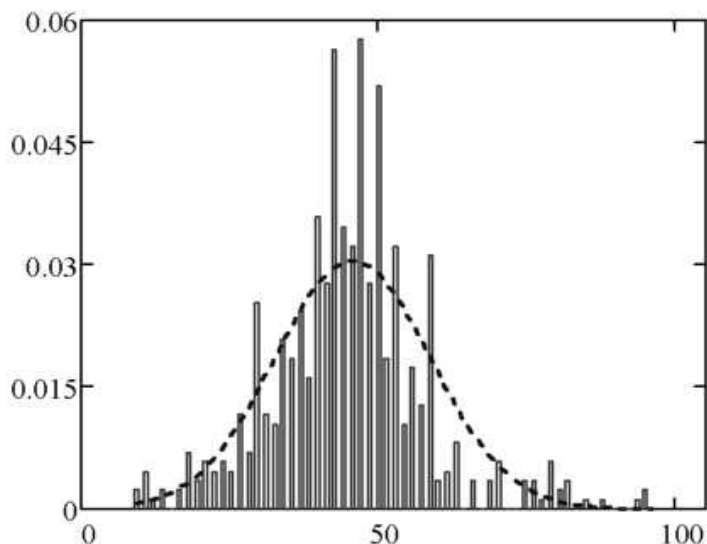
Чинні до 2002 року будівельні норми України не надавали ні методології оцінки залишкового ресурсу ні критеріїв оцінки технічного стану мостів, що знаходяться в експлуатації.

Динаміка росту кількості мостів, що очікують термінового ремонту

Нормативні документи, що регламентують життєвий цикл залізобетонних автомобільних мостів

Згідно з чинним вітчизняним нормативним документам проектний термін служби залізобетонних мостів повинен складати 70-100 років. Забезпечити заданий термін служби можна дотриманням певних нормативних конструктивних вимог (встановлюються допустимі значення товщини захисного шару бетону, водоцементного відносини, витрати цементу, щільності тощо). Однак термін служби не закладається в розрахунки на етапі проектування, тобто не існує нормативних методик, що дозволяють прогнозувати термін служби моста при його проектуванні. Сучасний апарат проектування залізобетонних конструкцій не містить інструментів управління довговічністю.

ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби.
Основні вимоги проектування



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

НАСТАНОВА З ОЦІНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ

ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012

Видання офіційне

Київ

Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України

2013

Вік залізобетонних прогонових будов автодорожніх мостів на дорогах державного значення, що перебувають в четвертому експлуатаційному стані

ДОВГОВІЧНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Одна з найбільш небезпечних і поширених причин руйнування залізобетонних конструкцій мостових споруд - корозія сталеві арматури.

Арматура в бетоні відіграє виключно важливу роль, так як сприймає розтягуючі напруження від зовнішнього навантаження, забезпечуючи міцність конструкції, тому корозія арматури неприпустима.

Дуже небезпечним негативним наслідком корозії арматури в залізобетонних конструкціях є те, що продукти корозії мають об'єм до 2 – 9 разів більше прокородірованого обсягу арматури. Тиск викликає утворення продуктів корозії поздовжніх (корозійні) тріщини в захисному шарі бетону з подальшим його відшаруванням і порушенням зчеплення арматури з бетоном.



Життєвий цикл визначається як період часу протягом повного терміну служби, після закінчення якого потрібні заходи по утриманню або ремонту

Корозія арматури в місці руйнування захисного шару

Пошкодження прогонових будов в результаті корозії арматури



Види тріщин залізобетонних елементів мостів



Корозійне розтріскування високоміцної арматури, що знаходиться в напруженому стані, являє собою особливий і досить небезпечний вид корозії. Він характеризується утворенням нормальних до поздовжньої осі арматури тріщин при локальній корозії, причому руйнування арматури може відбуватися при напругах значно нижче розрахункових.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ КОНСТРУКЦІЙ ВІД КОРОЗІЇ

До заходів первинної захисту відносяться:

- застосування бетонів, стійких до впливу агресивного середовища;
- застосування різних модифікуючих добавок, підвищують корозійну стійкість бетонів та їх захисну здатність по відношенню до сталевих арматур, сталевих закладних деталей і сполучним елементам. Добавки можуть бути пластифікуючі (збільшувати), стабілізуючі (попереджувальні расшарування), водо-утримуючі, а також регулюючі тужавлення бетонних сумішей, їх щільність, пористість і т. д.;
- зниження проникності бетонів;
- дотримання додаткових розрахункових і конструктивних вимог при проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій.

До заходів вторинного захисту належить нанесення на поверхні бетонних і залізобетонних конструкцій захисних матеріалів:

- біоцидні матеріали знищують і подавляють грибкові утворення на бетонних конструкціях (принцип дії полягає в проникненні хімічної активних елементів в структуру бетону і заповнювання ними мікротріщин і пор);

- обклеювальні покриття застосовуються при відповідно рідких середовищ (наприклад, якщо бетонна паля підтоплюється підземними водами), у ґрунтах, а також в якості непроникного підшару в облицювальних покриттях

(це можуть бути рулони нафтобітуму, поліетиленова плівка, поліізобутиленові пластини тощо);

- ущільнюючі просочення надають бетону високі гідрофобні властивості, різко підвищують водонепроникність і знижують водо поглинання матеріалу (застосовуються в умовах підвищеної вологості і у разі необхідності забезпечення спеціальних санітарно-гігієнічних вимог);

- і акрилові лакофарбові покриття утворюють атмосферостійку, міцну і

довговічний захист, у тому числі запобігає поява на поверхні грибків і мікроорганізмів.

