

Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В., Ігнатенко А.В.*Харківський національний автомобільно-дорожній університет**(вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002; e-mail: bcm@khadi.kharkov.ua; orcid.org/0000-0001-5077-6235, orcid.org/0000-0002-5164-8515, orcid.org/0000-0003-0823-2597, orcid.org/0000-0001-9222-1051)*

ДОВГОВІЧНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ Є ОСНОВОЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ МОСТОВИХ СПОРУД

Проблема довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд завжди актуальна при визначенні життєвого циклу мостів. При вирішенні питання довговічності мостових споруд вони розглядаються як складні технічні системи, що мають «слабкі місця», які починають руйнуватись в першу чергу. Розглядається питання впливу процесу руйнування захисного шару залізобетонних конструкцій на подальші їх руйнування. Висуваються гіпотези руйнування захисного шару на основі методів механіки руйнування матеріалу в мікрооб'ємах при мінімальних навантаженнях в умовах з'явлення нестійких тріщин. Метою даної роботи відобразити можливість виникнення тріщин і руйнування захисного шару бетону залізобетонних конструкцій із подальшою корозією арматури при дії агресивного середовища у відкритому просторі.

Ключові слова: залізобетонні конструкції, мостові споруди, захисний шар, нестійкі тріщини, механіка руйнування, пластичні деформації.

Вступ. Проблема довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд адекватно пов'язана із проблемою визначення життєвого циклу цих споруд, як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації та завжди була найменше вивченою в теорії споруд, однак найбільш значимою в соціально-економічному плані. Коректна постановка оцінки ресурсу споруди складна, так як вимагає врахування агресивної дії навколишнього середовища, зміни фізико-механічних властивостей матеріалів величини і схеми розподілу зусиль із часом. Крім того, необхідне врахування чутливості до деградації конструктивної форми споруди, умов експлуатації і технології виконання ремонтних робіт кожного конструктивного елемента окремо і споруди в цілому для збереження функціонального призначення мостів. Існуюча раніше думка про значну довговічність залізобетонних конструкцій виявилась помилковою для конструкцій, що експлуатуються у відкритому просторі. Практика і досвід оцінки рівня корозії арматури на протязі якогось часу показує, що захисний шар бетону в залізобетонних конструкціях починає руйнуватись під дією навколишнього середовища дуже швидко (на протязі 10-15 років),

а далі починається агресивна корозія робочої арматури, яка збільшується за обсягом і розриває захисний шар, що може призвести до повної деградації залізобетону через 30-40 років. В особливості це відноситься до збірних мостових конструкцій, так як прискорене твердіння в пропарювальній камері збільшує пористість бетону та процесів усадки, що сильно впливають на їх деградацію. Коли конструкція наближується до четвертого експлуатаційного стану дуже часто практично неможливо встановити причини руйнування і завжди сходяться на поганій експлуатації, а причина може бути іншою.

В умовах обмеженого фінансування системи експлуатації мостових споруд і відсутності спеціалізованих організаційних структур для їх експлуатації слід проводити стратегічне планування по збереженню функціональних можливостей, а також спиратись на, як можливо, більш точний прогноз довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд.

Таким чином, метою даної роботи є проблема визначення життєвого циклу, що складається із наукового базису дослідження роботи залізобетону та вимог правил проектування, технології будівництва та умов експлуатації, для отримання моделі

роботи споруди на всіх його етапах, включаючи поточні і капітальні ремонти. При цьому, в питання довговічності мостових споруд необхідно розглядати мости, як складні технічні системи, тому необхідно враховувати властивості окремих елементів та їх впливи на показники системи в цілому. Таким чином необхідно визначити «слабкі місця» в залізобетонних конструкціях, які є початком руйнування споруди.

Важко погодитись, що при ремонтах можна зберегти існуюче конструктивне рішення у зв'язку із недостатньо вивченими особливостями захисного шару залізобетонних конструкцій.

