

УДК 624.21
UDC 624.21

DOI:10.33744/0365-8171-2025-117.2-031-040

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ
АВТОМОБІЛЬНИХ МОСТІВ В УКРАЇНІ**
**RESEARCH OF THE TECHNICAL CONDITION OF REINFORCED CONCRETE SPAN
STRUCTURES OF ROAD BRIDGES IN UKRAINE**



Аксенов Сергій Юрійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Мостів, тунелів та гідротехнічних споруд», Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, e-mail: Aksenov121@gmail.com, +380971534406, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1.

<https://orcid.org/0000-0002-6749-3909>



Мінюкова Анна Дмитрівна, аспірант кафедри «Мостів, тунелів та гідротехнічних споруд», Національний транспортний університет, e-mail: anyminyukov@gmail.com, +380958395152, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1.

<https://orcid.org/0000-0002-1830-0189>

Анотація. У статті розглядається проблема старіння залізобетонних прогонових будов, зокрема мостових конструкцій, побудованих у 60-70-х роках ХХ століття, які не відповідають сучасним вимогам через фізичне та моральне старіння. Аналізується вплив перевищення проектного строку служби та порушення міжремонтних термінів на зношування та пошкодження основних елементів конструкцій, що призводить до підвищеного ризику для безпеки мостів. Стаття фокусується на дослідженні причин зниження довговічності таких споруд, а також на актуальних методах оцінки стану та ремонту цих конструкцій. Особливу увагу приділено необхідності розробки нових підходів до моніторингу, діагностики та посилення залізобетонних прогонових будов з урахуванням зміни умов експлуатації та технологій ремонту. У статті аналізуються останні наукові розробки щодо підсилення прогонових будов, зокрема, методи підвищення довговічності та зміцнення конструкцій. Зазначено важливість підсилення старих мостів, адже більшість з них, особливо залізобетонні конструкції, не відповідають сучасним вимогам через значний знос. Розглядаються також ефективні методи, такі як зовнішнє попереню напружене армування, що дозволяє здійснити зміцнення конструкцій без порушення транспортного потоку.

Ключові слова: залізобетонні прогони будов, довговічність конструкцій, внутрішні пошкодження, експлуатаційний ресурс, технічний стан.

Вступ. Постановка проблеми. Мостове господарство України перебуває у критичному стані через значний фізичний знос конструкцій, недостатнє фінансування, відсутність ремонту та експлуатації, а також вплив зовнішніх факторів, зокрема збільшення транспортного навантаження та військових дій. Основними проблемами є старіння залізобетонних прогонових будов, корозія арматури, руйнування гідроізоляції, порушення несної здатності та обмеження експлуатаційних характеристик. Відсутність системного моніторингу та несвоєчасне виконання ремонтних робіт призводять до аварійності та потреби у значних фінансових вкладеннях для реконструкції та заміни

конструкцій. Для забезпечення довговічності та безпечної експлуатації мостів необхідно впроваджувати сучасні методи діагностики та підсилення конструкцій, а також розробити комплексну програму управління мостовим господарством, спрямовану на своєчасний ремонт і модернізацію споруд.

Формулювання мети дослідження (постановка завдання): метою дослідження є аналіз сучасного стану мостового господарства України, визначення основних факторів, що впливають на довговічність та експлуатаційну надійність прогонових будов, а також обґрунтування ефективних методів їх підсилення для продовження строку служби.

Методологія: дослідження основних факторів деградації залізобетонної конструкції.

