

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТИЛМЕТ АКРИЛАТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ
РЕМОНТУ ДЕФЕКТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ
В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ

RELEVANCE OF USING METHYL METHACRYLATE COMPOSITES FOR REPAIRING
DEFECTIVE REINFORCED CONCRETE BRIDGE BEAMS UNDER SERVICE CONDITIONS



*Риковцев Олексій Ігорович, аспірант кафедри «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет вул. М. Омелянвича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010
e-mail: rykovtsevoleksii@gmail.com*

<http://orcid.org/0009-0001-1715-6058>

Анотація. Робота присвячена обґрунтуванню актуальності використання метилметакрилатних композицій для відновлення несної здатності дефектних залізобетонних балок прогонових будов автодорожніх мостів в експлуатаційних умовах.

Метою роботи є визначення основних дефектів залізобетонних балок автодорожніх мостів в експлуатаційних умовах та обґрунтування рішення застосування метилметакрилатних композицій для відновлення їх несної здатності.

Об'єкт дослідження: дефектні залізобетонні балки прогонових будов мостів.

Результати проведених обстежень залізобетонних балок автодорожніх мостів в експлуатаційних умовах показали, що у багатьох випадках балки мають різного роду дефекти та пошкодження. Зустрічаються дефекти у вигляді руйнування захисного шару бетону, сколи бетону, викришування бетону на поверхні балок внаслідок дії негабаритних транспортних засобів, є випадки корозії арматури залізобетонних балок мостів. Ці дефекти призводять до втрати несної здатності балок мостів та зменшенню довговічності мостів.

Встановлено, що основною причиною утворення дефектів залізобетонних балок автодорожніх мостів є незадовільний стан систем водовідводу та гідроізоляції, а також результатом ударів негабаритного автомобільного транспорту.

Запропоновано застосування метилметакрилатних композицій для відновлення несної здатності дефектних залізобетонних балок мостів із використанням незнімної металевої опалубки.

Ключові слова: залізобетонні балки моста, автодорожні мости, метилметакрилатні композиції, незнімна опалубка, дефекти балок мостів.

Вступ. Автодорожні мости є критичними спорудами автомобільного транспорту. Від їх технічного стану залежить безперебійність перевезень. Однак в експлуатаційних умовах балки автодорожніх мостів зазнають різного роду дефектів та пошкоджень, які впливають на несну здатність автодорожніх мостів [1]. Вплив інтенсивних навантажень, перепади температури навколишнього середовища та вплив вологи поступово призводять до руйнування конструкцій автодорожніх мостів. Це проявляється у появі тріщин, сколів та деформацій балок, утворенню корозії арматури залізобетонних балок та зниженні несної здатності конструкцій мостів, що у кінцевому результаті впливає на обмеження їхньої експлуатаційної придатності та підвищенню ризику аварійних ситуацій конструкцій мостів.

Застосування традиційних методів заміни та ремонту дефектних балок автодорожніх мостів у більшості випадків є трудомістким та економічно дорогим рішеннями, які призводять до тривалих обмежень руху автомобільного транспорту. У багатьох випадках незадовільний технічний стан автодорожніх мостів спричинений моральним та фізичним зносом, а також вплив воєнних дій. У результаті чого значна частина мостів є зруйнованою, або має значні дефекти та пошкодження. Це викликає необхідність розробки нових перспективних методів ремонту та підсилення дефектних балок автодорожніх мостів. Перспективним методом ремонту дефектних залізобетонних балок мостів є застосування метилметакрилатних композицій [1, 2].

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. У праці [3] доведено, що зміна температури та вологи призводить до порушення гідрометричної рівноваги бетону із навколишнім середовищем. Це призводить до зміни напружено-деформованого стану конструкцій мостів, що у багатьох випадках викликає появу тріщин у балках прогонових будов мостів.

Одним із перспективних та сучасних методів відновлення несної здатності та довговічності залізобетонних балок мостів є застосування метилметакрилатних композицій. Полімери на основі метилметакрилату володіють високою адгезією до бетону, добре проникають у тріщини залізобетонних балок та володіють швидкими темпами твердіння [1, 2].

