

## ОБҐРУНТУВАННЯ РІВНІВ УТРИМАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТІВ В УПРАВЛІННІ ПРОГРАМАМИ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

© Боднар Л.П., 2010

**Запропоновано спосіб обґрунтування рівня утримання мостів на основі застосування рівнів серйозності і рівнів поширення дефектів елементів мостів.**

**Ключові слова:** модель ефективності, рівень утримання, рівень серйозності, рівень поширення, нейронні мережі.

**A way to justify the level of maintenance of bridges on the basis of levels of severity levels and distribution of defects elements of bridges.**

**Keywords:** model performance, the level of maintenance, the level of seriousness, level of distribution, neural networks.

**Постановка проблеми.** Переважна більшість мостів на автомобільних дорогах України виготовлена з залізобетонних елементів.

З практичного досвіду і теоретичних міркувань можна постулювати затримку деградації залізобетонних елементів мостів завдяки своєчасному виконанню робіт з їх поточного ремонту і утримання. Вартість цих робіт значно нижча від вартості робіт з капітального ремонту мостів, тому науково обґрунтована стратегія поточного ремонту та утримання мостів в довгостроковій перспективі упродовж життєвого циклу мостів може гарантувати істотну економію витрат. Особливої актуальності проблема збереження високого експлуатаційного рівня мостів набула в сучасних умовах досить обмеженого фінансування дорожньої галузі.

Вибір раціональної стратегії поточного ремонту та утримання мостів являє собою складну техніко-економічну задачу, розв'язання якої ускладнюється такими причинами:

- відсутністю моделей обчислення потрібних обсягів робіт з поточного ремонту та утримання залежно від прогнозованого експлуатаційного стану моста;
- відсутністю кількісної оцінки впливу поточного ремонту та утримання на темпи деградації елементів мостів;
- складністю сукупного впливу параметрів дефектів на експлуатаційний стан мостів і їх змінні експлуатаційні параметри;
- нечіткістю, неясністю та невизначеністю даних про притаманні процесу розвитку дефектів параметри;
- недостатньою кількістю інформації про обсяги дефектів елементів мостів по всій їх номенклатурі, яка необхідна для обґрунтування кількісних залежностей;
- недостатнім рівнем розроблення моделей та алгоритмів прогнозування обсягів робіт та оптимізації рівнів утримання мостів в умовах обмеженого фінансування;
- відсутністю систематичного обстеження стану елементів, спеціально відібраних на основі статистичних критеріїв мостів, а також відповідних комп'ютерних баз наукових даних і програмних засобів їх супроводження та видобування з них нових знань.

**Мета роботи.** Метою роботи є пошук способу удосконалення техніко-економічного обґрунтування рівнів утримання мостів на основі встановлення так званих рівнів втручання – визначальних параметрів (розмірів, об'ємів тощо і рівнів поширення) дефектів елементів мостів, перевищення яких в процесі розвитку дефекту потребує обов'язкового виконання робіт з його ліквідації.

**Формулювання задачі.** Рівень утримання (обслуговування) мостів – це плановий або фактичний рівень експлуатаційного стану споруди або всіх споруд на мережі автомобільних доріг, який визначається плановою або фактичною кількістю робіт з ремонтів та утримання, запланованих на рік або виконаних за рік для ліквідації дефектів.

Періоди між втручаннями та обсяги робіт залежать від величини визначальних параметрів: період збільшується у разі послаблення вимог до допустимих розмірів дефекту. Вартість робіт з усунення дефекту містить постійну складову витрат, що не залежить від об'єму дефекту. Послаблення вимог у короткостроковій перспективі дає змогу зменшити вартість ремонту та утримання, однак у довгостроковій перспективі може призвести до скорочення життєвого циклу споруди і збільшення його приведеної вартості. Тобто існує задача оптимізації рівнів втручання і рівня утримання при технічних (надійність, безпека експлуатації, збереження навколишнього середовища), архітектурних, естетичних та історичних цінностях і бюджетних обмеженнях.