В процесі експлуатації залізобетонних мостів в результаті впливу тимчасового рухомого навантаження та зовнішніх факторів навколишнього середовища їх технічний стан погіршується, причинами яких є наступні процеси:

- карбонізація бетону, що супроводжується зниженням значення рН порового середовища бетону, що призводить до загальної корозії арматури;
- дифузія іонів хлору в бетон при використанні солей антиобліднювачів, які застосовуються для боротьби із зимовою слизькістю на дорогах і інше.



боротьби із зимовою слизькістю на дорогах і інше.

Карбонізація це хімічне старіння бетону.

Положення фронту карбонізації зазвичай встановлюють вибуриванням керна з бетонної конструкції і обробкою його бічної сторони водно-спиртовим розчином фенолфталеїну.

Швидкість карбонізації, тобто швидкість просування фронту від поверхні углиб бетону, залежить від складу і якості бетону, змісту в ньому вологи, концентрації вуглекислого газу в навколишньому повітряному середовищі та її вологості, від температури.



↑ малинове забарвлення ↑ забарвлення відсутнє
Визначення глибини карбонізації з допомогою фенолфталеїну

Середовище, яке містить хлориди – це агресивний компонент по відношенню до залізобетонних конструкцій і виробів, які широко використовуються в транспортному будівництві.

Переміщення солей хлору, що викликають корозію арматури, вглиб бетону протікає швидше, у



порівнянні з переміщенням фронту карбонізації і арматура починає кородувати в лужному середовищі. Зростання об'єму продуктів корозії арматурної сталі сприяє руйнуванню захисного шару бетону.

Поряд з вологими плямами, висолами, іржавими відбитками арматури утворюються тріщини в захисному шарі бетону вздовж арматурних стрижнів, сколи бетону. Різко зменшується морозостійкість бетону і руйнування захисного шару настає через 2...4 роки після початку корозії арматури. Об'єм пошкодження конструкцій, які викликані корозією арматури, з часом зростає нелінійно, і несвоєчасний або відкладений ремонт призводить до різкого зростання витрат на ремонт та реконструкцію.

Пошкодження залізобетонних конструкцій, схильних до корозії арматури під впливом хлоридів або при карбонізації

Етапи карбонізації. Процес карбонізації складається з цілого ряду проміжних етапів. При цьому найбільш важливі всього три:

1. Дифузія CO_2 через капілярні пори бетону:

- розмір капілярних пір > 10 нм;
- розмір молекул $\text{CO}_2 = 0,23$.

Одночасно відбувається розчинення кристалічного кальцію $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в порової рідини і його дисоціація:

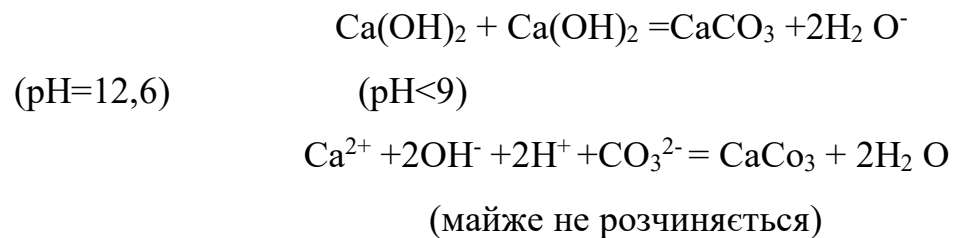


2. Реакція і розчинення CO_2 в лужної порової рідини



При цьому H_2CO_3 знаходиться в рівновазі з карбонатами CO_3^{2-} .

3. Нейтралізація $\text{Ca}(\text{OH})_2$, кислотою $\text{Ca}(\text{OH})_2$.



В процесі цих реакцій показник рН порової рідини знижується від початкового значення 12,6 до значення нижче 9. При цьому порушується захисну дію на сталь. Вплив порової рідини і кисню може привести до корозії арматурної сталі, укладеною в бетоні.

Деградація бетону під впливом хлоридів. Процес деградації залізобетонних мостів відбувається по причині зносу сталевий арматури в результаті карбонізації захисного шару бетону або дифузії хлоридів. Середовище, яке містить хлориди – це агресивний компонент по відношенню до залізобетонних конструкцій і виробів, які широко використовуються в транспортному будівництві.

В процесі експлуатації залізобетонних мостів в результаті впливу тимчасового рухомого навантаження та зовнішніх факторів навколишнього середовища їх технічний стан погіршується. Знос реалізується в ушкодженнях бетону і арматури, причинами яких є наступні процеси:

- морозні пошкодження бетону;
- вилугування цементного каменю;
- сульфатна корозія бетону;
- реакція цементного каменю з деякими видами лужних заповнювачів;
- карбонізація бетону, що супроводжується зниженням значення рН порового середовища бетону, що призводить до загальної корозії арматури;
- дифузія іонів хлору в бетон при використанні солей антиобліднювачів, які застосовуються для боротьби із зимовою слизькістю на дорогах.



