

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ МОСТІВ

У статті розглядаються методи оцінювання технічного стану залізобетонних залізничних мостів: метод класифікації, бальної оцінки та метод теорії ймовірності. Для отримання максимально точної оцінки запропоновано використовувати комплексний підхід, що включає в себе всі три методи.

Ключові слова: технічний стан, надійність, дефектність, відмова, прогонова будова

В статье рассматриваются методы оценки технического состояния железобетонных железнодорожных мостов: метод классификации, балльной оценки и метод теории вероятности. Для получения максимально точной оценки предложено применять комплексный подход, который включает в себя все три метода.

Ключевые слова: техническое состояние, надежность, дефектность, отказ, пролетное строение

Methods of technical state estimation, such as method of classification, mark estimation and law of probability method, are considering in this article. In order to receive maximal precise estimation it is proposed to use the complex way, which includes all three methods.

Keywords: technical estimation, reliability, presence of defects, superstructure

Постановка проблеми

Переважна кількість мостів, що експлуатуються на залізницях України, є залізобетонними. З практичного досвіду можна відзначити підвищення надійності і подовження довговічності мостів завдяки своєчасно виконаній оцінці технічного стану та проведенням ремонтним роботам. Вартість цих робіт значно нижча від вартості робіт з капітального ремонту чи заміни прогонових будов моста, тому науково обгрунтована оцінка технічного стану та прогнозування поведінки споруди в довгостроковій перспективі упродовж всього життєвого циклу моста може гарантувати істотну економію витрат на утримання і експлуатацію.

На даний час більша частина залізобетонних балкових залізничних мостів досягла віку близького до вичерпання фізичної або моральної довговічності. Встановлено, що більш впливовим на технічний стан споруди є фактор поточного утримання. Тобто через неефективну діяльність людей знижуються експлуатаційні характеристики споруд, скорочується строк їх служби та зменшується надійність всієї конструкції. Для того щоб підтримувати споруди у належному стані необхідні своєчасні міри по їх ремонту та експлуатації, а також наявність керівництва по оцінці їх технічного стану. Щоб отримати реальну оцінку технічного стану необхідно володіти вичерпною інформацією про конструктивні та експлуатаційні характеристики споруд, що знаходяться в експлуатації.

Проблема оцінки технічного стану набула значної актуальності через необхідність виконання науково обгрунтованих ремонтних робіт при обмеженому їх фінансуванні.

Постановка завдання

Метою дослідження є визначення дійсного технічного стану залізобетонних балкових прогонових будов залізничних мостів за допомогою комплексного підходу. Порівняння результатів, отриманих різними методами. Визначення надійності споруд та прогнозування їх поведінки у часі.

Виклад основного матеріалу досліджень

На основі [1] та фактичних даних, отриманих з карток штучних споруд, виконавчих креслень і звітів про суцільні огляди, методом класифікації виконано визначення фактичної вантажопідйомності залізобетонних балкових попередньо напружених прогонових будов двох мостів, що експлуатуються на Придніпровській залізниці.

При визначенні вантажопідйомності балкових залізобетонних прогонових будов враховуються такі показники:

- фактична міцність бетону та арматурної сталі, з яких виготовлена прогонова будова;
- фізичний стан (наявність дефектів, пошкоджень, що з'явилися у процесі експлуатації; вплив атмосферних опадів, інших факторів, що знижують вантажопідйомність будови);

- фактична товщина шару баласту під шпалою на прогоновій будові;
- поведінка прогонових будов під час проходження поїздів;
- якість заводського виготовлення і монтажу прогонових будов, а також їх підсилення або ремонту;
- фактичне зміщення осі колії відносно осі прогонової будови;
- конструкція прогонової будови і окремих її деталей.

Визначення вантажопідйомності залізобетонних балкових прогонових будов методом класифікації здійснюється за граничними станами першої групи на міцність та витривалість, а також у разі потреби за граничними станами другої групи на тріщиностійкість.

Принцип перерахунку прогонової будови методом класифікації полягає в тому, що для кожного її елемента визначають максимальну інтенсивність тимчасового рівномірно розподіленого навантаження, яке не викликає виникнення граничного стану за нормальної експлуатації споруди. Інтенсивність навантаження, розрахована таким чином, у подальшому називається допустимим тимчасовим навантаженням.