Аналіз публікацій. Більшість мостових споруд в Україні виконано із залізобетонних конструкцій, що експлуатуються у відкритому просторі, атмосфера якого забруднена викидами автомобільних двигунів і промислових підприємств. Задача оцінки ресурсу залізобетонних конструкцій мостів для визначення життєвого циклу споруди найменш вивчена, але найбільш значуща. На цю проблему зверталось в роботах [1-4] професора Лантух-Лященко, в яких розглянуто можливість оцінювання деградації залізобетонних конструкцій залізобетонних мостових споруд у довгостроковій перспективі центральною ідеєю дослідження професора Лантух-Лященко є гіпотеза про те, що при умовах декомпозиції можна прогнозувати ресурс залізобетонного елемента сумою прогнозів за чотири етапами експлуатації [4]. Звернемо увагу на другий етап – початок корозії арматури при незначному тріщиноутворенні. Що значить незначне, де воно виникає і в який період часу від моменту виготовлення. Арматура починає кородувати, коли властивості захисного шару порушені. В своїх роботах автор [1-4] приділяв велику увагу хімічним процесам, таким як карбонізація бетону, вплив хлоридів і корозія робочої арматури після деградації захисного шару, Менше приділялось уваги фізичним процесам, що протікають в залізобетонних конструкціях таких як усадка бетону, швидконатікаюча повзучість і робота захисного шару під мінімальним навантаженням. Вважається, що захисний шар не

впливає на міцність залізобетонних конструкцій, а виконується тільки із однією метою-захистити арматуру від контакту із атмосферним впливом [5, 6, 7, 15].

Важко погодитись із таким ствердженням, так як захисний шар є основою довгострокової міцності всього залізобетонного елемента мостової споруди, тому що руйнування призводить до корозії арматури і втрати несучої здатності.

Реалізація задачі. Дуже часто серед спеціалістів дорожньо-будівельної галузі існує думка, що головною причиною низької довговічності залізобетонних конструкцій мостових споруд є недосконале утримання їх в процесі експлуатації. Відсутність організаційних спеціалізованих структур та надійної системи експлуатації є вагомою причиною малої довговічності, однак вже на стадії проектування нічого не говориться, в яких умовах, за рахунок яких причин і з якою швидкістю буде протікати деградація залізобетонного елемента. Тому для розрахунку довговічності необхідно визначити причини деградації залізобетонного елемента із часом і показати за яких причин будуть зберігатися експлуатаційні та функціональні властивості, що характеризуються стабільністю якості і міцністю матеріалів (бетону і арматури). Тому, крім хімічних процесів, розглянемо фізичні явища, що виникають після виготовлення конструкцій. В будь якому залізобетонному елементі при конструюванні необхідно звернути увагу на те, що шар бетону в захисному шарі монолітно слабо пов'язаний із бетоном поперечного перерізу елемента, так як він відокремлюється шаром арматури (рис. 1, 2). Захисний шар конструктивний, залежить від діаметра арматури і розмірів крупного заповнювача та має малу товщину і малий об'єм. Цей фактор впливає на неоднорідність бетону та на його механічні характеристики. Його міцність як правило, відрізняється від стандартизованої, що отримана при випробуванні кубиків [8], тому бетон працює із іншими характеристиками, а сумісна робота бетону і арматури буде мінімальною внаслідок малих об'ємів бетону і малого зчеплення з нею. Етап виготовлення конструкцій (в

особливості збірних) закінчується появою усадочних деформацій, які закінчуються появою мікротріщин в двох площинах – на поверхні елементу і на контакті із арматурою, що і зменшує її зчеплення із бетоном. Цей процес можна назвати нестійким з'явленням тріщин. При цьому усадочні деформації по глибині бетону поперечного перерізу елемента стримується арматурою, тому тріщин у цій площині значно менше ніж біля зовнішній грані елементу, тому виникають згинальні зусилля в захисному шарі бетону. Для залізобетонних конструкцій мостових споруд, які працюють в екстремальних умовах, тобто при циклічному заморожуванні і відтаюванні мікротріщини, з часом збільшується при цьому на цей процес накладається циклічне, динамічне навантаження. Слід зауважити, що у підмостовому просторі створюється свій мікроклімат який більш вологий і агресивний ніж на поверхні мостової споруди. Ці фактори можуть бути причиною більш інтенсивного руйнування захисного шару бетону на першому етапі. Справа в тому, що в роботі [9] стверджується, що міцність бетону в процесі карбонізації практично не зменшується, а тому бетон захисного шару не повинен руйнуватись. Тому, на нашу думку, основною причиною початку деградації бетону захисного шару є нестійке з'явлення тріщин в двох площинах, що посилюється мінімальними навантаженнями. На цей фактор необхідно звернути увагу на ранніх стадіях експлуатації.



Рис. 1. Руйнування захисного шару бетону в балці прольотної будови моста через р. Мжа на під'їзді до м. Зміїв



Рис. 2. Руйнування захисного шару в консолі балки моста через р. Мжа на під'їзді до м. Зміїв

Методи механіки руйнування матеріалу в мікрооб'ємах визначають їх властивості і зародження руйнування. Мінімізація впливу на міцність матеріалу малих навантажень і агресивного середовища при нестійкому розвитку тріщин може бути досягнута шляхом забезпечення повного сприйняття розтягуючих зусиль бетоном на основі роботи цементного каменю при нормальній адгезії і монолітності і геометричних характеристик захисного шару. Участь у цьому процесі арматури майже відсутня.