**Виклад основного матеріалу.** В ДСТУ-Н Б.В.2.3 – 23: 2009 [1] регламентуються п'ять експлуатаційних станів елементів моста: 1 – справний; 2 – обмежено справний; 3 – працездатний; 4 – обмежено працездатний; 5 – непрацездатний. Міст та мостовий перехід розглядаються як система з семи груп конструктивних елементів: елементи проїзної частини; елементи прогонової будови; опори та опорні частини; фундаменти; підмостове русло; регуляційні споруди; підходи. Алгоритм оцінки і прогнозування експлуатаційного стану складається з таких основних кроків:

- збирання вихідних даних для оцінки і прогнозування технічного стану елементів моста;
- визначення стану елементів моста за класифікаційними таблицями експлуатаційних станів [1];
- уточнення стану елементів за обчисленням вантажопідйомності;
- визначення стану елементів за реальною характеристикою безпеки елементів;
- призначення експлуатаційних заходів;
- прогнозування терміну безпечної експлуатації елементів (визначення залишкового ресурсу);
- оцінювання технічного стану моста загалом для ранжування споруди за потребою експлуатаційних заходів.

Цей алгоритм задіяно в Аналітичній експертній системі управління мостами (АЕСУМ). Але класифікаційні таблиці експлуатаційних станів, за якими визначальний розмір дефекту дано вербальною характеристикою, а експлуатаційний стан встановлюється тільки з наявності самого факту існування дефекту і відсотка зносу, не містить даних про ступінь ураження елемента дефектом і ступінь розвитку дефекту, тому досить важко визначити обсяги робіт з ліквідації дефекту.

Вихідною схемою обґрунтування рівня утримання може бути модель ефективності рівня обслуговування (Level of Service) [2] (рис. 1).



Рис. 1. Модель ефективності рівня обслуговування

Модель ефективності рівнів утримання мостів ґрунтується на нормованій шкалі результатів найважливіших дій з ремонту та утримання мостів. Вартість рівнів утримання знижується від вищого до нижчого рівня. При цьому, навпаки, підвищується вартість життєвого циклу мостів, ризику експлуатації, відбувається перехід від превентивних (поточний ремонт та утримання) до коригуючих дій (капітальний ремонт).