Хлоридна корозія бетонного бордюру



Схема процесу деградації залізобетонних автодорожніх мостів

Життєвий цикл залізобетонних елементів мостів поділено на 5 дискретних станів
Кожен із станів описується добіркою якісних та кількісних показників деградації

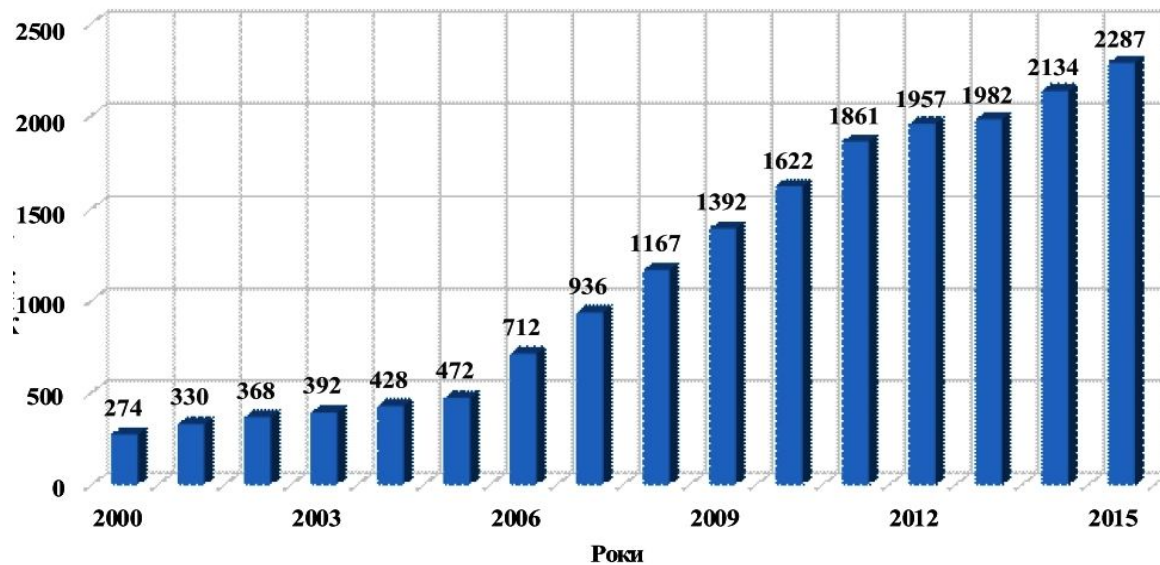
Номер і назва експлуатаційного стану	Загальна характеристика стану
1. Справний	Елемент відповідає всім вимогам проекту та чинних норм експлуатації.
2. Обмежено справний	Елемент частково не відповідає вимогам чинних норм, проте не порушуються вимоги ані першої, ані другої груп граничних станів.
3. Працездатний	Елемент частково не відповідає вимогам проекту і чинних норм, не порушуються вимоги першої групи граничних станів. Можливе часткове порушення вимог другої групи граничних станів, якщо це не обмежує нормального функціонування споруди.
4. Обмежено працездатний	Елемент експлуатується в обмеженому режимі і вимагає спеціального контролю за його станом. Потребується капітальний ремонт.
5. Несправний	Елемент має ознаки порушень вимог першої групи граничних станів і з'ясовується неможливість їх запобігання та необхідність припинення експлуатації елемента.

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ УКРАЇНИ

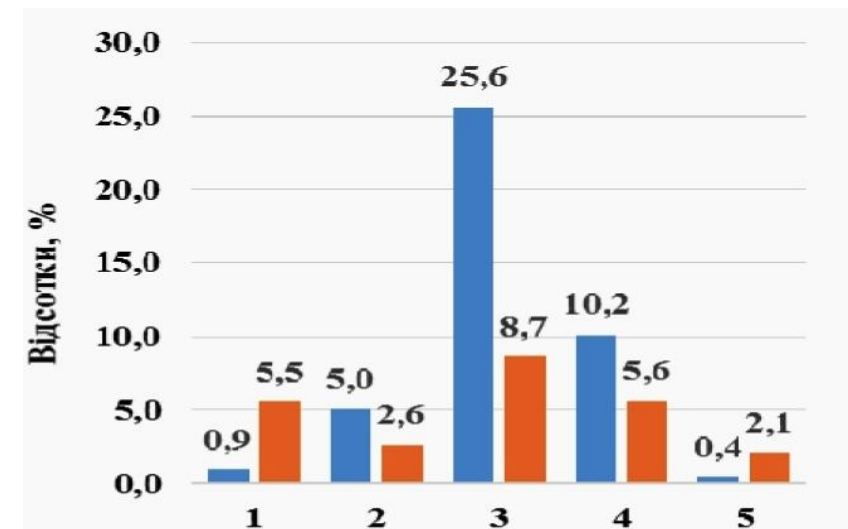
Технічний стан залізобетонних мостів в Україні

Характеристика експлуатаційного стану автодорожніх мостів

Потребують першочергової реконструкції або капітального ремонту	Шт.	1957
	П. м.	54040
В стадії будівництва, реконструкції або капітального ремонту	Шт.	124
	П. м.	9954