Результати: встановлено, що значна частина залізобетонних верхніх конструкцій потребує посилення через втрату несучої здатності. Отримані дані свідчать про недостатньо вивчені фактори, що впливають на стійкість окремих елементів конструкції та втому матеріалу. Властивості втому слід додатково досліджувати, щоб зробити висновки на основі прикладів аварій мостів і допомогти усунути причини, що призводять до таких руйнувань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій: проблема довговічності та підсилення прогонових будов мостів є надзвичайно актуальною для сучасного мостобудування, оскільки стан мостової інфраструктури безпосередньо впливає на безпеку та ефективність транспортних перевезень. Дослідженням цієї тематики займалися українські науковці, такі як: Лантух-Лященко, Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В., Ігнатенко А.В. У своїх роботах дослідники розглядали питання технічного стану мостових споруд, оцінки їх довговічності, методів підсилення та відновлення. Зокрема, увага приділяється проблемам втому зношення конструкцій, корозії арматури та неефективності традиційних ремонтних заходів. М. М. Попович досліджував підсилення залізобетонних балкових прогінних будов з використанням шпренгелів і попередньо напружених стрижнів. У своїх дослідженнях він акцентує увагу, що підсилення прогонових будов внаслідок їх морального та фізичного зносу виконується надзвичайно рідко. В випадках коли здійснюється підсилення, воно виконується без розвантаження від власної ваги у зв'язку з тим, що здійснити це буває практично неможливо, що в значній мірі може впливати на результат. Також підсилення прогонової будови із ненапруженою арматурою є проблематичним на спорудах, які мають лімітовані підмостові габарити, а саме: шляхопроводи через залізниці або автомобільні дороги, трамвайні та тролейбусні лінії тощо. Що в свою чергу вказує, що питання підсилення прогонових будов є недостатньо дослідженим в Україні.

Зарубіжні науковці, такі як Thiru Aravinthan, Thuraichamy Gugesan і Suntharavadivel, також досліджували проблему зміцнення старих мостових конструкцій, зокрема з урахуванням збільшення транспортного навантаження. Вони відзначають, що за останні кілька десятиліть спостерігається значне зростання об'ємів і ваги великовагових транспортних засобів, що значно впливає на стан мостів, особливо тих, що були побудовані понад сорок років тому. Більше п'ятдесяти відсотків мостових конструкцій у світі застаріли, і через це вони не можуть виконувати сучасні вимоги щодо вантажопотоків, що веде до необхідності обмеження ваги, зміцнення або навіть повної заміни таких споруд. У своїх дослідженнях ці вчені акцентують увагу на розробці рентабельних методів зміцнення мостів. Одним з таких методів є зовнішнє постнапруження, яке набуває все більшої популярності завдяки своїм перевагам, зокрема швидкості виконання робіт і мінімальному порушенню транспортного потоку. Цей метод активно застосовується не лише для зміцнення нових мостів, а й для відновлення старих конструкцій.

Однак, попри значну кількість наукових досліджень, у відкритих джерелах залишається недостатньо висвітленим питання впровадження інноваційних технологій підсилення прогонових будов. Зокрема, бракує детальних досліджень щодо ефективності методів зовнішнього попередньо-напруженого армування, оптимізації конструктивних схем та їхньої довготривалої поведінки в реальних умовах експлуатації. Важливим напрямком подальших наукових досліджень є виконання аналізу, експериментальних і чисельних досліджень, а також розробка рекомендацій з проектування монолітних попередньо-напружених мостів із напруженням на бетон (пост-напружені системи)..

Таким чином, подальші дослідження у сфері підвищення довговічності залізобетонних прогонових будов мають бути зосереджені на розробці та впровадженні нових методів підсилення, які забезпечать підвищену стійкість до втомних навантажень, довговічність у агресивних середовищах та економічну ефективність відновлення мостів.

Основна частина. Більшість мостів в Україні були збудовані в 60–70-х роках минулого століття та не відповідають сучасним вимогам через фізичну та моральну втому. Стратегією їхньої експлуатації протягом останніх 30 років фактично було очікування повного виходу споруди з працездатного стану з подальшою розробкою плану заміни. Такий підхід не вимагав від держави значних фінансових вкладень у технічне обслуговування. Більшість мостів по всій країні десятиліттями функціонують без проведення капітальних ремонтів або навіть без належного поточного обслуговування. Для них були порушені міжремонтні терміни, а нормативна експлуатація фактично відсутня. У результаті по всій країні склалася критична ситуація: 50% мостових споруд потребують невідкладного ремонту або повного перекриття руху. Накопичення цих проблем значно ускладнює пріоритезацію робіт, оскільки кожен міст має свої критичні елементи, які потребують негайної уваги.

Вважається, що термін служби мостових споруд становить 100 років, оскільки найбільш довговічними їхніми елементами є опори та фундаменти. Водночас термін експлуатації прогонових будов є значно коротшим — близько 40 років за умови повної відсутності систематичних ремонтних робіт. Переважна більшість мостів в Україні — залізобетонні. На автомобільних дорогах загального користування державного значення їхня частка становить майже 94 % [1].