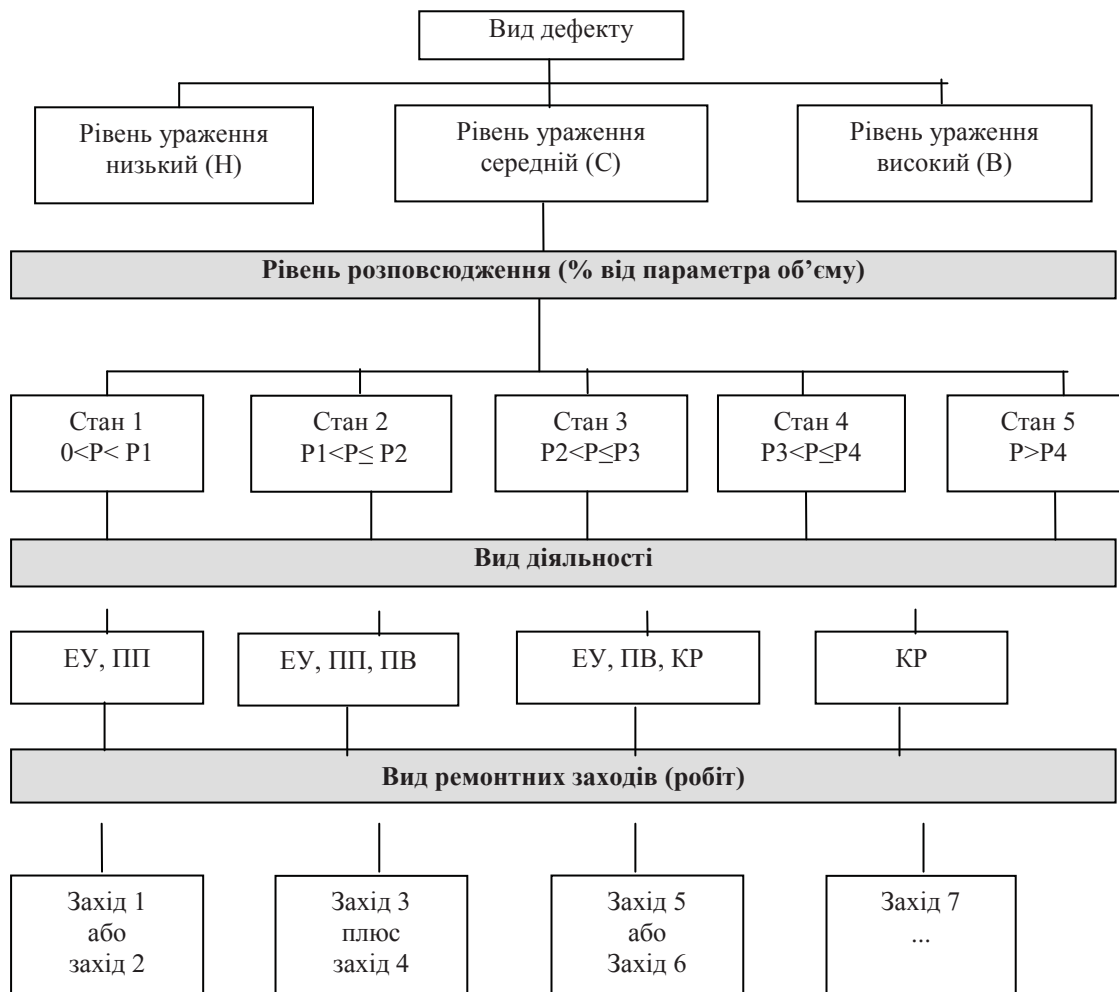
З метою призначення економічно доцільного в умовах істотних фінансових обмежень рівня утримання мостів й обґрунтування варіанта дій з їх поточного ремонту та утримання в процедурі оцінки експлуатаційного стану елементів мостів, доцільно внести уточнення щодо параметрів дефектів, на основі яких стан елемента зраховується до певного експлуатаційного стану.

Для створення конструктивної основи визначення рівнів втручання та відповідних обсягів робіт, а потім їх вартості і потреби в трудових і матеріально-технічних ресурсах дефекти елементів мостів пропонується характеризувати двома параметрами [3]:

1) рівнем серйозності (або рівнем ураження) (РС) – загальною мірою ступеня або “глибини” дефекту, наприклад, ширини тріщини. Зручна така градація: низький рівень (Н), середній рівень (С), високий рівень (В);

2) рівнем розповсюдження (РР) – мірою площі, довжини або іншого виміру кількості дефекту з цим рівнем серйозності, тобто як далеко цей дефект прогресував.

Кожному експлуатаційному стану елемента споруди відповідають певні інтервали ступеня розповсюдження дефекту з різним рівнем серйозності. Параметри цих інтервалів визначають вид діяльності, характер та обсяги робіт з усунення дефекту, їх повторюваність у часі та вартість (рис. 2).



ЕУ – утримання, ПП – поточний підтримуючий ремонт; ПВ – поточний відновлювальний ремонт, КР – капітальний ремонт

Рис. 2. Модель призначення ремонтних заходів

Наявність даних про рівень серйозності та рівень розповсюдження дефектів елементів мостів, накопичених в базі даних АЕСУМ, уможливить застосування математичних моделей і відповідних алгоритмів прогнозування об'ємів дефектів та оптимізації порядку та обсягів робіт з їх усунення.

Для прогнозу розвитку дефектів можна застосувати моделі та алгоритми так званих нейронних мереж [4], які дають змогу на основі спостережених даних про серйозність та розповсюдження дефектів визначити майбутні об'єми дефектів. Нейронні мережі нелінійні за своєю природою, а криві деградації залізобетонних елементів мають експоненційний характер.