Динаміка росту кількості мостів, що очікують термінового ремонту



Розподіл за станами у відсотках, від загальної кількості мостів в базі АЕСУМ

Тип прогонових будов мостів	Середньозважене Значення μ , роки	Середнє квадратичне відхилення σ , роки
Стан 2		
Монолітні	54	20
Збірно-монолітні	22	20
Збірні	37	16
Всі типи разом	37	19
Стан 3		
Монолітні	60	14
Збірно-монолітні	38	17
Збірні	45	16
Всі типи разом	47	17
Стан 4		
Монолітні	58	12
Збірно-монолітні	49	17
Збірні	49	13
Всі типи разом	52	14
Стан 5		
Монолітні	63	11
Збірно-монолітні	-	-
Збірні	51	13
Всі типи разом	53	13

Терміни служби залізобетонних мостів за вибіркою

Середнє значення швидкості деградації

стан	Монолітні мости		Збірно-монолітні мости		Збірні мости		Всі типи	
	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік	2012 рік	2014 рік
2	0,034	0,016	0,033	0,039	0,033	0,023	0,034	0,023
3	0,029	0,021	0,037	0,033	0,037	0,028	0,034	0,027
4	0,035	0,029	0,044	0,034	0,044	0,034	0,041	0,032
5	0,043	0,033	0,053	-	0,053	0,041	0,050	0,040

Середнє значення швидкості деградації

Інтенсивність відмов, λ	Ресурс від початку експлуатації до досягнення верхнього рівня стану і, років			
	Стан 2	Стан 3	Стан 4	Стан 5
Для всіх типів				
0,023	37	55	72	90
0,028	-	47	62	78
0,032	-	-	52	65
0,040	-	-	-	53

Обстеження технічного стану будівельних конструкцій залізобетонного автодорожного мосту

Характеристика розміщення об'єкта обстеження. Автодорожний шляхопровід над автомобільною дорогою, розташований в Орджонікідзевському районі міста Запоріжжя по пр.Соборному.

Споруда забезпечує транспортне та пішохідне сполучення через автомобільну дорогу.

Повна довжина моста становить 64,8 м, поздовжня схема: 14,8+14,8+14,8+14,8. У плані та в поздовжньому профілі міст розташований на прямій.

Мостове полотно проїжджої частини мосту виконано під зустрічні напрямки руху з розділовими смугами по три смуги у кожную сторону руху. Покриття проїзної частини та тротуарів - асфальтобетонне. Деформаційні шви заповненого типу.

Перила пішохідної частини мосту — металеві безперервні, висотою 1,0 м. Огорожі безпеки проїжджої частини виконані у вигляді металевого однобічного бар'єрного огороження 11 ДО-1.

Конструктивно міст вирішено чотирьох прогінним за балочно-розрізною схемою з обпиранням прогонових конструкцій на залізобетонні ригелі опор та збірні стояни пальового типу.

Основні прогонові конструкції мосту вирішено зі збірних залізобетонних ребристих балок з діафрагмами. В якості опорних частин використані сталеві підкладки.

Пішохідні частини мосту по обом бокам від проїжджої частини підвищеного типу по консолям плити.

Конуси схилів укріплені збірними залізобетонними блоками та залізобетонними плитами.

Водовідвід з моста відбувається за рахунок поздовжнього ухилу вздовж бордюрів.

По конструктивним елементам мосту прокладено комунікаційні мережі у сталевих трубах.

На момент обстеження споруда експлуатується. Функціональне призначення відповідає проекту.

Загальний вид залізобетонного автодорожнього мосту по пр. Соборний в місті Запоріжжя



Програма і методи обстеження

Класифікація технічного стану споруди визначена у відповідності до ДСТ У Н В.2.3.-23:2012.

Програмою обстеження передбачено виконання наступних робіт:

1. Загальне обстеження споруди, умов експлуатації.
2. Виконання обмірюваних робіт і складання креслень, які необхідні для проведення робіт з обстеження споруди.

3. Зовнішній огляд і виявлення пошкоджень, дефектів, геометричних характеристик конструкцій, а також відповідність вузлів сполучення вимогам норм проектування. Фотографування та виконання необхідних ескізів пошкоджень, дефектів, а також інших невідповідностей вимогам будівельних норм за результатами зовнішнього огляду.

4. Вивчення результатів зовнішнього огляду та інструментального вимірювання.

5. Оцінювання технічного стану моста в цілому для рангування споруди за потребою експлуатаційних заходів.

Класифікація технічного стану споруди визначена у відповідності до ДСТУ-Н 5 В.2.3.-23:2012.

За результатами обстеження технічного стану споруди складена відомість дефектів, в якій наведені основні дефекти та пошкодження, заходи по їх усуненню.

Відомість дефектів

№ п/п	Найменування дефектів та пошкоджень	Заходи щодо їх усунення
1	Корозія металевої огорожі. З правого боку дороги за ходом руху автотранспорту (Фотографія №1,4)	Очистити металеву поручневу огорожу до «білого» металу з наступним нанесенням антикорозійного покриття з двох шарів емалі ХВ-124 ГОСТ 10144-74 по двом шарам ґрунту ГФ-021 ГОСТ 25129-82. В місцях наскрізної корозії виконати і підсилення по окремо розробленому проекту.
2	Пошкодження бетону тротуарних плит з оголенням і корозією арматури. З лівого та правого боку шляхопроводу (Фотографія №5-7)	Відновити цілісність бетону тротуарних плит.