Принципи механіки руйнування в залізобетонних конструкціях викладені в роботі [11] та базуються на тому, що бетон можна вважати умовно однорідним матеріалом, який працює як пружно-пластичний матеріал. При цьому бетон на зусилля розтягнення, які діють в бетоні захисного шару зігнутого залізобетонного елемента, в наслідок малої товщини і об'єму, працює як пластичний матеріал практично при мінімальних напруженнях, так як пружні деформації при розтягу в малих об'ємах мікроскопічні. Тому в даних умовах не спостерігається передача розтягуючих зусиль із бетону на арматуру.

Пластичні руйнування посилюються швидко натікаючою повзучістю та супроводжуються значними деформаціями в наслідок яких з'являються тріщини. При цьому ці деформації виникають при дуже малих напруженнях та можуть утворюватися від навантажень власною вагою, так як в мостових балках воно може бути 60% від нормативного навантаження на конструкцію. Таким чином, силові мікроскопічні тріщини в захисному шарі виникають на

самих ранніх стадіях роботи після виготовлення і в процесі транспортування [11, 12]. Тому для розгляду розвитку нестійких хаотичних тріщин або системи тріщин в бетоні захисного шару необхідно застосовувати статистичний аналіз на основі заданих характеристик структури бетону (пористості цементного каменю, крупності і об'ємного складу заповнювача, який імітує при цьому різні варіанти випадкового розміщення зерен в заповнювачі по мінімальному об'єму зразка в залежності від об'єму цементного каменю. В залежності від цього і мінімального навантаження змінюється крихкість і пластичність бетону і як наслідок кількість і об'єм нестійких тріщин, які змінюють умову рівноваги внутрішніх сил міжмолекулярного зчеплення. При цьому на цей процес накладаються усадочні напруження і швидко натікаюча повзучість. Об'єктом особливої уваги механіки руйнування захисного шару є вершини тріщин – місце виникнення найбільших концентрацій напруження і початкова точка подальшого руйнування захисного шару при силовій дії також власною вагою конструкції.

Висновки. Таким чином, питання стоїть не про корозію бетону і арматури, а про руйнування бетону захисного шару внутрішніми зусиллями та дії мінімального зовнішнього навантаження. Тому для оцінки ресурсу залізобетонних елементів необхідно в першу чергу звертати увагу на збереження захисного шару завдяки вдосконалень технології виготовлення конструкцій, застосуванню домішок при виготовленні бетону, які зменшують усадочні тріщини і швидконатікаючу повзучість, та застосуванні хімічних покриттів конструкцій, що зменшують агресивну дію навколишнього середовища. Маючи наукову базу розв'язування цього питання можна прогнозувати довговічність мостових залізобетонних конструкцій і визначати життєвий цикл споруд.

ЛІТЕРАТУРА:

1. 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.

2. 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.
3. Лантух-Лященко А.І. До проекту державних будівельних норм з оцінки технічного стану мостів // Зб. «Діагностика, довговічність та реконструкція мостів та будівельних конструкцій». – Вип. 2. – Львів: Камеяр, 2000. – С.78-83.
4. Лантух-Лященко А.І. Модель визначення надійності прогонової будови в умовах неповної інформації // Зб. «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Вип. 62. – К.:2001.
5. Wittmann F.H. Fracture Mechanics of Concrete / F.H Wittmann // Elsevier, 1983 – 680pp.
6. Tuutti K. Corrosion of steel in concrete / CBI Research. Fo 4:82 // Stockholm Swedish Cement and Concrete Research Institute, 1982.
7. Lounis Z. Reliability-based service life prediction of deteriorating concrete structures / Z. Lounis, M.S. Madanat // Proc. 3rd Int. Conf/ on Concrete under Severe Conditions. Vol. 1. 2001. – P. 965-972.
8. Мости та труби. Оцінка технічного стану мостів, що експлуатуються. ВБН В.3.1-218-174-2002. Державна служба автомобільних доріг України. – К.: 2002. – 74с.
9. Лантух-Лященко А.І. Проблема довговічності залізобетонний прогонових будов автодорожніх мостів / А.І. Лантух-Лященко// Зб. «Автомобільні дороги та дорожнє будівництва». – Вип. 73. – Національний транспортний університет. – К.: 2006. – С. 204-210.
10. Чепурная С.Н. Повышение коррозионной стойкости бетона транспортных сооружений добавкой высокодисперсного кальцита / С.Н. Чепурная А.А. Плугин, О.С. Борсек / Науковий вісник будівництва. – том 91, №1 – 2018. – С.292-297.
11. Чайка В.П. Совершенствование норм проектирования мостовых сооружений на основе концепции конструкционной прочности бетона / В.П. Чайка // Транспортное строительство. – М.:2001. – №2. – С.
12. Зайцев Ю.В. Новый подход к расчету бетонных и железобетонных конструкций (о механике разрушения бетона и железобетона) / Ю.В. Зайцев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI

