

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ПОШКОДЖЕНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТІВ

При поточному утриманні штучних споруд у надійному стані виникає важливе питання: визначення ступеня дефектності та пріоритетності виконання ремонтних робіт на залізобетонних прогонових будовах, що знаходяться в експлуатації. Основною метою роботи є мінімізація впливу людського фактору на визначення пріоритетності проведення ремонтних робіт на дефектних штучних спорудах за допомогою наведеної методики.

Ключові слова: дефекти прогонових будов, ступінь небезпечного стану, пріоритетність ремонту, категорії дефектів, метод експертних оцінок

Вступ

Утримання залізничних мостів та шляхопроводів має забезпечувати їх справний стан для безперерйного та безпечного руху залізничного транспорту з установленими швидкостями. Крім того, утримання зазначених споруд має забезпечувати максимально тривалий термін служби. Для цього проводиться поточне утримання, що включає в себе нагляд і роботи по їх проведенню та капітальний ремонт. Основний принцип утримання – запобігання виникненню дефектів та пошкоджень у спорудах.

В процесі експлуатації залізобетонних прогонів мостів та шляхопроводів з часом виникають і накопичуються дефекти, які знижують несучу спроможність конструкції. За усіма штучними спорудами має проводитися систематичний нагляд, який включає періодичні огляди, обстеження та випробовування. При цьому особливу увагу слід приділяти слабким елементам споруд, місцям, в яких утворення тих чи інших дефектів найбільш ймовірно, елементам та вузлам, які мають дефекти, що істотно впливають на вантажопідйомність. В роботі використовуються результати обстежень, які проводяться спеціалістами за регламентом і фіксуються у відповідних документах (журнали обстежень, дефектні акти, карточки та книги споруд та ін.) відділів штучних споруд служби колії.

Мета дослідження

Розробка методики оцінки ступеня пошкодження залізобетонних прогонових будов залізничних мостів.

Визначення коефіцієнту впливу пошкодження на стан цих будов на основі експертних оцінок.

Зміст дослідження

Найпоширеніші дефекти розподіляються на 3 категорії, кожна категорія складається з кількох типів дефектів (від 5 до 6). Для споруд, які

знаходяться на обраній ділянці колії, складається база вихідних даних (пошкоджень та дефектів), які з часом накопичуються.

Пропонуються наступні категорії дефектів:

1 категорія – не впливають на несучу спроможність, але з часом можуть перейти в наступну категорію (усунення в поточному ремонті);

2 категорія - середня небезпечність;

3 категорія – найбільш небезпечні.

Пропонуються наступні допущення:

1. пріоритетність виконання робіт приймається по прогону з максимальним ступенем дефектності;
2. вплив дефектів кожної категорії враховується з відповідними коефіцієнтами k_i , які визначаються за допомогою методу експертних оцінок;
3. ступінь небезпечності дефектів визначається безрозмірними параметрами за відповідними категоріями і типами дефектів.
4. приймається, що вплив на стан прогонової будови однотипних дефектів не пропорційний їх кількості, а визначається згідно з множителем

$$\left[n_j^{(1-\frac{1}{n_j})} \right]^{-1}$$

Ступінь небезпечного стану (дефектний) одного залізобетонного прогону – S – будемо визначати як функцію коефіцієнтів вагомості дефектів D_{ij} , залежно від їх кількості у відповідній категорії, з урахуванням коефіцієнту впливу окремого типу дефекту відповідної категорії:

$$S_m = \sum_{k=1} f_j(D_{ij}), \quad (1)$$

де D_{ij} – дефекти i -тої категорії та j -го типу;

S – ступінь небезпечного стану прогону, і може бути від 0 до S_{\max} ($S = 0$ – прогін без дефектів;

m – номер прогону.

Перелік типових дефектів залізобетонних прогонових будов приведені в табл. 1.