3	<p>Руйнування асфальтобетонного покриття в місцях розташування деформаційних швів. Опори 1,2,3,4,5 (Фотографія №8-11)</p>	<p>Виконати улаштування деформаційних вузлів відповідно до окремо розробленого проекту.</p>
4	<p>Поздовжні тріщини в покритті над поздовжніми стиками балок. Прогони 1 — 4 (Фотографія № 10, 11)</p>	<p>Виконати капітальний ремонт асфальтового покриття.</p>
5	<p>Протічки води крізь дорожнє покриття на елементи моста. Прогони 1-4 (Фотографія № 10,11)</p>	<p>Розробити та виконати заходи щодо виконання додаткової гідроізоляції покриття шляхопроводу.</p>
6	<p>Пошкодження бетону від розморожування його на більшій частині плиті проїзної частини. Прогони 1 — 4 (Фотографія №12-17)</p>	<p>Розчистити пошкоджені ділянки. Очистити арматуру від продуктів корозії. Відновити цілісність захисного шару за допомогою спеціалізованих полімер-цементних сумішей за системою Ceresit або за іншою аналогічною.</p>
7	<p>Значна корозія арматури з послабленням площі понад 30%, Прогони 1— 4 (Фотографія № 12-17)</p>	<p>Розчистити пошкоджені ділянки. Очистити арматуру від продуктів корозії. Відновити цілісність захисного шару за допомогою спеціалізованих полімер-цементних сумішей за системою Ceresit або за іншою аналогічною.</p>
8	<p>Сколювання захисного шару граней. Окремі відколи бетону на глибину до 30мм.Локальне оголення та корозія арматури. Опори № 1, 2, 3 .4 , 5</p>	<p>Розчистити пошкоджені ділянки. Очистити арматуру від продуктів корозії. Відновити цілісність захисного шару за допомогою спеціалі-</p>

	(Фотографія 18 -26)	зованих полімер-цементних сумішей за системою Ceresit або за іншою аналогічною. В місцях наскрізної корозії виконати підсилення по окремо розробленому проекту.
9	Суцільна корозія поверхонь тертя опорних частин пошкодження бетону (тріщини, сколювання) несних конструкцій (балок, підферменників) поруч з опорними пластинами. Опора № 1, 2, 3, 4, 5 (Фотографія №27, 28)	В місцях наскрізної корозії виконати підсилення по окремо розробленому проекту.
10	Пошкодження поверхні проїзної частини, сітка тріщин проїзної частини внаслідок місцевих просадок насипу має крок 2-5 м з глибиною тріщин до 3-5 см. В'їзди на міст з боку опор №1 та №5	Виконати капітальний ремонт асфальтового покриття.

Рекомендації. З метою забезпечення безпечної експлуатації відповідно до вимог ДБН В.2.3-6:2009 необхідно терміново провести додаткове спеціалізоване обстеження для отримання даних, необхідних для складання технічного завдання на проект капітального ремонту шляхопроводу.

При подальшій експлуатації споруди необхідно:

- регулярно проводити загальні технічні огляди споруди;
- регулярно проводити догляд за прогоновими будовами, що передбачає прибирання (покриття і тротуарів, перил, декоративних та огорожуючих елементів), несучих конструкцій, відведення води з цих елементів;
- у зимовий період періодичність робіт з догляду споруди повинна забезпечувати своєчасне прибирання снігу і льоду з прогонових будов;

– виконувати роботи з ремонту окремих частин споруди, які не потребують великих витрат праці і матеріалів, наприклад одиночна заміна елементів мостового полотна, часткове фарбування металевих конструкцій, перекриття тріщин накладками, та інші аналогічні роботи.

При утриманні прогонових будов треба стежити за тим, щоб при проході транспортних засобів по мосту несучі елементи не зазнавали перенапруження, так як перевантаження прогонових будов може знизити у часі несучу здатність і термін їх служби.

Оцінка технічного стану конструктивних елементів.

Частини об'єкта, основи та конструктивні елементи	Матеріал	Оцінка стану	
Фундаменти: - залізобетонні	Залізобетон	2	Обмежено справний
Опори: - залізобетонні опори та стояни пального типу	Залізобетон	3	Працездатний
Ригелі: - залізобетонні	Залізобетон	3	Працездатний
Прогонові будови: - збірні залізобетонні ребристі балки з діафрагмами	Залізобетон	5	Непрацездатний
Мостове полотно: - асфальтобетон	Асфальтобетон	5	Непрацездатний
Огорожа: -металеві безперервні висотою 1,0 м	Сталь	2	Обмежено справний

Висновок. Споруда автодорожнього шляхопроводу над автомобільною дорогою по пр. Соборний дамба ім. Ленінського комсомолу, її експлуатаційний стан за класифікацією згідно з ДСТУ-Н Б В.2.3. 23:2012 має в цілому непрацездатний стан 5.