- веке. – М.:2000. – №5. – С. 16-17. – №6. – С.26-27.
13. Розенталь Н.К. Коррозионные процессы в модифицированных бетонах // Зб. «Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж».- Донецьк.2003.-С.129-133.
 14. Чернявский В.Л. Оценка остаточного ресурса по мере функционального состояния эксплуатирующихся железобетонных конструкций /В.Л.Чернявский, Ю.Б.Гиль // Зб. наук. пр. Луганського нац. ун-ту. №40 (52).-Луганськ: Вид-во ЛНАУ. 2004.-С.279-285.
 15. Більченко А.В. Проблема довговічності залізобетонних конструкцій/ А.В.Більченко, О.Г.Кіслов, О.В.Синьковська // Збірник. Науковий вісник будівництва т.92.-№2, 2018.-с.163-166.

Бильченко А.В., Кислов А.Г., Синьковская Е.В., Игнатенко А.В. ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЯВЛЯЕТСЯ ОСНОВОЮ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ.

Проблема долговечности железобетонных конструкций мостовых сооружений всегда актуальна при определении жизненного цикла мостов. При решении вопроса долговечности мостовых сооружений они рассматриваются как сложные технические системы, имеющие «слабые места», которые начинают разрушаться в первую очередь. Рассматривается вопрос влияния процесса разрушения защитного слоя железобетонных конструкций на последующие их разрушения. Выдвигаются гипотезы разрушения защитного слоя на основе методов механики разрушения материала в микрообъемах

при минимальных нагрузках в условиях появления неустойчивых трещин. Целью данной работы является отразить возможность возникновения трещин и разрушения защитного слоя бетона железобетонных конструкций с последующей коррозией арматуры при воздействии агрессивной среды в открытом пространстве.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, мостовые сооружения, защитный слой, неустойчивые трещины, механика разрушения, пластические деформации.

Bilchenko AV, Kislov O.G., Sinkovskaya O.V., Ignatenko A.V. DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IS THE BASIS OF THE LIFE CYCLE OF BRIDGE STRUCTURES.

The problem of durability of reinforced concrete structures of bridges is always relevant in determining the life cycle of bridges. When addressing the question of the durability of bridges, they are considered as complex technical systems that have “weak points” that begin to collapse in the first place. The question of the influence of the process of destruction of the protective layer of reinforced concrete structures on their subsequent destruction is considered. Hypotheses are put forward for the destruction of the protective layer on the basis of the methods of mechanics of the destruction of the material in microvolumes with minimal loads under the conditions of the appearance of unstable cracks. The aim of this work is to reflect the possibility of cracking and destruction of the protective layer of concrete in reinforced concrete structures with subsequent corrosion of reinforcement when exposed to a corrosive environment in an open space.

Keywords: reinforced concrete structures, bridge structures, protective layer, unstable cracks, destructive mechanics, plastic deformations.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-94-4-144-149

УДК 66.023

Вінниченко В.І., Крот О.Ю., Савченко О.Г., Крот О.П.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: my_motherland@ukr.net; orcid.org/0000-0003-3700-5414, orcid.org/0000-0003-0291-9865, orcid.org/0000-0003-4210-5890, orcid.org/0000-0002-2376-4981)

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОЛИКОВОГО МЛИНА-СУШАРКИ

Проаналізовано існуючі залежності, які відображають продуктивність роликів млинів. Показано, що вони не повністю ураховують основні фактори, від яких залежить процес у випадках використання млинів при одночасному помелу та висушуванні матеріалів. Внесено уточнення до формули, що дає змогу теоретичного визначення продуктивності роликів млина-сушарки з урахуванням не тільки механічних, але і теплотехнічних параметрів.

НАУКОВИЙ ВІСНИК БУДІВНИЦТВА, Т. 94, №4, 2018