У праці [1] проведені дослідження температурного поля та напружень у залізобетонній балці моста підсиленої метилметакрилатними композиціями. При цьому розрахунок проведено із заданням різних товщин підсилення та модуля пружності метилметакрилату. Результати досліджень показали, що на контактні балки та конструктивного підсилення метилметакрилатом утворюється градієнт температури. Цей градієнт викликає напруження у контактних зонах конструкційних матеріалів.

У праці [2] наведено вигляд підсилених крайніх залізобетонних балок моста із використанням метилметакрилатних композицій. Також отримані результати розрахунків, за якими встановлено, що при появі градієнта додатних та від'ємних температур, виникають температурні напруження.

У роботі [4] наведено особливості застосування смоли на основі метилметакрилату (ММА) при ремонті тріщин у бетонних конструкціях. Зазначено, що смоли ММА швидко тверднуть і відзначаються високою адгезією, що робить їх ідеальним вибором для широкого спектра застосувань у сфері ремонту бетону та нанесення покриттів.

У праці [5] для заповнення стикових швів між плитами моста використовується полімербетон. Полімербетон, виготовлений із застосуванням поліметилметакрилату та стандартного заповнювача. Результати досліджень показали, що РММА-РС забезпечує чудову можливість виготовлення відносно невеликого з'єднувального шва у порівнянні з усіма іншими альтернативними бетонними матеріалами. Результати випробувань РММА-РС та приклад практичного проектування показують, що РММА-РС є відмінним альтернативним матеріалом для з'єднувальних швів плит мостового полотна, який дозволяє значно зменшити ширину зазору між збірними елементами у порівнянні з ультрависокоякісним бетоном (Ultra-High Performance Concrete, УНРС), що забезпечує як прямі, так і непрямі економічні вигоди. При цьому у роботі [6] проведені дослідження, щодо порівняння механічних властивостей РММА-РС з УНРС для заповнення поздовжніх швів між балками мостового настилу. Результати досліджень показали, що РММА-РС має подібні, або кращі характеристики міцності та зчеплення, що робить його перспективним матеріалом для таких застосувань.

У праці [7] зазначено, що основна причина появи полімерів у ремонтних матеріалах полягає у тому, що полімери володіють високою адгезією, що дозволяє добре зчепитися новому та старому бетону при ремонтах будівельних конструкцій. Також у роботі проведені дослідження залежності міцності при вигині та стиску полімерних матеріалів від вмісту наповнювача. Наведено результати із визначення оптимальної кількості наповнювача, а також розробка та застосування складу для ремонту штучних бетонних споруд.

У працях [8–9] узагальнено існуючі підходи застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах. Також запропоновано рекомендації, щодо улаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на мостах.

У праці [10] використання рециклінгових наповнювачів дозволило провести заповнення тріщини та раковини у бетонних конструкціях. Крім цього такі заповнювачі дозволяють створити захисний шар на бетоні для обмеження доступ агресивного середовища до споруди.

У праці [11] проведені дослідження ефективності застосування композицій на основі метилметакрилату. Для цього використано метод скінченних елементів. Встановлено, що полімер НМММ може проникати в тріщини шириною від 0,01 мм і більше, збільшуючи жорсткість та міцність бетонних конструкцій.

За результатами проведеного огляду науково-дослідних робіт, щодо використання метилметакрилату у транспортному будівництві встановлено, що технологія ремонту дефектних залізобетонних конструкцій мостів із використанням метилметакрилату дозволяє виконувати ремонти тріщин конструкцій без необхідності демонтажу конструкційних елементів. Це дозволить забезпечити важливу практичну складову при ремонтах дефектних залізобетонних балок мостів в умовах експлуатації.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є виявити основні дефекти залізобетонних балок автодорожніх мостів в експлуатаційних умовах та навести технологію застосування метилметакрилатних композицій при ремонті дефектних балок мостів. Для досягнення зазначеної мети необхідно виконати наступні завдання:

- провести обстеження прогонових будов автодорожніх мостів;
- навести основні дефекти та пошкодження залізобетонних балок мостів в умовах експлуатації;
- запропонувати схему підсилення дефектних залізобетонних балок автодорожніх мостів із використанням метилметакрилатних композицій.