Всі ремонтні роботи виконувати відповідно до проекту провадження робіт (ППР) та з урахуванням вимог НПАОП 45.2-7.02-12 «Охорона праці та промислова безпека у будівництві. Основні положення» (ДБН А.3.2-2-2009).

Пошкодження будівельних конструкцій



Фотографія 1



Фотографія 2



Фотографія 3



Фотографія 4



Фотографія 5



Фотографія 6

Пошкодження будівельних конструкцій



Фотографія 7



Фотографія 8



Фотографія 9



Фотографія 10



Фотографія 11



Фотографія 12

Пошкодження будівельних конструкцій



Фотографія 13



Фотографія 14



Фотографія 15



Фотографія 16



Фотографія 17

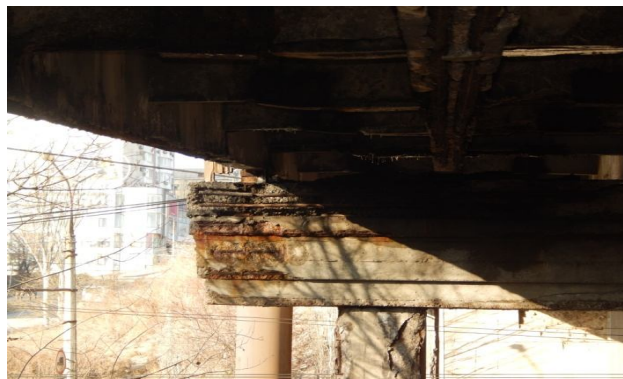


Фотографія 18

Пошкодження будівельних конструкцій



Фотографія 19



Фотографія 20



Фотографія 21



Фотографія 22



Фотографія 23



Фотографія 24

Обстеження будівельних конструкцій для автодорожнього моста через р. Мокра Московка по трасі Харків – Сімферополь

Автодорожній міст через р. Мокра Московка, розташований в м. Запоріжжя по трасі Харків-Сімферополь.



Схема моста:

I, III частини - $10,3+16,84+16,84+10,3$ м; II частина - $7,2+21,2+21,2+7,2$ м.

Загальна довжина по осі моста - 63,7 м.

Підмостовий габарит - 5,16 м.

Ширина тротуарів 1,68 та 1,7 м.

Ширина проїзної частини 18,3 м зі смугою безпеки шириною 3,84 м.

Проїзна частина огорожена бордюром висотою 0,48 м, смуга безпеки - металеву бар'єрною огорожею висотою 700 мм.

Статична схема моста - балочно-розрізна.

Прогонові будови - залізобетонні:

- I, III частини - коробчастого перетину з роздільними коробками;
- II частина - плитно-ребриста консольна.