Найпоширенішими конструкціями старих мостів є збірні залізобетонні попередньо-напружені таврові балки, виготовлені за типовим проектом. Ці балки мають різні довжини, серед яких найпоширенішими є варіанти 33 м, 24 м та 21 м. Вони активно використовувалися для будівництва мостів у період інтенсивного розвитку інфраструктури, однак з часом ці конструкції потребують ретельного обслуговування та ремонту через фізичну зношеність і можливі пошкодження, спричинені перевищенням проектного терміну експлуатації. Штучна споруда, а отже, і прогонова будова протягом своєї експлуатації проходить три важливі етапи. Перший етап характеризується тим, що побудоване спорудження експлуатується певний час без зниження надійності. Протягом цього періоду здійснюється лише догляд за спорудою, без проведення значних ремонтних робіт. Другий етап експлуатації відзначається появою та розвитком дефектів, зміною властивостей бетону та корозією арматури. Дефекти впливають на несучу здатність балок прогонових будов і розподіл тимчасових навантажень між ними. Міст продовжує експлуатуватися в тому ж режимі, хоча надійність прогонових будов поступово знижується. На цьому етапі за мостом ведеться догляд і проводяться планові профілактичні роботи в рамках заходів з утримання. За відсутності належного догляду та профілактичних заходів, практика та досвід оцінки рівня корозії арматури свідчать, що захисний шар бетону в залізобетонних конструкціях починає швидко руйнуватися під впливом навколишнього середовища — вже протягом 10–15 років. Надалі розвивається агресивна корозія робочої арматури, що спричиняє збільшення її об'ємів, утворення тріщин і поступове руйнування захисного шару. У результаті це може призвести до повної деградації залізобетону через 30–40 років [2]. Третій етап експлуатації споруди характеризується двома факторами: по-перше, наявністю дефектів в конструкціях, в першу чергу в прогонових будовах, що знижують їх несучу здатність і вантажопідйомність моста загалом; по-друге, введенням обмежень щодо маси транспортного засобу, який може безпечно рухатися по мосту в неконтрольованому режимі. На третьому етапі експлуатації моста обов'язково має бути виконаний його ремонт, не чекаючи на момент повного руйнування споруди. Оцінка технічного стану мостових конструкцій є ключовим етапом для визначення необхідності ремонту або реконструкції. У процесі визначення технічного стану залізобетонних конструкцій вивчають наявну проектну та експлуатаційну документацію, виконують огляд та інструментальну оцінку параметрів міцності конструкцій, а також їх експлуатаційних якостей [5]. Відповідно до класифікації стану прогонових будов, більшість із них перебувають у межах 3-го та 4-го станів, що свідчить про значний рівень зношеності та необхідність термінових заходів. За даними Київавтодору в таблиці 1 наведено розподіл залізобетонних прогонових будов за технічним станом:

Таблиця 1 – Розподіл залізобетонних прогонових будов за технічним станом
Table 1 – Distribution of Reinforced Concrete Span Structures by Technical Condition

Стан прогонових будов	Відсоток (%)
Справний (стан 1)	11.43%
Обмежено справний (стан 2)	14.29%
Працездатний (стан 3)	25.14%
Обмежено працездатний (стан 4)	32.00%
Непрацездатний (стан 5)	17.14%

Вантажопідйомність балкових залізобетонних прогонових будов залежить від кількох критичних факторів:

- фактична міцність бетону та зменшення площі арматурної сталі. Внаслідок цього знижується здатність конструкції сприймати навантаження, що призводить до поступового зменшення її вантажопідйомності.
- фізичний стан конструкції. Наявність тріщин, пошкоджень, наслідки атмосферного впливу або корозії можуть значно знизити вантажопідйомність споруди.
- динамічна взаємодія з транспортним навантаженням. Прогонові будови піддаються постійному впливу рухомого транспорту, який спричиняє коливання та удари під час руху. Це може призвести до накопичення втомних пошкоджень і поступового зниження їхньої несної здатності.
- якість виготовлення, монтажування, підсилення чи ремонтування. Слід зауважити, що дефекти, які виникають на етапі будівництва або в процесі відновлення, можуть знизити довговічність конструкції.