Матеріали та методика досліджень. Для визначення видів дефектів, пошкоджень та технічних характеристик автодорожніх мостів в експлуатаційних умовах проведено ряд обстежень їх технічного стану. Вигляд досліджуваного шляхопроводу в м. Києві наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Вид на фасад шляхопроводу

Figure 1 – View of the overpass facade

Шляхопровід однопрогоновий, з повною довжиною 49,8 м, за схемою 1x22,26 м, загальна ширина проїзної частини становить 28,0 м. Призначений для пропуску 6-ти смуг руху автомобільного транспорту та двох колій трамвайного руху.

Прогонова будова шляхопроводу складається із збірних залізобетонних балок з попередньо-напруженою арматурою. Повна довжина балок становить 22,16 м. Балки виготовлені за типовим проектом вип. 122-63. Армуння балок – 7 полігональних пучків з 24 дротин діаметром 5 мм з границею міцності 17000 кгс/см². Висота головних балок 1,2 м, ширина верхньої плити 1,62 м, товщина 8–12 см. У поперечному перерізі влаштовано 21 балка, що об'єднані між собою 6-ма діафрагмами.

Відстань в осях балок становить 1,66 м. Стики діафрагм зварні з металевими накладками по закладних деталях діафрагм та верхньої плити балок. Віддаль в осях діафрагм становить 4,31 м.

Опори шляхопроводу виконані у вигляді рамної конструкції типу «стрімка лань». З боку опори моста №1 балки обпираються на нерухомі металеві опорні частини тангенціального типу, з боку опори №2 – на металеві валкові опорні частини.

Прогонова будова шляхопроводу опирається на збірно-монолітні залізобетонні просторові рамні конструкції опор типу «стрімка лань» із каркасним армуванням.

Під час обстеження шляхопроводу виявлені конструкції з дефектами, які знижують їх несну здатність, довговічність та надійність. Вигляд дефектів балок прогонової будови моста наведено на рис. 2. На рис. 2, *a* наведено дефекти, які викликані процесами замоканням та вилуговуванням бетону балок та плити прогонової будови шляхопроводу.



Рисунок 2 – Дефекти балок прогонових будов шляхопроводу: *a* – замокання та вилуговування бетону балок та плити прогонової будови шляхопроводу; *b* – тріщини, сколи бетону з оголенням та корозією арматури балок; *c* – сколи бетону в результаті ударів транспортних засобів з оголенням та деформацією конструктивної арматури балок; *d* – тріщини, сколи бетону з оголенням та корозією арматури, руйнування консолей балок та карнизних блоків прогонової будови шляхопроводу

Figure 2 – Defects of the overpass span beams: *a* – moisture penetration and leaching of concrete in the beams and deck slab of the overpass span structure; *b* – cracks and concrete spalling with exposure and corrosion of the beam reinforcement; *c* – concrete spalling caused by vehicle impacts, leading to exposure and deformation of the structural reinforcement of the beams; *d* – cracks and concrete spalling with exposure and corrosion of the reinforcement, as well as damage to the beam cantilevers and cornice blocks of the overpass span structure

Також у процесі балки прогонової будови шляхопроводу мають дефекти у вигляді сколів та тріщин бетону з оголенням арматури балок (рис. 2, *b*). Бувають випадки сколів бетону, які виникають через ударні навантаження від рухомих транспортних одиниць (рис. 2, *c*) та окремо слід зазначити і дефекти консолей балок та карнизних блоків прогонової будови шляхопроводу (рис. 2, *d*).

На рис. 3 наведено дефекти рамних конструкцій, які бувають у вигляді тріщин, сколів бетону з оголенням та корозією арматури.

Результати обстежень показали, що прогонова будова містить дефекти та пошкодження, що характерні по всій її довжині. Причиною появи дефектів є незадовільний стан системи водовідводу та гідроізоляції, а також результатом ударів негабаритного автомобільного транспорту.