Для першої категорії дефектів S_m показник ступеня стану прогону можна записати в наступному вигляді:

$$S_m = \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{ij} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)}, \quad (2)$$

де S_m – безрозмірний показник ступеня стану прогону;

n_j – кількість дефектів одного типу;

D_{ij} – i -тої категорії та j -го типу;

k_j – коефіцієнт впливу дефектів певної категорії на стан прогону;

p – кількість типів дефектів в одній категорії.

Таблиця 1

№	Умовне позначення дефекту	Описання дефекту	Категорія
1	2	3	4
1	D_{11}	Пошкоджені водовідвідні трубки, незакладені отвори навколо водовідвідних трубок, незакладені строповочні отвори	I
2	D_{12}	Сколи та раковини в бетоні без огоління робочої арматури	I
3	D_{13}	Місцями оголена іржава розподільча арматура	I
4	D_{14}	Окремі сухі потьoki вилугування	I
5	D_{15}	Незафарбовані усадочні мікротріщини з розкриттям до 0,3 мм	I
6	D_{21}	Порушення гідроізоляції баластного корита, потьoki вилугування цементного розчину з мікротріщин прогонової будови	II
7	D_{22}	Відшарування захисного шару, сколи бетону, раковини. Корозія (до 20 % площі) голої арматури	I
8	D_{23}	Розрив одного стержня арматури	II
9	D_{24}	Поздовжні та поперечні тріщини в консолях з вилугуванням розчину	II
10	D_{25}	Руйнування бетону в зоні шарнірів відкидних консолей, потьoki забруднення, вилугування цементного розчину з шарніру	II
11	D_{26}	Тріщини розкриттям більше 1мм, які не змінюють геометрію під навантаженням	II
12	D_{31}	Зруйнований захисний шар з оголінням іржавої арматури (більш як 20 % площі)	III
13	D_{32}	Обрив більше ніж одного стержня робочої арматури	III
14	D_{33}	Нахил відкидних консолей, тріщини в корні консолей	III
15	D_{34}	Тріщини, які змінюють розкриття під навантаженням	III
16	D_{35}	Наявність поперечних тріщин розкриттям більше 0,2 мм у попередньо-напружених прогонових будовах	III
17	D_{36}	Клас прогонової будови нижче класу навантажень	III

В цілому, для обраного прогону враховуємо всі 3 категорії дефектності, інформація про які знаходиться в актах обстежень мостів:

$$S_m = f_1(D_{ij}^I) + f_2(D_{ij}^{II}) + f_3(D_{ij}^{III}); \quad (3)$$

$$S_m = \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{1i} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)} + \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{2i} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)} + \sum_{j=1}^{p-1} \frac{n_j \cdot D_{3i} \cdot k_i}{n_j \cdot \left(\frac{1}{n_j}\right)}. \quad (4)$$

Коефіцієнт впливу дефектів певної категорії дефектів на стан прогону (k_j) залежить від характеру деформацій, місця розташування на прогоні в зоні небезпечного напружено-деформованого стану (наприклад: біля опори – тріщини зсуву, а також у найбільш розтягнутій зоні – по середині прогону). Коефіцієнт k_j визначається за методом експертних оцінок.

Метод експертних оцінок проектних рішень дозволяє визначити кількісну характеристику якості шляхом опитування спеціалістів високої кваліфікації та максимальної об'єктивізації їх відповідей за допомогою сучасних математичних методів та засобів, які виключають випадкові судження.

Для практичної оцінки ступеня впливу дефектів на стан прогонової будови була застосована модифікація метода Дельфі. Порядок та

схема дослідження впливу дефектів зображені на рис. 1.

Після постановки задачі та збору необхідних вихідних даних складається попередній перелік дефектів, які впливають на стан залізобетонної прогонової будови. Вся система попередньо відібраних для дослідження кількісних та якісних даних розбивається на декілька підсистем, які утворюють «дерево цілей», з тим, щоб по кожній гілці було не більше 7...9 показників (межа, яка рекомендується інженерною психологією для одночасної експертної оцінки спеціалістом). Складається список експертів, які є компетентними в області проведення ремонтних робіт мостів та шляхопроводів. Спеціалісти в анкетах проставляють кількісні відповіді на поставлені питання.