Оптимізацію послідовності та обсягів робіт з поточного ремонту та утримання елементів мостів і мостів загалом доцільно здійснювати за допомогою генетичних алгоритмів [5, 6], тому що проблематичне використання градієнтних методів оптимізації в умовах існування локальних екстремумів і комбінаторної природи впливу послідовності ремонтних робіт на цільову функцію.

Для практичної реалізації пропонованого підходу потрібно розробити новий модуль АЕСУМ, функціональна схема якого наведена на рис. 3.

Основою для реалізації пропонованого підходу є накопичення інформації про названі параметри дефектів і облік виконаних робіт з їх ліквідації в базі даних АЕСУМ. Сучасний стан повноти даних в АЕСУМ ще недостатній, щоб розв'язати поставлену задачу. Це зумовлено недостатнім фінансуванням робіт з обстеження мостів. Тому на першому етапі можна скористатись приблизними експертними оцінками, які здійснюються з використанням апарату нечітких множин і нечіткої логіки [7, 8].

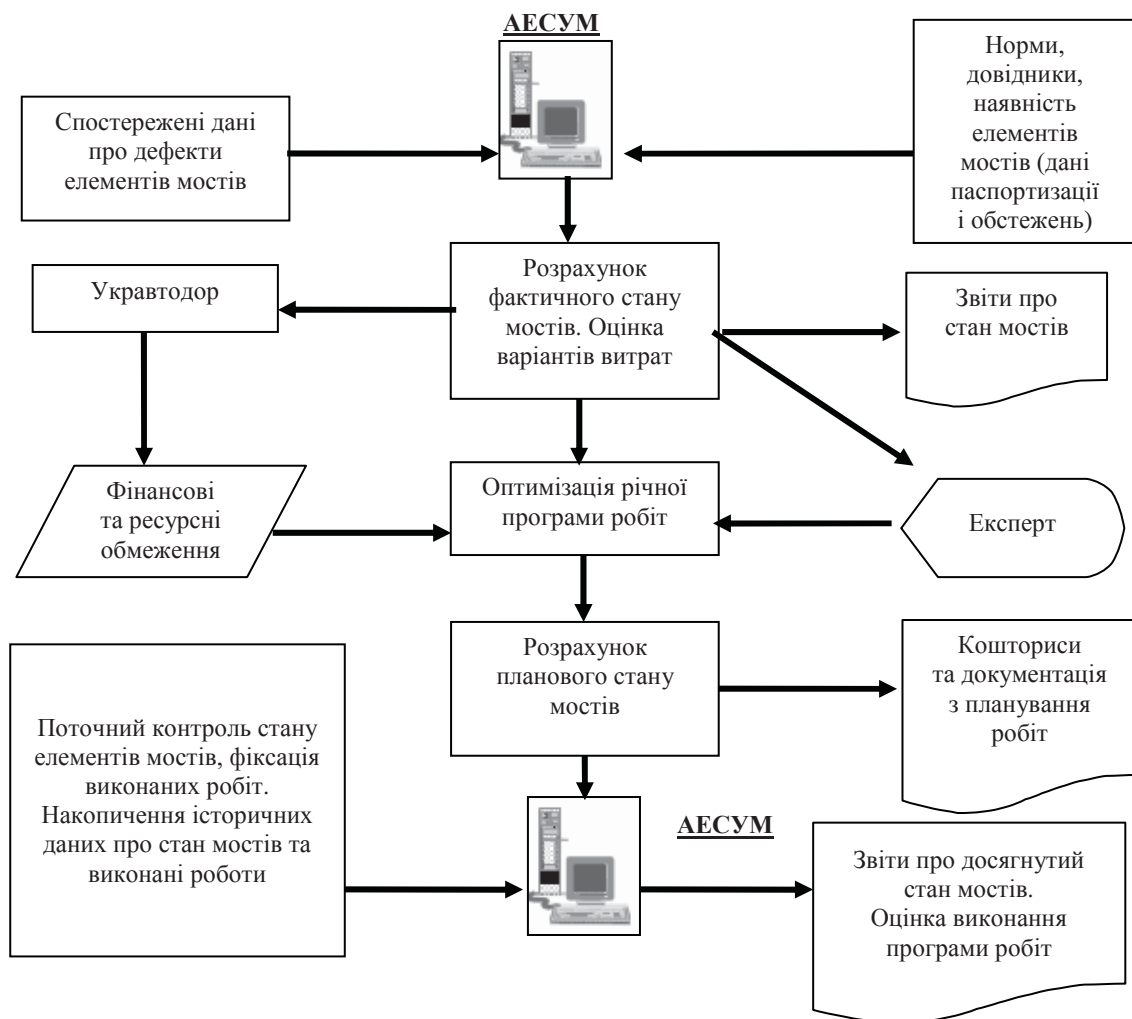


Рис. 3. Принципова схема функціонування модуля АЕСУМ з планування поточного ремонту та утримання мостів

**Висновки.** 1. Оцінка експлуатаційного стану мостів потребує уточнення на основі застосування рівнів серйозності і рівнів поширення дефектів елементів мостів.

2. Рівні утримання мостів можна обґрунтувати за допомогою оптимізації рівнів втручання створенням моделей прогнозу розвитку дефектів на основі математичного апарату нейронних мереж і генетичного алгоритму оптимізації послідовності виконання ремонтних робіт.

3. Реалізація запропонованого підходу потребує подальшого розвитку АЕСУМ: модифікації бази даних і розроблення додаткового модуля, який забезпечить практичну можливість раціональнішого розподілення обмежених бюджетних коштів поточного ремонту та утримання мостів.

4. Необхідне накопичення кількісних фактичних характеристик дефектів мостів у базі даних АЕСУМ.