Рисунок 3 – Тріщини, сколи бетону з оголенням та корозією арматури рамної конструкції шляхопроводу

Figure 3 – Cracks and concrete spalling with exposure and corrosion of the reinforcement in the frame structure of the overpass

Із проведених досліджень встановлено, що основними дефектами прогонової будови шляхопроводу є:

- замокання та вилугування бетону по плиті усіх балок прогону;
- замокання та вилугування бетону діафрагм балок прогону;
- сколи бетону від ударів автомобільного транспорту з оголенням та корозією конструктивної арматури;
- вилугування та сколи бетону, оголення та корозія арматури в результаті протікання води через плиту в зоні тротуарів та деформаційних швів;

-руйнування захисного шару бетону, оголення та корозія конструктивної арматури балок прогонових будов;

-руйнування захисного шару бетону та корозія попередньо-напруженої арматури балок Б1, Б2, Б3, Б19, Б20, Б21;

-руйнування консольної ділянки плити балки Б1;

-поздовжні тріщини вздовж робочої арматури балок прогонових будов;

-тріщини у діафрагмових з'єднаннях балок між Б1-Б2, Б2-Б3, Б3-Б4, Б18-Б19, Б19-Б20, Б20-Б21.

Окремо слід виділити балки прогонових будов із пошкодженнями захисного шару бетону та корозією попередньо-напруженої арматури.

Міцність бетону конструкцій визначали в місцях з відсутніми дефектами. Визначення міцності бетону виконувалось неруйнівним методом пружного відскоку згідно з ДСТУ Б В.2.7-220 [12]. При дослідженнях використано склерометр вимірювач міцності ОНИКС-2.6.

Для побудови градувальної залежності «міцність бетону–показ відскоку склерометру» використано прилад методу відриву зі сколюванням ОНИКС-1.ОС.100 з допустимою основною відносною похибкою при вимірюванні навантаження $\pm 2\%$, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-220 [12]. Міцність бетону конструкцій визначали в місцях з відсутніми дефектами. Результати досліджень показали, що міцність бетону коливалася у межах від $R=46,94$ МПа до $R=50,53$ МПа, що відповідає класу за міцністю В35.

Проведені тести на глибину карбонізації бетону в зонах захисних шарів напруженої арматури балок прогонової будови показали, що глибина карбонізації бетону в місцях розташування попередньо-напруженої арматури не перевищує 13 мм. Проведені тести на глибину карбонізації бетону в зонах захисних шарів арматури рамних конструкцій опор показали, що глибина карбонізації бетону балок БО сягає 15 мм, а стійок СК2 – до 10 мм.

Проведені дослідження із визначення вмісту хлоридів в бетоні конструкцій прогонових будов та опор шляхопроводу. Відповідно до ДСТУ Б.В.2.6-145:2010 [13] максимально-допустимий вміст хлоридів в бетоні конструкцій не має перевищувати: для конструкцій, які містять попередньо напружену арматуру 0,1 % від маси цементу, для конструкцій із ненапруженою арматурою не більше 0,4 % від маси цементу, для неармованих конструкцій не більше 1,0 % від маси цементу.

Для визначення вмісту хлоридів у бетоні конструкцій прогонових будов та опор шляхопроводу, із конструкцій вибурювали керни діаметром 50 мм і глибиною до 80 мм. Місця відбору проб вибрано на конструкціях де наявні дефекти корозійного походження для встановлення природи їх походження. У лабораторних умовах із кожного керна на глибині 2 см від поверхні і 5 см від поверхні випилювали по 2 циліндри висотою 1 см. Бетонні циліндри подрібнювали, відділяли щебінь і металеві включення, після чого отриманий цементний камінь розмелювали до проходження проби через сітку № 008. З отриманих проб, в спеціалізованій атестованій хімічній лабораторії, методом титрування азотнокислим сріблом, визначали вміст водорозчинних хлоридів. Масова частка хлоридів від маси цементу в бетоні зразків перераховувалась з припущення, що водоцементне відношення бетону конструкцій становить $V/C=0,4$.

За результатами досліджень встановлено, що масова частка хлоридів від маси цементу в бетоні конструкцій шляхопроводу становить: балка Б1 – $0,25 \div 0,4\%$; балка Б2 – $0,05\%$; балка Б3 – $0,55\%$; балка Б11 – $0,05\%$; балка Б13 – $0,01 \div 0,03\%$; балка Б19 – $0,05\%$; балка Б20 – $0,05 \div 0,4\%$ та балка Б21 – $0,06 \div 0,65\%$.