Допустиме тимчасове навантаження k визначають у одиницях еталонного навантаження k_{et} з урахуванням відповідного динамічного коефіцієнта $(1 + \mu)$. Кількість одиниць еталонного навантаження і є класом елемента прогонової будови за вантажопідйомністю і визначається за формулою:

$$K = \frac{\psi k}{k_{et} (1 + \mu)}$$

Значення k та k_{et} обчислюють для однієї і тієї ж лінії впливу в залежності від її довжини λ та положення вершини α .

За клас прогонової будови приймається найменший із класів її елементів.

Порівняння класу K будь-якого елемента прогонової будови за міцністю з відповідним класом рухомого складу K_0 [2], який обертається на ділянці або планується до введення в обертання, дозволяє зробити висновки про те, чи задовольняє це навантаження даний елемент або вся прогонова будова в цілому за своєю розрахунковою несучою здатністю.

В даній роботі виконано визначення вантажопідйомності методом класифікації для двох мостів з залізобетонними балковими попере-

дньо напруженими прогоновими будовами повною довжиною 16,5 м і 23,6 м.

Для прогонових будов довжиною 16,5 м отримане допустиме вертикальне навантаження становить 249,9 кН/м. Клас прогонової будови – 8,87.

Для прогонових будов довжиною 23,6 м – 227,0 кН/м. Клас прогонової будови – 8,47.

Еквівалентне навантаження від електровозів серії ВЛ8, що обертаються на ділянці, становить:

для прогонової будови довжиною 16,5 м – 74,646 кН/м. Клас навантаження – 3,82.

для прогонової будови довжиною 23,6 м – 80,575 кН/м. Клас навантаження – 4,15.

При порівнянні класів умова $K_0 < K$ виконується і пропуск рухомого складу можливий без обмеження по швидкості.

Другий метод, що застосовувався для оцінки технічного стану розглядуваних споруд це метод бальної оцінки [3]. Цей метод відноситься до експертних, коли оцінка технічного стану виконується на основі візуального огляду.

В даному методі враховуються тільки дефекти і пошкодження споруди, тому метод може слугувати для попереднього оцінювання і потребує уточнення.

У даній роботі для двох обраних мостів при оцінці технічного стану методом бальної оцінки використовуються результати останніх суцільних оглядів. Останній огляд мосту №1 був проведений у 2006 році, а мосту №2 – у 2005 році. У звітах наведені наявні дефекти та пошкодження у табличній формі, є фотографії та ескізи цих дефектів, а також наведені рекомендації щодо строків та способу їх усунення.

За результатами останніх обстежень отримані наступні оцінки:

- бальна оцінка стану для всього мосту №1: $K_{\text{бальн}} = 2,78$ (задовільно);

- бальна оцінка стану для прогонових будов мосту №1: $K_{\text{бальн}} = 3,98$ (добре);

- бальна оцінка стану для мосту №2: $K_{\text{бальн}} = 2$ (незадовільно);

- бальна оцінка стану для прогонових будов мосту №2: $K_{\text{бальн}} = 2$ незадовільно)

У першому випадку оцінка прогонової будови вища за оцінку всього мосту, а в другому випадку оцінки не відрізняються. Для першого мосту прогонова будова перебуває у доброму стані, а при врахуванні дефектів усіх елементів мосту бальна оцінка для споруди знижується через наявність елементів у гіршому стані.

Для другого мосту бальна оцінка прогону будови визначає бальну оцінку всієї споруди.

Третім методом, що застосовується для оцінки технічного стану залізобетонних балочних попередньо напружених прогонових будов є метод теорії ймовірності [4, 5]. Для цього на основі зібраної інформації, взятої із звітів суцільних обстежень та ремонтів споруд за різні роки, починаючи з моменту вводу споруди в експлуатацію і до теперішнього часу, методами теорії ймовірності визначається інтенсивність відмов, ймовірність знаходження споруди в бездефектному стані та ймовірність появи різних груп дефектів. Усі ймовірності представлені у вигляді графіків ймовірностей як функцій часу.

На основі даних про дефекти складається часова діаграма стану прогонових будов. Виділяється два стани споруд: дефектний (коли на прогонових будовах моста зафіксовано один або декілька дефектів) та бездефектний (коли на прогонових будовах моста наявність дефектів не зафіксована). Розрахунок ймовірності появи дефектів та переходу в інший дефектний стан розраховується на основі інтенсивності відмов (λ). Інтенсивність відмов знаходиться у межах від 0 до 1.