Пошкодження будівельних конструкцій



Фотографія 1



Фотографія 2



Фотографія 3



Фотографія 4



Фотографія 5



Фотографія 6



Фотографія 7



Фотографія 8



Фотографія 9



Фотографія 10



Фотографія 11



Фотографія 12



Фотографія 13



Фотографія 14



Фотографія 15



Фотографія 16



Фотографія 18



Фотографія 22



Фотографія 27



Фотографія 28



Фотографія 30

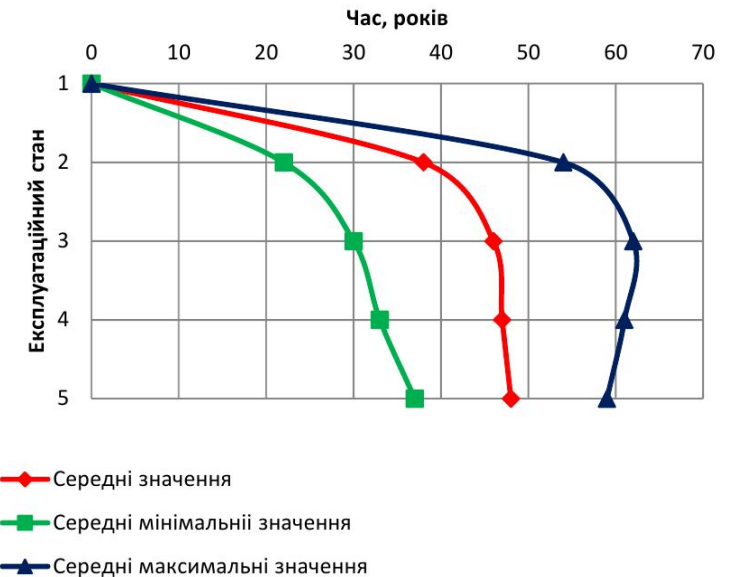
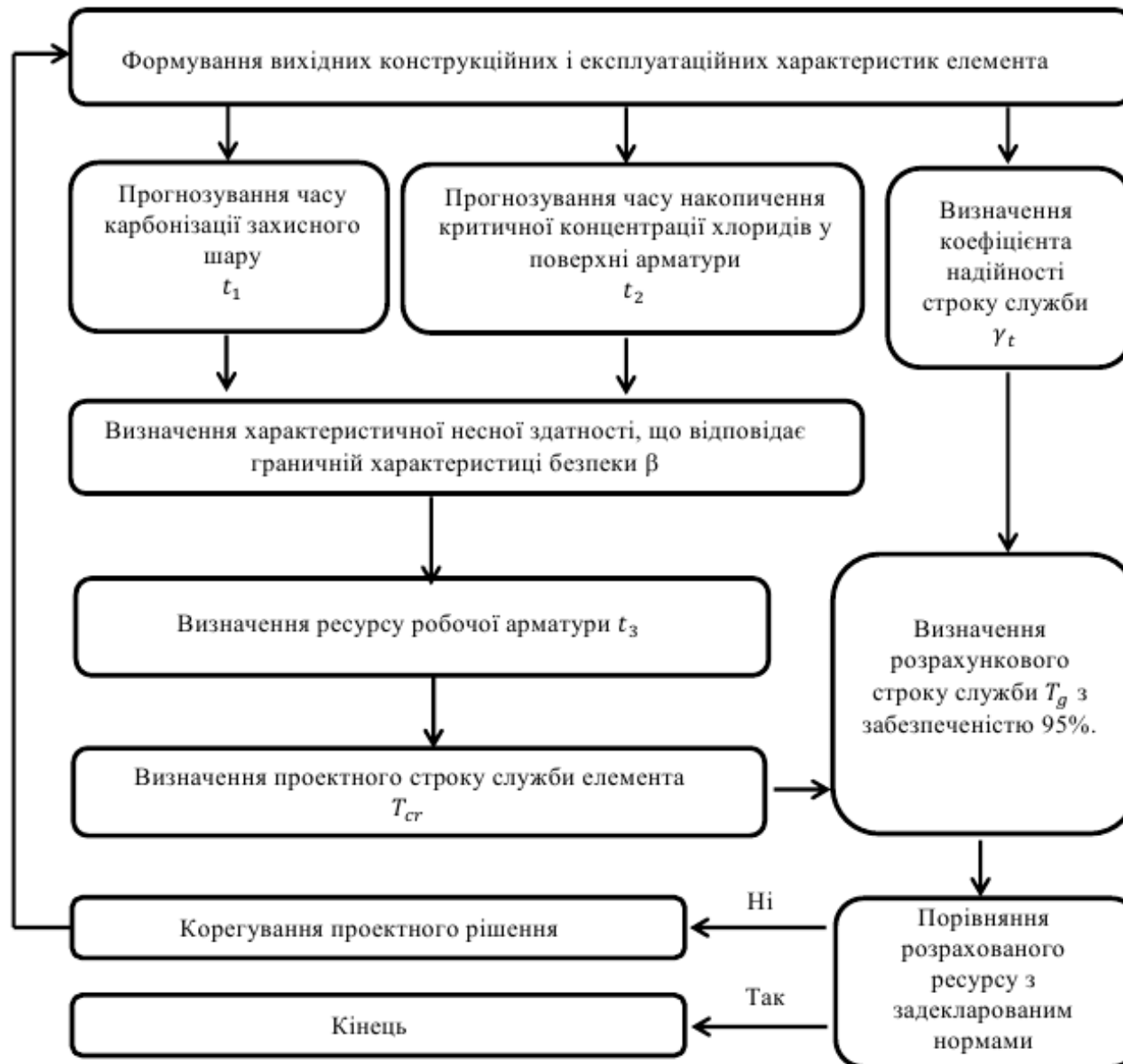
Відомість дефектів

№	Найменування дефектів та пошкоджень	Номер фотографії	Заходи щодо їх усунення
1 Мостове полотно			
1.1	Вибоїни в асфальтобетонному покритті, місцями на всю його товщину та руйнування покриття в місці сполучення прогонових будов № 1 та № 2	1а 1б 2а	Виконати ремонт асфальтобетонного покриття
1.2	Напливи біля тротуару	2б	Виконати ремонт асфальтобетонного покриття
1.3	Щілини між стиками плит мостового полотна	3а 3б 4а	
1.4	Водовідвідні трубки неоснащені захисними решітками. Деякі водовідвідні трубки заасфальтовані	4б	Закрити водовідвідні трубки решітками згідно з вимогами ДБН В.2.3-14
1.5	Корозія водовідвідних трубок	5а	Очистити водовідвідні трубки від продуктів корозії з подальшим нанесенням