Згідно результатів досліджень масова частка хлоридів від маси цементу в бетоні балок прогонової будови шляхопроводу із попередньо напруженою арматурою перевищує 0,1 % в конструкціях балок Б1, Б3, Б20, Б21. Перевищення допустимого рівня масової частки хлоридів від маси цементу в бетоні конструкцій знайдено в місцях із наявним руйнуванням захисного шару бетону та корозією арматури. Це свідчить про те, що основним фактором появи дефектів в цих конструкціях є наявність в бетоні хлоридів на глибині, яка перевищує товщину захисного шару бетону. Технічний стан шляхопроводу оцінюється за ДСТУ 9181 [14].

Пропозиції по підвищенню несучої здатності дефектних балок прогонових будов шляхопроводу. Для підвищення несучої здатності дефектних залізобетонних балок шляхопроводу запропоновано використання методу підсилення балок шляхопроводу із використанням технології незнімної опалубки [1–2]. Для цього використовується незнімна металева опалубка, пісок та метилметакрилатна композиція. Конструктивна схема підсилення дефектної залізобетонної балки моста наведена на рис. 4.

При застосуванні метилметакрилатних композицій монтується незнімна металева опалубка, яка кріпиться до балки прогонової будови моста. Незнімна опалубка влаштовується на відстані 20 мм від низу балки для утворення порожнини в яку засипається дрібний пісок. У пісок добавляється метилметакрилатна композиція. Вона проникає у тріщини залізобетонної балки. Завдяки хорошій текучості та адгезії відбувається заповнення порожнин і тріщини у залізобетонній балці, міцне їх з'єднання, що сприяє підсиленню дефектної балки.

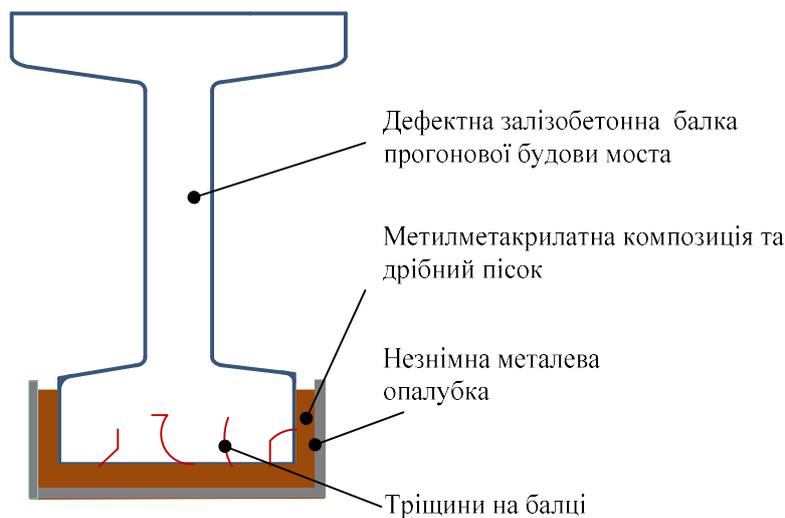


Рисунок 4 – Методика підвищення несучої здатності дефектних залізобетонних балок прогонових будов шляхопроводу шляхом застосування метилметакрилатних композицій

Figure 4 – Method for increasing the load-bearing capacity of defective reinforced concrete beams of bridge superstructures by using methyl methacrylate compositions

Висновки. За результатами проведених досліджень дефектів залізобетонних балок автодорожніх мостів в експлуатаційних умовах та наведеної технології ремонту дефектних балок мостів із використанням метилметакрилатних композицій отримано такі висновки та рекомендації:

1. Результати обстежень залізобетонних балок шляхопроводу показали, що в експлуатаційних умовах балки отримують ряд дефектів та пошкоджень. Характерними дефектами є тріщини, сколи бетону захисного шару, оголення та корозія арматури, пошкодження балок великогабаритним транспортом тощо.

2. Застосування технології ремонту дефектних залізобетонних балок автодорожніх мостів із використанням метилметакрилатних композицій дозволить підвищити несну здатність та подовжити термін служби існуючих конструкцій мостів. Також це забезпечить зниження економічних витрат на капітальні ремонти та заміну конструкцій на мості, і забезпечить мінімізацію простоїв транспорту під час ремонтних робіт.