Рис. 1. Структурно-логічна схема методології експертної оцінки визначення ступеня пошкодження залізобетонних прогонових будов

Було прийнято 5-бальну шкалу, найбільш вагомому дефекту в даній анкеті присвоюється оцінка в 1 бал. Оцінка наступним дефектам за

ступенем їх впливу призначається шляхом зіставлення їх з самим вагомим.

При обробці заповнених анкет коефіцієнт вагомості i -го дефекту за оцінкою j -го експерта (x_{ij}) розраховувався за формулою:

$$x_{ij} = \frac{D_{ij}}{\sum_1^m D_{ij}} \quad (5)$$

де D_{ij} – оцінка вагомості i -го показника в балах, які дані j -тим спеціалістом;
 m – число експертів.

За результатами оцінки визначається середнє арифметичне значення коефіцієнтів вагомості впливу дефектів на стан залізобетонних прогонових споруд. Середнє значення коефіцієнтів вагомості дефектів впливу (x_{cp}) визначається за формулою:

$$x_{cp} = \frac{\sum_1^n \sum_1^m x_{ij}}{m}, \quad (6)$$

де n – число дефектів.

Узгодженість оцінок експертів визначається за допомогою коефіцієнту варіацій:

$$v_j = \frac{\sigma_j}{x_{cp}}; \quad (7)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{(x_{ij} - x_{cp})^2}{m}}, \quad (8)$$

де σ_j – середньоквадратичне відхилення оцінки j -го експерта від середньої оцінки, яка дана усіма експертами.

Внаслідок результатів оцінок 14 експертів на Придніпровській та Львівській залізницях, за розрахунком на основі метода експертних оцінок, отримано наступні дані:

- для I категорії $k_1 = 0,20$;
- для II категорії $k_2 = 0,33$;
- для III категорії $k_3 = 0,47$.

Використання запропонованої методики визначення ступеня пошкодження залізобетонних прогонових будов залізничних мостів розглянемо на прикладі.

Залізобетонні прогонові будови залізничного мосту на ділянці колії Красноармійськ-Новомосковськ ПК 159+430 м. Довжина мосту 247,6 м. Міст змішаний. Лр = $182 + 4 \times 32,9 + 66 + 18,2$. Прогонові споруди № 2, 3, 4, 5 – залізобетонні, з попередньо напруженого залізобетону, їздою верхом, двоблокові, виготовлені згідно типового проекту «Лентранс-проекта» у 1962 р. із змінами, які були внесені Дніпродіпротрансом у зв'язку зі зменшенням розрахункового прогону з 33,5 до 32,9 м. Розрахункове навантаження С-14.

Дефекти прогонових будов у відповідності до акту обстежень для зручності користування зведені у табл. 2, 3.

Таблиця 2

№ прогону	Дефекти I категорії				
	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}
1	2	5	-	12	3
2	3	7	-	10	3
3	3	10	4	7	3
4	2	10	5	12	6
5	4	7	4	9	4

Таблиця 3

№ прогону	Дефекти II категорії				
	D_{21}	D_{22}	D_{23}	D_{24}	D_{25}
1	3	4	-	3	-
2	3	4	-	2	-
3	6	3	-	6	-
4	6	4	-	6	-
5	6		-	5	-

Дефекти III категорії на даному об'єкті відсутні.

Згідно формули (4) визначаємо стан пошкодження прогонів мосту.

Результати показника ступеня стану прогонів наведені в табл. 4.

Таблиця 4

	I прогін	II прогін	III прогін	IV прогін	V прогін
S_m	6,39	6,37	9,67	8,75	5,19

Для автоматизованого розрахунку значення показника S_m розроблено програмний комплекс. Успішне функціонування цієї програми дає можливість регулярного поповнення дефектів та пошкоджень після кожного регламентованого обстеження або випробовування споруди, реалізації алгоритмів для виявлення об'єктивної оцінки стану мостів або перспективи їх подальшої експлуатації, подальшої розробки рекомендацій щодо негайного реагування у випадку виявлення стану, який загрожує безпечній експлуатації об'єкту.