			антикорозійного покриття
1.6	Руйнування, деформації та погнутості елементів бар'єрного огороження	5б	Відновити пошкоджену ділянку бар'єрного огороження
1.7	Тріщини та сколи у бордюроному огороженні	6а	Зашпарувати тріщини та виконати бетонування зруйнованих ділянок бордюрного огороження
1.8	Руйнування асфальтобетонного покриття в місцях сполучення тротуарних плит	6б	Виконати ремонт асфальтобетонного покриття
1.9	Відсутність заповнення в секціях перильного огороження	7а	Виконати ремонт перильного огороження
1.10	Протікання, вилуговування вздовж швів замоноличення збірних плит	7б	Виконати ремонт асфальтобетонного покриття з метою запобігання проникненню води до несучих конструкцій
1.11	Сліди протікання по нижнім та боковим поверхням крайніх плит та консолей	8а 8б 9а	Виконати ремонт асфальтобетонного покриття з метою запобігання проникненню води до несучих конструкцій
1.12	Протікання через стики плит прогонових будов, сліди протікання та вилуговування на нижній поверхні плит і на бокових поверхнях ригелів опор	9б 10а 10б	Виконати ремонт асфальтобетонного покриття з метою запобігання проникненню води до несучих конструкцій
1.13	Руйнування бетону тротуарних плит по фасаду з оголенням арматури	11а	Очистити оголену арматуру від продуктів корозії та забетонувати пошкоджені ділянки тротуарних плит
1.14	Наскрізна корозія опорного швелера перильної огорожі	11б	Виконати ремонт пошкодженої ділянки перильного огороження з заміною опорного швелера
2 Прогонові будови			
2.1	Руйнування бетону біля водовідвідних трубок з оголенням та кородуванням арматури плити	12а	Забезпечити надійну гідроізоляцію в місці розташування водовідвідних трубок з метою запобігання потраплянню води на їх зовнішню поверхню
2.2	Руйнування захисного шару бетону з оголенням арматури поздовжніх та поперечних ребер і консолей ребристих плит прогонових будов. Корозія арматури	12б 13а 13б	Розчистити пошкоджені ділянки поздовжніх та поперечних ребер і консолей ребристих плит прогонових будов. Очистити арматуру від продуктів корозії. Відновити захисний шар бетону за допомогою спеціалізованих полімерцементних сумішей

2.3	Мокрі та сухі сліди протікання з іржавими потьоканами на нижній поверхні плит прогонових будов	14a	Виконати ремонт асфальтобетонного покриття з метою запобігання проникненню води до несучих конструкцій
2.4	Руйнування зі сколами бетону поздовжніх ребер плит прогонової будови в місці спирання на опору. Корозія оголеної арматури	14б 15a	Розчистити пошкоджені ділянки поздовжніх ребер плит прогонової будови в місці спирання на опору. Очистити арматуру від продуктів корозії. Відновити захисний шар бетону за допомогою спеціалізованих полімер-цементних сумішей
3 Опори			
3.1	Поверхнєве руйнування бетону опори. Корозія оголеної арматури	15б	Розчистити пошкоджені ділянки опори. Очистити арматуру від продуктів корозії. Відновити захисний шар бетону за допомогою спеціалізованих полімер-цементних сумішей
3.2	Тріщини на нижній поверхні ригелів в місці спирання на опору	16a	Зашпарувати тріщини полімер-цементним розчином на нижній поверхні ригелів в місці спирання на опору
4 Фундаменти			
4.1	-	-	-
5 Регуляційні споруди			
5.1	Обвалення конуса насипу з оголенням стійок збірної стояна пальового типу	16б	Відновити конус насипу
5.2	Руйнування залізобетонних плит укріплення насипу	16б 17a	Виконати укріплення насипу залізобетонними плитами в місцях їх відсутності
5.3	Заростання конусів насипу рослинністю, деревами та кущами. Захарщення конусів зміщеними бетонними плитами, їх уламками та побутовим сміттям	16б 17б 18a	Видалити рослинність, дерева та кущі на конусах насипу. Розчистити захарщені ділянки від зміщених бетонних плит, їх уламків та побутового сміття

Логічна схема алгоритму обчислення розрахункового строку служби



Графіки фактичних середніх термінів служби залізобетонних автодорожніх мостів України

В термінах часу, ресурс елемента:

$$T_{cr} = t_2 + t_3,$$

де t_2 – період, впродовж якого арматура кородує в умовах карбонізованого бетону; t_3 – період активної хлоридної корозії, характеризується активним зниженням несучої здатності в часі.

ВИСНОВКИ

1. У роботі доведено, що проблема технічного стану та прогнозу життєвого циклу залізобетонних автодорожніх мостів є актуальною задачею, суттєвою для суспільства в соціально-економічному плані. Проблема не одне десятиріччя знаходиться в центрі уваги науковців всього світу, зусилля яких направлені на розробку інженерних методик для ефективного управління життєвим циклом залізобетонних елементів мостів. Виконаний аналіз публікацій з проблеми довговічності залізобетонних автодорожніх мостів показав відсутність нормативної методики прогнозу терміну служби залізобетонних елементів на стадії проектування. Термін служби не закладається в розрахунки на етапі проектування, що є однією з причин незадовільного технічного стану автодорожніх мостів і їх недостатнього ресурсу.

2. На технічний стан і на розвиток процесу деградації залізобетонних елементів автодорожніх мостів визначальний вплив робить корозія арматури, викликана карбонізацією захисного шару бетону або проникненням хлоридів, що знаходяться в повітрі, або хлоридами, які використовуються при боротьбі із зимовою слизькістю на автомобільних дорогах.

3. В роботі наведений перелік основних дефектів і пошкоджень, які трапляються в період експлуатації мостів, дає можливість прогнозувати працездатність мостів на певних відрізках часу. Встановлено, що після 20-30 років експлуатації майже у всіх мостах з'являються тріщини, замокання та корозія бетону у залізобетонній плиті та корозія металевих головних балок.

4. Зниження водоцементного відношення бетонної суміші, введення активних мінеральних добавок до складу в'язучого, збільшення захисного шару бетону, використання попередньо напруженої арматури дає змогу подовжити термін служби конструкцій мостів. Коригування цих параметрів на стадії проектування дозволяє регулювати проектний термін служби елемента.