Основною причиною виходу з ладу залізобетонних конструкцій мостів є втома матеріалу, що виникає під впливом змінних експлуатаційних навантажень. Накопичення втомних пошкоджень у зонах концентрації напружень призводить до утворення та розвитку тріщин, які, досягаючи критичних розмірів, можуть спричинити руйнування окремих елементів або навіть усієї конструкції. За останні 5–7 років на мостах автомобільних доріг України відбулися значні зміни інтенсивності та складу транспортних потоків. При цьому навантаження, яке установлене діючими нормами, не враховує тенденцію до підвищення ваги автомобілів. Тому вже в середині строку служби, а тим більше під кінець строку служби, міст перестає відповідати навантаженню від тих транспортних засобів, які з'являться в майбутньому за строк служби моста. При цьому значна частина життєвого циклу споруди проходить в умовах перевантаження, що призводить до передчасного руйнування і перевитрат коштів на ремонті [7].

При обстеженні конструкцій прогонових будов найчастіше виявляються пошкодження наведені у Таблиці 2 та Рис. 1, Рис. 2 та Рис.3, які перешкоджають нормальній і безпечній експлуатації, а саме:

Аналіз виявлених дефектів та факторів, що впливають на довговічність прогонових будов, підтверджує критичну необхідність своєчасного виявлення та усунення пошкоджень на початкових стадіях їх розвитку. Втомні процеси матеріалів, корозія арматури, порушення гідроізоляції та водовідведення є основними чинниками зниження несної здатності мостових конструкцій, що підвищує ризик їх аварійності. З огляду на те, що вартість прогонових будов становить 60–65% від загальної вартості моста, їх підтримка в працездатному стані та покращення їхнього структурного стану є першочерговою задачею для продовження терміну служби мостових споруд.

Таблиця 2 – Типові дефекти залізобетонних прогонових будов, їх причини та наслідки
Table 2 – Typical Defects of Reinforced Concrete Span Structures, Their Causes, and Consequences

Вид дефекту	Причини виникнення	Наслідки
Руйнування захисного шару бетону прогонових будов споруди	Дефекти бетонування, вплив циклічних навантажень, проникнення вологи, агресивні середовища, вібрації, замерзання та відтавання.	Втрата захисних властивостей бетону, прискорена корозія арматури, зниження несної здатності конструкції.
Замокання граней балок	Руйнування гідроізоляції, зруйновані деформаційні шви, неефективна система водовідведення, наявність технологічних і монтажних отворів.	Вилуговування цементного каменю, утворення сталактитів, погіршення міцності бетону, утворення вторинних тріщин.
Руйнування ребер балок у місцях опирання (Рис. 1)	Концентрація напружень, корозія арматури, перевантаження, погіршення адгезії арматури з бетоном.	Ослаблення місць опирання, збільшення прогинів, можливе руйнування опорної частини конструкції.
Оголення і корозія арматури (Рис.2)	Руйнування захисного шару бетону, проникнення води та солей, карбонізація бетону, недостатня товщина захисного шару.	Ослаблення несної здатності, підвищений ризик руйнування балок, зниження довговічності конструкції.
Локальні руйнування бетонного каменю в місцях дії поперечних сил	Втомне руйнування, недостатнє армування, вплив динамічних навантажень, корозія арматури.	Зменшення несної здатності, розширення зон руйнування, підвищена аварійність конструкції.
Тріщини (Рис. 3)	Недостатня жорсткість з'єднання, температурні деформації, неякісне виконання ремонтних робіт	Зниження несної здатності, ризик розвитку прогресуючих руйнувань.

Необхідним є проведення оцінки впливу можливого розвитку виявлених дефектів на експлуатаційні якості споруди. Вибір стратегії відновлювальних робіт здійснюється на основі мінімальних капіталовкладень, що виходять із нормативного терміну експлуатації конструкції. Обов'язково, як альтернатива, розглядається повна заміна дефектних елементів конструкцій на нові [6]. Оцінка здатності матеріалів конструкції протистояти розвитку втомних пошкоджень є важливим етапом у прогнозуванні надійності та довговічності мостів. Це особливо актуально для старих мостів, які вже мають великий період експлуатації. В таких випадках основним завданням є виявлення існуючих дефектів у конструкції та визначення ризику їхнього подальшого розвитку до критичних розмірів. Своєчасне усунення пошкоджень на початкових етапах їх виникнення є запорукою безпечної та надійної роботи мостових споруд.