1. Національний стандарт України. Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. ДСТУ-Н Б.В.2.3 – 23: 2009. 2. *Proposed Recommendations for a Pavement Distress Rating System And Score Calculation Procedures For Washington State Local Agencies.* Measurement Research Corporation, 2002, 49 pp. 3. *Mn/DOT Distress Identification Manual.* Office of Materials and Road Research Pavement Management Unit. – Minnesota Department of Transportation, 2003, 51 p.p. 4. Медведев В.С., Потемкин В.Г. *Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В.Г. Потемкина.* – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с. 5. *Генетические алгоритмы.* On Site: <http://www.neuroproject.ru/genealg.php> 6. *Recommendation on systematic decision making process associated with maintenance and reconstruction of bridges.* Strategic target Research Project. ARCHES, 2009. – 174 pp. 7. Zadeh L.A. *Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Process.* – В кн. *Fuzzy Sets and Application. Selected Papers by L.A. Zadeh.* Edited by R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen. – A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, New York, 1987. – P. 105–146. 8. Леоненков А.В. *Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.* – СПб: БХВ – Петербург, 2003. – 736 с.

УДК 624.042.5

С.С. Була, Т.В. Стойко

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ДІЇ МІСЦЕВОГО НАГРІВАННЯ

© Була С.С., Стойко Т.В., 2010

**Описано результати досліджень залишкової міцності залізобетонних елементів при дії місцевого нагрівання. Виконане порівняння отриманих експериментальних даних з теоретичними результатами.**

**Ключові слова:** залишкова міцність, місцеве нагрівання.

**This article describes the results of investigating the remain strength in reinforced concrete elements during local heating. The results were compared with theoretical figures.**

**Keywords:** remain strength, local heating.

**Вступ.** Сьогодні з економічних міркувань все частіше постає питання про можливість подальшого використання залізобетонних конструкцій, що зазнали нагрівання, зокрема місцевого. Оцінка технічного стану залізобетонних конструкцій після техногенних впливів необхідна для висновку щодо ступеня пошкодження та придатності таких конструкцій для нормальної подальшої експлуатації. Такий висновок надається на основі обстеження конструкцій споруди та перевірних розрахунків, виконаних спеціалістами. За результатами висновку визначають методи відновлення