Перелік посилань

1. Kovalchuk, V., Sobolevska, Yu., Onyshchenko, A., Fedorenko, O., Tokin, O., Pavliv, A., Kravets, I., Lesiv J. (2021) Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.
2. Риковцев О. І., Ковальчук В. В. Термонапружений стан залізобетонних балок мостів підсилених метилметакрилатними композиціями // *Сучасні транспортні технології: матеріали 16-ї Міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених імені Георгія Кірпи*, 21 листопада 2024 р., Львів. – 2024. – С. 66–67.
3. Yan, Yihang & Wu, Dingjun & Li, Q.. (2018). A three-dimensional method for the simulation of temperature fields induced by solar radiation. *Advances in Structural Engineering.* 22. 136943321879525. 10.1177/1369433218795254. https://www.researchgate.net/publication/327272459_A_three-dimensional_method_for_the_simulation_of_temperature_fields_induced_by_solar_radiation.
4. MMA Resins: Versatile Solutions for Concrete Repair and Coating. Електронний ресурс. Адреса посилання: https://duraamen.com/blog/mma-resins-versatile-solutions-for-concrete-repair-and-coating/?srsltid=AfmBOoqokgSxQr_x53AP1a9SP0Es2K7HTO8BiX32FPar6g3L5MawD2R_&utm_source=chatgpt.com.
5. Mantawy, I., Chennareddy, R., Genedy, M., & Taha, M. R. (2019). Polymer concrete for bridge deck closure joints in accelerated bridge construction. *Infrastructures*, 4(2), 31. <https://doi.org/10.3390/infrastructures4020031>.
6. Abokifa, M., & Moustafa, M. A. (2021). Experimental behavior of poly methyl methacrylate polymer concrete for bridge deck bulb tee girders longitudinal field joints. *Construction and Building Materials*, 270, Article 121840. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121840>.
7. Трикоз, Л. В., & Зінченко, О. С. (2025). Розробка полімерних наповнених композицій для ремонту штучних споруд залізничного транспорту. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, (27), 53–61. <https://doi.org/10.15802/bttrp2025/333792>.
8. Онищенко, А. М., Гаркуша, М. В., Федоренко, О. В., & Гаркуша, І. Ю. (2024). Застосування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 25, 74-86.
9. Р В.2.3-37641918-934:2023 (2023). Рекомендації з улаштування гідроізоляційних систем на основі метилметакрилатної смоли на транспортних спорудах. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
10. Трикоз, Л. В., Зінченко, О. С., & Никитинський, А. В. (2024). Визначення міцнісних та структурних характеристик цементно-піщаних розчинів з використанням рециклінгових наповнювачів. *Науковий вісник будівництва*, 111, 72-79.
11. Ji, K., Yeon, J. H., Min, S. H., & Yeon, K.-S. (2021). Finite element model of concrete repaired by High Molecular Weight Methacrylate (HMWM) and its structural performance. *Engineering Structures*, 243, 112763. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112763>.
12. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
13. ДСТУ Б В.2.6-145:2010. Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384-2008, NEQ)
14. ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF CEMENT STONE CORROSION IN THE
EMERGENCY DESTRUCTION OF THE DECK STRUCTURE
OF A REINFORCED CONCRETE BRIDGE

Rykovtsev Oleksii I., Postgraduate student, Department of Bridges and Tunnels National Transport University, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka str., 1, Kyiv, Ukraine, 01010, e-mail: rykovtsevoleksii@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-1715-6058>

Summary. The work is devoted to substantiating the relevance of using methyl methacrylate compositions to restore the load-bearing capacity of defective reinforced concrete beams of highway bridge superstructures under operational conditions.

The aim of the study is to identify the main defects of reinforced concrete beams of highway bridges under service conditions and to justify the use of methyl methacrylate compositions for restoring their load-bearing capacity.

Object of research: defective reinforced concrete beams of bridge superstructures.

The results of inspections of reinforced concrete beams of highway bridges under operational conditions have shown that in many cases, the beams have various types of defects and damages. Defects such as the destruction of the protective concrete layer, chipping, and spalling of concrete on the beam surfaces due to the impact of oversized vehicles are observed, as well as cases of reinforcement corrosion in bridge beams. These defects lead to a loss of the beams' load-bearing capacity and a reduction in the service life of bridges.

It has been established that the main causes of defects in reinforced concrete beams of highway bridges are the unsatisfactory condition of drainage and waterproofing systems, as well as the impact of oversized road vehicles.