При розгляді груп дефектів визначені 15 станів дефектності для групи споруд із двох мостів. Стан споруди, коли одночасно зафіксована наявність декількох груп дефектів, позначається через X_i , ймовірність появи дефектів однієї групи в різних станах позначається через Q_i . При цьому бездефектний стан споруди позначається через X_2 . Стан споруд (X_i) складається з груп дефектів та їх комбінацій.

Для відображення зв'язків між станами споруд будуються структурні схеми. Структурні схеми представлені у вигляді графів (рис. 1 і 2).

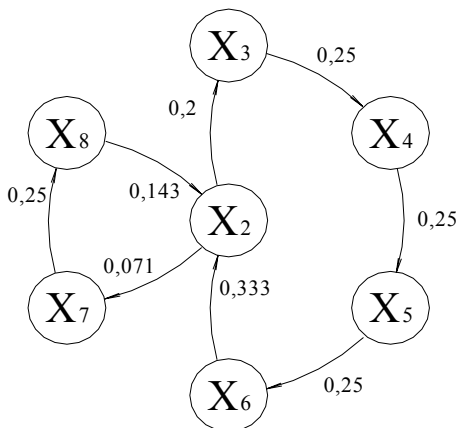


Рис. 1. Граф переходу із стану в стан для прогонових будов мосту №1

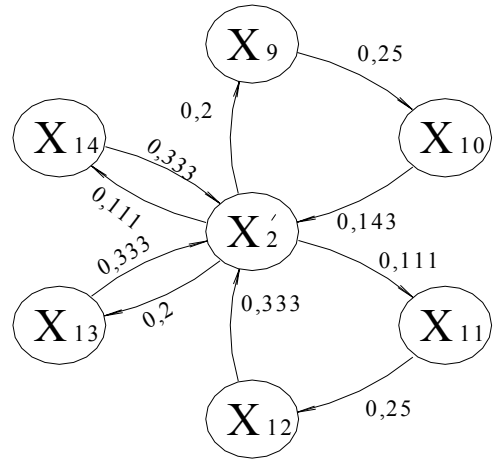


Рис. 2. Граф переходу із стану в стан для прогонових будов мосту №2.

Для визначення вірогідності знаходження споруд в бездефектному стані (X_2) та стані дефектності ($X_3...X_{14}$) складаються диференціальні рівняння:

$$\frac{dx_j}{dt} = \sum_{i=1}^n \lambda_{ij} X_i, \text{ де } j=1, n.$$

Рівняння вирішені за допомогою комп'ютерної програми Maple V Release 4.

Одержані результати представлені в вигляді графіків ймовірності одночасної появи різних груп дефектів (рис. 3 і 4), тобто станів мостів (X_i)

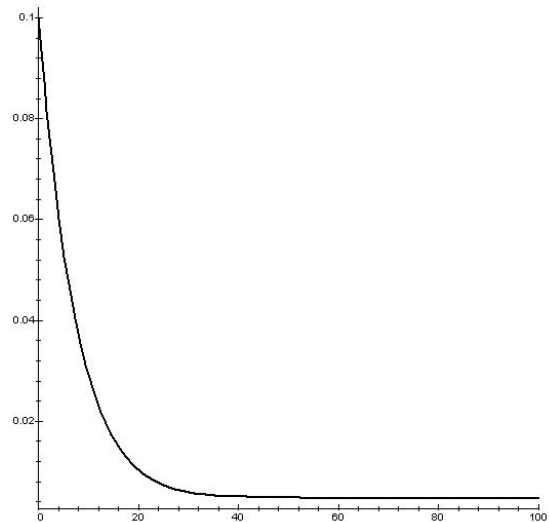


Рис. 3. Графік ймовірності знаходження прогонових будов мосту №1 у бездефектному стані

З графіків ймовірності знаходження споруди в бездефектному стані графічним методом для кожного з мостів визначається ймовірність появи дефектів (відмови).

