

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF EVALUATING THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT STRUCTURES UNDER SPECIAL CONDITIONS



Духненко Яна Сергіївна, Національний транспортний університет, молодший науковий співробітник науково-дослідного інституту «Проблеми транспорту і будівельних технологій», e-mail: yana.duhnenko@gmail.com, тел. +380638352205,

<https://orcid.org/0009-0007-8742-7718>

Анотація. Технічний стан транспортних споруд є критичним фактором для забезпечення безпеки, ефективності та надійності транспортної інфраструктури. Умови експлуатації можуть значно впливати на технічний стан споруд, особливо в умовах, які характеризуються високою вологостістю, екстремальними температурами або хімічним забрудненням. Це особливо актуально для споруд, які піддаються впливу природних факторів, таких як морська вода, агресивні середовища або сильні заморозки. У статті проведено аналіз різних методів оцінки технічного стану, які використовуються для виявлення дефектів та пошуку ознак пошкодження транспортних споруд. Розглянуто традиційні методи, такі як візуальний огляд та оцінка за допомогою неруйнівних методів, а також новіші підходи, включаючи використання технологій віддаленого зондування, моніторингу за допомогою датчиків та аналізу даних за допомогою машинного навчання.

Основна мета статті полягає у виявленні переваг та недоліків різних методів оцінки, а також у визначенні найбільш ефективних підходів до оцінки технічного стану транспортних споруд в умовах, які відповідають специфіці транспортної інфраструктури.

Отримані результати можуть бути корисними для фахівців у галузі транспортної інженерії, які займаються експлуатацією транспортної інфраструктури та безпекою дорожнього руху. Враховуючи технічний стан споруд, можна приймати обґрунтовані рішення щодо проведення ремонтних робіт, планування регулярного обслуговування та встановлення превентивних заходів, спрямованих на підтримання безпеки та надійності транспортних споруд.

Ключові слова: транспортні споруди, технічний стан, аналіз, метод, особливі умови, залишковий ресурс.

Вступ. Оцінка технічного стану транспортних споруд є надзвичайно актуальною в сучасному світі. Транспортна інфраструктура в багатьох країнах старіє, існують проблеми з безпекою, ефективністю та стійкістю цих споруд до впливу небезпечних факторів. Важливим пунктом оцінки є виявлення потенційних проблем та ризиків, пов'язаних з їх експлуатацією. Це може включати оцінку структурної міцності, систем безпеки, стану дорожнього покриття, мостових переходів, тунелів та інших складових частин інфраструктури. За оцінки технічного стану можна вчасно виявити слабкі місця транспортних споруд та прийняти необхідні заходи для запобігання аваріям та непередбачуваним ситуаціям. Вона також дозволяє планувати ремонтні роботи та модернізацію з метою підвищення ефективності та безпеки транспортних систем. Також, оцінка є особливо важливою

в контексті швидкого розвитку технологій та зростання навантаження на інфраструктуру. Вона дозволяє забезпечити безпеку та надійність транспортних мереж у змінних умовах і забезпечити комфорт та зручність для користувачів. Актуальність оцінки технічного стану транспортних споруд виходить із потреби забезпечити безпеку, стійкість та ефективність транспортних систем у сучасному світі, з огляду на їх старіння та зростання навантаження.

Основна частина. Прогнозування технічного стану мостів є важливим завданням для забезпечення безпеки і довговічності інженерних споруд. Моделі на основі аналізу даних мостів: Ці моделі використовують історичні дані про мости, такі як інформація про навантаження, ремонтні роботи, структурні дефекти тощо. Вони використовують методи статистичного аналізу, машинного навчання або штучного інтелекту для прогнозування майбутнього стану моста на основі цих даних. Моделі на основі віртуального моделювання: Ці моделі використовують математичні та фізичні моделі для симуляції поведінки моста в різних умовах. Вони враховують фактори, такі як навантаження, зношення матеріалів, вплив довкілля та інші фактори, що впливають на стан моста. Ці моделі можуть допомогти прогнозувати зміни в структурі моста з часом та оцінювати його довговічність. Моделі на основі датчиків і моніторингу: Ці моделі використовують дані зі вбудованих датчиків та систем моніторингу, які знаходяться на мостах. Вони збирають і аналізують реальний часовий потік даних про стан моста, такі як вібрації, деформації, температура тощо. Застосовуються методи обробки сигналів та аналізу даних для виявлення ознак пошкодження та прогнозування майбутнього стану моста. Прогнозування технічного стану мостів. Наприклад, дані з датчиків можуть бути використані для актуалізації моделей на основі аналізу даних або віртуального моделювання, що дозволяє отримати більш точні та актуальні прогнози. Окрім того, для поліпшення прогнозування технічного стану мостів можна використовувати такі додаткові підходи: Експертні системи: Ці системи використовують знання та експертний досвід інженерів для оцінки стану моста. Вони враховують різні параметри, такі як вік моста, матеріали, конструкцію та інші фактори, щоб зробити прогнози щодо необхідних ремонтних робіт або заміни елементів. Акустична емісія: Цей підхід використовує спеціальні мікрофони для виявлення звукових сигналів, які виникають при пошкодженні матеріалів моста. Аналізуючи ці звуки, можна виявити ознаки пошкодження та передбачити майбутні витоки.