The application of methyl methacrylate compositions for restoring the load-bearing capacity of defective reinforced concrete bridge beams using permanent metal formwork has been proposed.

Keywords: reinforced concrete bridge beams, highway bridges, methyl methacrylate compositions, permanent formwork, beam defects.

References

1. Kovalchuk, V., Sobolevska, Yu., Onyshchenko, A., Fedorenko, O., Tokin, O., Pavliv, A., Kravets, I., Lesiv J. (2021) Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.
2. Rykovtsev O. I., Kovalchuk V. V. Termonapruzhenyi stan zalizobetonnykh balok mostiv pidsylenykh metylmetakrylatnymi kompozytsiiamy // *Suchasni transportni tekhnolohii: materialy 16-yi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv i molodykh vchenykh imeni Heorhiia Kirpy*, 21 lystopada 2024 r., Lviv. – 2024. – С. 66–67.
3. Yan, Yihang & Wu, Dingjun & Li, Q.. (2018). A three-dimensional method for the simulation of temperature fields induced by solar radiation. *Advances in Structural Engineering*. 22. 136943321879525. 10.1177/1369433218795254. https://www.researchgate.net/publication/327272459_A_three-dimensional_method_for_the_simulation_of_temperature_fields_induced_by_solar_radiation.
4. MMA Resins: Versatile Solutions for Concrete Repair and Coating. Електронний ресурс. Адреса посилання: https://duraamen.com/blog/mma-resins-versatile-solutions-for-concrete-repair-and-coating/?srsltid=AfmBOoqokgSxQr_x53AP1a9SP0Es2K7HTO8BiX32FPar6g3L5MawD2R_&utm_source=chatgpt.com.
5. Mantawy, I., Chennareddy, R., Genedy, M., & Taha, M. R. (2019). Polymer concrete for bridge deck closure joints in accelerated bridge construction. *Infrastructures*, 4(2), 31. <https://doi.org/10.3390/infrastructures4020031>.

6. Abokifa, M., & Moustafa, M. A. (2021). Experimental behavior of poly methyl methacrylate polymer concrete for bridge deck bulb tee girders longitudinal field joints. *Construction and Building Materials*, 270, Article 121840. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121840>.
7. Trykoz, L. V., & Zinchenko, O. S. (2025). Rozrobka polimernykh napovnenykh kompozytsii dlia remontu shtuchnykh sporud zaliznychnoho transportu. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, (27), 53–61. <https://doi.org/10.15802/bttrp2025/333792>.
8. Onyshchenko, A. M., Harkusha, M. V., Fedorenko, O. V., & Harkusha, I. Yu. (2024). Zastosuvannia hidroizoliatsiinykh system na osnovi metylmetakrylatnoi smoly na transportnykh sporudakh. *Mosty ta tu-neli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 25, 74–86.
9. R V.2.3-37641918-934:2023 (2023). Rekomendatsii z ulashtuvannia hidroizoliatsiinykh system na osnovi metylmetakrylatnoi smoly na transportnykh sporudakh. Kyiv: DP «UkrNDNTs».
10. Trykoz, L. V., Zinchenko, O. S., & Nykytynskyi, A. V. (2024). Vyznachennia mitsnisnykh ta strukturnykh kharakterystyk tsementno-pishchanykh rozchyniv z vykorystanniam retsyklinhovykh napovniuvachiv. *Naukovyi visnyk budivnytstva*, 111, 72-79.
11. Ji, K., Yeon, J. H., Min, S. H., & Yeon, K.-S. (2021). Finite element model of concrete repaired by High Molecular Weight Methacrylate (HMWM) and its structural performance. *Engineering Structures*, 243, 112763. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112763>.
12. DSTU B V.2.7-220:2009. Budivelni materialy. Betony. Vyznachennia mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruinivnoho kontroliu.
13. DSTU B V.2.6-145:2010. Konstruktsii budynkiv i sporud. Zakhyst betonnykh i zalizobetonnykh konstruktsii vid korozii. Zahalni tekhnichni vymohy (HOST 31384-2008, NEQ).
14. DSTU 9181:2022. Nastanova z otsiniuvannia ta prohnozuvannia tekhnichnoho stanu avtodorozhnykh mostiv.

Дата надходження до редакції 20.06.2025 р.