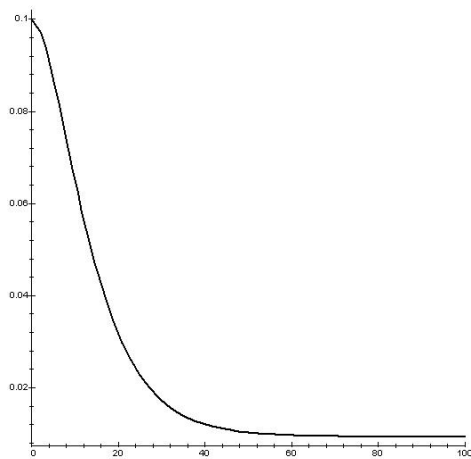


Рис. 4. Графік ймовірності знаходження прогонових будов мосту №2 в бездефектному стані.

Для першого мосту – 0,005.

Для другого мосту – 0,011.

За формулою $P_f = 1 - p_f$, згідно [6], визначається показник надійності для обох мостів.

Для першого мосту: $P_f = 1 - 0,005 = 0,995$.

Для другого мосту: $P_f = 1 - 0,011 = 0,989$.

Отримані показники надійності відповідають наступним експлуатаційним станам.

Для першого мосту: «Працездатний».

Для другого мосту: «Обмежено працездатний».

На основі розрахунків встановлено, що методи бальної оцінки та теорії ймовірності дають схожі результати, які відрізняються від результатів методу класифікації. Якщо в перших двох методах враховуються всі наявні на споруді дефекти, то в методі класифікації тільки дефекти, що знижують вантажопідйомність: тріщини в нижньому поясі, похилі тріщини у вертикальних стінках, тріщини, що відділяють плиту від ребра, пошкодження арматури. При розрахунках прогонових будов методом класифікації визначаються внутрішні сили, а методи бальної оцінки та теорії ймовірності робляться тільки на основі візуальних обстежень та випробувань. Отже комплексне застосування цих методів є одним із способів визначення правильної оцінки технічного стану залізобетонних залізничних мостів.

Висновки

На основі порівнянь отриманих результатів розрахунків можна зробити висновок, що окремо жоден з використаних методів не дає чіткої відповіді на основне питання цієї роботи. Недоліком кожного методу є використання у розрахунках ідеалізованих та спрощених моделей,

у яких не можливе урахування всіх діючих на конструкцію силових факторів, дефектів та пошкоджень. Проте можна сказати, що всі існуючі методи з оцінки технічного стану є ефективною базою для розробки більш досконалого способу визначення стану споруд.

Розробка і впровадження комплексного методу оцінки технічного стану мостів, що знаходяться в експлуатації, дозволить отримувати різносторонню і чітку картину про стан обраної споруди. Розвиток комплексного підходу в подальшому дасть можливість для створення настанов з оцінювання і прогнозування технічного стану залізничних мостів, що будуть містити обов'язкові норми та регламентовані положення з даного питання. Це дозволить пришвидшити строки оцінювання, поліпшити якість і точність оцінювання, робити більш відповідні рішення в плануванні ремонтних робіт та утримання споруд взагалі, визначати найбільш пріоритетні напрямки спрямування коштів та способи їх економії.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила визначення вантажопідйомності балкових залізобетонних прогонових будов залізничних мостів [Текст] / В.І. Борщов та ін. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. – 404 с.
2. Інструкція з визначення умов пропуску рухомого складу по металевих та залізобетонних залізничних мостах [Текст]: ЦП-0093: затвердж. Наказом Укрзалізниці № 354-Ц від 10.06.2002. – К.: Головн. управл. Колійного госп-ва Укрзалізниці, 2002. – 301 с.
3. Положение по оценке состояния и содержания искусственных сооружений на железных дорогах Союза ССР [Текст]: главн. управл. пути МПС СССР. – М.: Транспорт, 1991. – 28 с.
4. Соломка В.І. Експлуатаційна надійність балочних залізобетонних прогонових споруд залізничних мостів. Дніпропетровськ, 2003.
5. Соломка, В. И., Горобец, В. Л., Борщов, В. И. Оценка технического состояния железобетонных пролетных строений мостов и определение объема и структуры их текущего содержания [Текст] / В. И. Соломка, В. Л. Горобец, В. И. Борщов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2005. – Вип. 6. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2005. – С. 180-186.
6. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: 2009.

Надійшла до редколегії 20.05.2011.

Прийнята до друку 27.05.2011.