Рисунок 1 – Тріщини, сколи бетону з оголенням та корозією арматури в місці обпирання
Figure 1 – Cracks, Concrete Spalling with Reinforcement Exposure and Corrosion at the Support Area



Рисунок 2 – Оголення і корозія арматури
Figure 2 – Reinforcement Exposure and Corrosion

З часом інфраструктура продовжуватиме старіти, а частина прогонових будов які нині перебувають у працездатному стані, перейдуть до категорії непрацездатних. Враховуючи, що значна частина мостового господарства України була збудована у 1960–1970-х роках, багато конструкцій вже наближаються до граничного стану. Важливим є не лише ремонт уже пошкоджених та непрацездатних споруд, але й підтримання працездатних прогонових будов у задовільному технічному стані. Задля недопущення подальшого руйнування є необхідність оптимізації навантажень і деформацій, що виникають під час експлуатації мосту. Це дозволить рівномірно розподіляти навантаження між

елементами конструкції, зменшуючи ризик їх передчасного пошкодження. Для цього важливо застосовувати сучасні методи діагностики та моніторингу, що дозволяють своєчасно виявляти потенційні проблеми. Превентивні заходи, спрямовані на збереження ресурсної працездатності конструкцій, дозволять значно зменшити витрати на їх відновлення у майбутньому та знизити ризики виникнення аварійних ситуацій. На довговічність споруди також має суттєвий вплив її живучість – властивість зберігати несучу здатність навіть при пошкодженні або руйнуванні окремих частин або елементів. Для забезпечення живучості прогонових будов важливим є також запобігання прогресуючому руйнуванню, коли дефекти, що з'являються на одних елементах, можуть поширюватися на інші, що веде до повного руйнування конструкції. Важливим інструментом для підвищення живучості є використання посилення конструкцій: це може включати використання додаткових армувальних елементів, застосування захисних покриттів для запобігання корозії, а також застосування новітніх технологій, таких як зовнішнє натягування чи композитні матеріали.



Рисунок 3 – Тріщини нижнього поясу
Figure 3 – Cracks in the bottom chord

Традиційні підходи до посилення залізобетонних конструкцій зазвичай включають три основні способи:

1. Зміна конструктивної схеми. Встановлення додаткових жорстких або упругих опор у місцях, що піддаються згинанню.
2. Зміна напруженого стану. Використання преднапружених затяжок у розтягнутих зонах конструктивних елементів або встановлення попередньо напружених распорок у колоннах.
3. Збільшення перетину елементів. Застосування обойм, рубашок або односторонніх і двосторонніх наращувань для збільшення січення конструкцій.

Попри успішність цих методів, вони мають свої обмеження: часто посилення здійснюється лише після виникнення пошкоджень, що зумовлює високі витрати на ремонт та реконструкцію.

Загалом, підвищення живучості прогонових будов є одним з ключових завдань, яке дозволяє значно продовжити термін служби мостових споруд, навіть у разі поступового старіння інфраструктури. Таким чином, живучість є не тільки характеристикою конструкцій, що забезпечує їх

функціонування в умовах пошкоджень, але і важливою складовою стратегії подовження терміну служби інфраструктурних об'єктів, зокрема мостів і прогонових будов, що мають значний вплив на безпеку та економічну ефективність транспорту та регіональної інфраструктури.

Висновок

Результати дослідження підтверджують актуальність проблеми зношення залізобетонних прогонових будов та необхідність удосконалення підходів до їх оцінки, ремонту та експлуатації. Аналіз сучасного стану мостових споруд свідчить про значне зношення конструкцій, яке зумовлене фізичним впливом навантажень, корозією матеріалів та недостатнім рівнем обслуговування. Для підвищення довговічності мостів та продовження їх експлуатаційного строку критично важливим є своєчасне підсилення прогонових будов, які є основними несучими елементами конструкції. Фізичний знос, корозія матеріалів, вплив змінних навантажень та агресивних середовищ призводять до поступового зниження несної здатності, що підвищує ризик аварійності.