Результати S_m для окремих прогонів порівнюються між собою, і визначається найбільш небезпечний, який і претендує на пріоритетність в ремонті.

В наведеному прикладі за результатами розрахунків отримуємо, що найбільш пошкодженим виявився III прогін мосту.

Таким чином, за допомогою наведеної методики значно зменшується вплив людського фактору у визначенні пріоритетності ремонту.

Максимальна ступінь небезпечного стану прогону споруди в даній роботі не співвідноситься з граничним станом споруди.

Допущення, коефіцієнти небезпеки та впливу в подальшому можуть уточнюватися.

На остаточне прийняття рішення щодо пріоритетності виконання ремонтних робіт також впливають:

1. Пріоритетні напрямки відновлювальних робіт, встановлених самою Укрзалізницею за затвердженим планом;

2. Наявність фінансування ремонтних робіт;

3. Вантажонапруженість ділянки колії.

Висновки

Наведена методика дає можливість об'єктивно оцінити стан пошкоджень залізобетонних прогонів залізничних мостів і може використовуватись при прийнятті управлінських рішень по складанню списку пріоритетності проведення ремонтних робіт мостів.

Коефіцієнт впливу k_i для кожної категорії визначається методом експертних оцінок. При цьому кількість дефектів по кожній категорії

може змінюватися відповідно до актів обстежень мостів, що досліджуються.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція по утриманню штучних споруд [Текст] / В. Ф. Сушков, Л. П. Ватуля, М. М. Литвінов та ін. – К.: Транспорт України, 1999. – 96 с.
2. Гусаков, А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства [Текст]. – М.: Стройиздат, 1974. – 252 с.
3. Експлуатація і реконструкція мостів [Текст] / Н. Є. Страхова, В. О. Голубев, П. М. Ковальов, В. В. Тодірка. – 2-е вид., випр. – К., 2002. – 408 с.
4. Иосилевский, Л. И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов [Текст] / Л. И. Иосилевский. – М.: НИЦ «Инженер», 2005. – 323 с.
5. Осипов, В. О. Содержание и реконструкция мостов [Текст] : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. О. Осипов, Ю. Г. Кузьмин, В. С. Анциперовский. – М.: Транспорт, 1986. – 327 с.
6. Перельмутер, А. В. Эксплуатационная надежность конструкций зданий и сооружений и нормы проектирования при реконструкции [Текст] / А. В. Перельмутер. – К.: Общ-во «Знание», 1991.

Надійшла до редколегії 24.11.2011.

Прийнята до друку 06.12.2011.

А. Н. ПШИНЬКО, И. В. САЛЬНИКОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

При текущем содержании искусственных сооружений в надежном состоянии возникает важный вопрос – определение степени дефектности и приоритетности проведения ремонтных работ на железобетонных пролетных строениях, которые эксплуатируются. Основная цель работы – это минимизация влияния человеческого фактора на определение приоритетности выполнения работ на дефектных искусственных сооружениях с помощью приведенной методики.

Ключевые слова: дефекты пролетных строений, степень небезопасного состояния, приоритетность ремонта, метод экспертных оценок

A. N. PSHIN'KO, I. V. SAL'NIKOVA

DETERMINING THE DEGREE OF DAMAGE FOR REINFORCED CONCRETE SPANS OF RAILWAY BRIDGES

The authors have considered an important issue, i.e. determining the degree of defectiveness and creating the maintenance schedule for the artificial structures to keep them in safe conditions during the exploitation. The main goal is to minimize the impact of human factors on prioritization of repairs among defective artificial structures by using the given method elaborated in the article.

Keywords: span defects, degree of unsafe condition, priorities of repairs, categories of defects, method of peer review