Для запобігання подальшому зношенню конструкцій важливо дотримуватися нормативних міжремонтних термінів на нових та відремонтованих мостах, оскільки це дозволяє своєчасно усувати дефекти та підтримувати конструкції в належному стані.

Застосування сучасних методів посилення, оптимізація розподілу навантажень та контроль за технічним станом не лише збільшують строк служби прогонових будов, а й підвищують ефективність і безпеку мостових споруд загалом. Інноваційні технології діагностики та зміцнення конструкцій забезпечують можливість вчасно усувати критичні дефекти, запобігаючи розвитку прогресуючих руйнувань.

Таким чином, стратегія довговічності мостів має базуватися на систематичному моніторингу, своєчасному підсиленні та впровадженні новітніх технологій, що гарантуватимуть надійність і безпечну експлуатацію транспортної інфраструктури.

Перелік посилань

1. Каськів В. І., Панібратець Л. Г., Степанов С. М., Грінів В. С., Чайковська Л. І. Стан мостового господарства України на дорогах загального користування державного значення на підконтрольних територіях за 2023 рік.
2. Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В., Ігнатенко А.В. Довговічність залізобетонних конструкцій є основою життєвого циклу мостових споруд.
3. Страхова Н.Є., Голубев В.О., Ковальов П. М. Експлуатація і реконструкція мостів. В.В. - 2-е вид., випр. - К.: 2002. 408 с., іл. За редакцією Лантуха-Лященко А.І.
4. ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Київ, 2022. 32 с. (Інформація та документація).
5. РВ.3.2-03450778-832:2013. Рекомендації з проектування монолітних попередньо-напружених мостів з напруженням на бетон (пост-напружені системи). Київ, 2013.
6. РВ.3.2-218-03450778-741:2008. Рекомендації з підсилення конструкцій мостів під навантаженням, в т.ч. з регулюванням зусиль. Київ, 2008.
7. Єрмакова І. А., Нечипоренко М. В. Перспективні розрахункові навантаження для мостів на автомобільних дорогах.
8. Лантух-Лященко А.І. Модель визначення надійності прогонової будови в умовах неповної інформації // Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Вип. 62. – К.: 2001.
9. Лантух-Лященко А.І. Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами // Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». Вип. 57. – 1999. – С. 183-188.
10. Дегтяр В.Г. До проблеми оцінки зносу елементів моста / В.Г. Дегтяр, А.І. Лантух-Лященко // Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». Вип. 59. Український транспортний університет. – К.: 2000. – С. 33-36.
11. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування.

12. Борщов В.І., Загора О.Л. Мости і труби. Підручник. Том 2. Залізобетонні мости. Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2012. 393 с.
13. Попович М. М., Миронюк О. С., Борщов В. І. Підсилення залізобетонних балкових прогінних будов з використанням шпренгелів і попередньо напружених стрижнів.
14. Thuraichamy Guganesan Suntharavadivel, Thiru Aravinthan. Overview of external post-tensioning in bridges.

RESEARCH OF THE TECHNICAL CONDITION OF REINFORCED CONCRETE SPAN STRUCTURES OF ROAD BRIDGES IN UKRAINE

Aksonov Sergii Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures", National Transport University, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovicha-Pavlenko St., 1, e-mail: Aksenov121@gmail.com, +380971534406, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovicha-Pavlenko, 1. <https://orcid.org/0000-0002-6749-3909>

Minyukova Anna D., postgraduate student of the Department of "Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures", National Transport University, e-mail: anyminyukov@gmail.com, +380958395152, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovicha-Pavlenko St., 1. <https://orcid.org/0000-0002-1830-0189>

Abstract. The article is dedicated to analyzing the technical condition of reinforced concrete superstructures of road bridges in Ukraine, identifying key degradation factors, and substantiating the necessity of strengthening measures to improve their durability and reliability. The study highlights the growing problem of aging bridge infrastructure, focusing on corrosion, fatigue damage, and material wear as primary causes of structural deterioration. Particular attention is given to the consequences of exceeding the design service life and the associated risks for traffic safety.

Objective. To conduct a comprehensive analysis of the current state of reinforced concrete superstructures of road bridges in Ukraine, determine the main degradation factors, and justify the necessity of strengthening superstructure elements to enhance their durability and reliability.

Methodology. The research is based on the analysis of statistical data on bridge conditions, case studies of structural failures, and theoretical modeling of degradation processes. Particular emphasis is placed on the impact of corrosion on reinforcement, fatigue-induced cracks, and load-bearing capacity reduction. Advanced diagnostic techniques, including non-destructive testing and computational simulations, are considered to assess structural integrity accurately.

Results. The study establishes that a significant proportion of reinforced concrete superstructures requires urgent strengthening due to critical loss of load-bearing capacity. It is revealed that many bridges, built in the mid-20th century, no longer meet modern operational and safety requirements. The findings indicate that fatigue damage and stress accumulation in structural elements are not sufficiently studied, necessitating further research into failure mechanisms. The analysis suggests that implementing innovative reinforcement techniques, such as external adaptive tensioning, could significantly extend the service life of aging bridge structures.

Conclusion. Addressing the problem of aging reinforced concrete superstructures is crucial for ensuring road safety and prolonging the operational lifespan of bridges. The study underscores the importance of timely strengthening interventions, considering modern material technologies and advanced structural monitoring methods. Further research into fatigue properties and degradation mechanisms will provide valuable insights for developing effective rehabilitation strategies.

Keywords: Reinforced concrete superstructures, structural durability, fatigue damage, service life, technical condition.

References

1. Kaskiv, V.I., Panibratets, L.H., Stepanov, S.M., Hryniv, V.S., Chaykovska, L.I. "The State of Bridge Economy in Ukraine on Roads of National Importance in Controlled Territories for 2023."
2. Bilchenko, A.V., Kislov, O.H., Synkovska, O.V., Ihnatenko, A.V. "Durability of Reinforced Concrete Structures as the Basis of the Life Cycle of Bridge Structures."

3. Strakhova, N.Ye., Holubiev, V.O., Kovalov, P.M. *Exploitation and Reconstruction of Bridges*, 2nd ed., revised, Kyiv: 2002. 408 p., ill. Edited by Lantukh-Lyashenko, A.I.
4. DSTU 9181:2022 *Guidelines for Assessing and Predicting the Technical Condition of Road Bridges*. Kyiv, 2022. 32 p. (Information and Documentation).
5. RV.3.2-03450778-832:2013 *Recommendations for Designing Monolithic Pre-stressed Bridges with Concrete Tension (Post-tensioned Systems)*. Kyiv, 2013.
6. RV.3.2-218-03450778-741:2008 *Recommendations for Reinforcing Bridge Structures under Load, Including Adjusting Forces*. Kyiv, 2008.
7. Yermakova, I.A., Nechyporenko, M.V. *Prospective Calculating Loads for Bridges on Motor Roads*.
8. Lantukh-Lyashenko, A.I. "A Model for Determining the Reliability of Bridge Superstructures under Conditions of Incomplete Information" *Collection 'Roads and Road Construction'*, Issue 62. Kyiv, 2001.
9. Lantukh-Lyashenko, A.I. "Assessment of Structure Reliability Using the Markovian Stochastic Process Model with Discrete States" *Collection 'Roads and Road Construction'*, Issue 57, 1999, pp. 183-188.
10. Dehtiar, V.H. "On the Problem of Estimating Wear of Bridge Elements" / V.H. Dehtiar, A.I. Lantukh-Lyashenko. *Collection 'Roads and Road Construction'*, Issue 59. Ukrainian Transport University. Kyiv, 2000, pp. 33-36.
11. DBN V.2.3-22:2009 *Bridges and Pipes. Basic Design Requirements*.
12. Borschov, V.I., Zakora, O.L. *Bridges and Pipes. Textbook. Volume 2. Reinforced Concrete Bridges*. Dnipro: DNUZT Publishing House, 2012. 393 p.
13. Popovych, M.M., Myroniuk, O.S., Borščov, V.I. *Strengthening of Reinforced Concrete Beam-type Bridge Structures Using Spindles and Pre-stressed Bars*.
14. Thuraichamy Guganesan Suntharavadivel, Thiru Aravinthan *Overview of External Post-tensioning in Bridges*.