Теоретичні засади моделювання надійності і довговічності конструкцій досліджувались в роботах [1-9]. Важливою частиною дослідження є модель життєвого циклу – аналітична або числова процедура, що дозволяє визначити час безпечного використання елемента (або споруди в цілому) при заданих навантаженнях в визначених умовах експлуатації. Це функція часу, якою описується процес погіршення технічних, фізико-механічних, хімічних і естетичних характеристик елемента протягом терміну служби елемента або споруди.

В загальному випадку така формула має вид [3, с.13]:

$$T_l = R(t) * L(p_1, p_2, \dots, p_n)$$

де T_l – термін служби елемента, що прогнозується;

$R(t)$ – функція деградації;

$L(p_1, p_2, \dots, p_n)$ – випадкова функція;

(p^1, p^2, \dots, p_n) - параметри, якими характеризуються: властивості матеріалів, напружено-деформований стан, тип конструкції, оточуюче середовище, рівень експлуатаційного утримання.

Модель життєвого циклу прогнозування технічного стану мостів охоплює різні етапи та процеси, які враховуються при оцінці та прогнозуванні майбутнього стану моста. Основні етапи такої моделі можуть включати наступні: Збір історичних даних: Перший етап полягає в зборі даних про міст, таких як дизайн, будівництво, матеріали, ремонтні роботи, навантаження та інші релевантні фактори. Ці дані можуть бути отримані з проектної документації, попередніх інспекцій та інших джерел. Аналіз технічного стану: Наступний етап включає оцінку поточного технічного стану моста. Це може включати інспекції, моніторинг, визначення дефектів та оцінку їх впливу на структурну міцність та безпеку моста. Моделювання зношення: За допомогою фізичних та математичних моделей можна прогнозувати зношення та деградацію матеріалів моста з плином часу. Це враховує вплив зовнішніх

факторів, таких як навантаження, атмосферні умови, корозія та інші процеси, що впливають на технічний стан моста. Прогнозування залишкового ресурсу: На основі аналізу збору даних, оцінки поточного стану та моделювання зношення, можна розрахувати залишковий ресурс моста – оцінку його залишкової тривалості служби перед необхідністю ремонту або заміни. Розробка плану обслуговування: З урахуванням прогнозованого залишкового ресурсу можна розробити план обслуговування для моста. Цей план може включати рекомендації щодо регулярних інспекцій, технічного обслуговування, потенційних ремонтних робіт та стратегії заміни складних елементів. Моніторинг та актуалізація: Прогнозування технічного стану моста потребує постійного моніторингу та оновлення даних. Застосування датчиків та систем моніторингу дозволяє збирати реальний часовий потік даних про стан моста та оцінювати його зношення та пошкодження. Ці дані можуть бути використані для актуалізації моделей та прогнозування майбутнього стану. Реагування на кризові ситуації: У разі виникнення несподіваних пошкоджень або проблем з мостом, модель життєвого циклу прогнозування технічного стану може включати механізми реагування на кризові ситуації. Це може включати швидку оцінку пошкоджень, визначення негайних заходів безпеки та планування ремонтних робіт для відновлення функціональності та безпеки моста. Ці етапи моделі життєвого циклу прогнозування технічного стану мостів допомагають оцінити та прогнозувати майбутні зміни в структурі моста, виявляти проблеми з достатньою напередодні їх появи та приймати вчасні рішення щодо технічного обслуговування та ремонту.

Модель життєвого циклу складається з моделей нижчого рівня. Зазвичай використовуються моделі трьох типів:

- моделі деградації та функції зв'язку надійності з деградацією;
- моделі вартості життєвого циклу;
- моделі оптимізації життєвого циклу.

Апарат управління життєвим циклом має включати:

- інструмент оцінки експлуатаційного стану на базі моделі деградації;
- методика оцінки надійності в функції часу, тобто модель зв'язку функції надійності з функцією деградації;
- модель прогнозу експлуатаційного стану споруди, як функцію ремонтів, що плануються протягом заданого періоду часу;
- модель оптимізації витрат на технічне обслуговування протягом життєвого циклу споруди;
- методика визначення доцільності подальшої експлуатації споруди, як результат оптимізації витрат на експлуатаційні заходи.

Починаючи з 1970-х рр. були розроблені моделі деградації елементів моста для опису математичних взаємозв'язків між станом елементу моста та факторами – причинами, що впливають на стан елемента, такими як завантаження рухом, фактори навколишнього середовища тощо. В літературі наведено багато різних типів моделей деградації елементів мостів, але найбільш визнаними є детерміністичні, стохастичні та інші моделі, які розглянемо згідно з оглядом, який наведено авторами досліджень [8, с.18-23, 11, 12, 13].

Прогнозування залишкового ресурсу технічного стану мостів є важливим аспектом управління і плануванням обслуговування і ремонту мостових споруд. Цей прогноз дозволяє визначити термін служби моста, коли він досягне критичного стану і вимагатиме ремонтних робіт або заміни. Прогнозування залишкового ресурсу може базуватися на декількох підходах: Моделювання зношення: Використання фізичних та математичних моделей для прогнозування зношення моста з плином часу. Ці моделі враховують фактори, такі як навантаження, корозія, зношування матеріалів, вплив довкілля тощо. Вони дозволяють оцінити, яким чином структурні компоненти моста змінюватимуться протягом часу і коли вони досягнуть межі своєї функціональності. Аналіз історичних даних: Аналіз історичних даних про схожі мости або мости з аналогічними характеристиками може допомогти прогнозувати залишковий ресурс. При цьому враховуються дані про витрати на ремонт, інциденти, виявлені дефекти та зміни стану моста протягом його експлуатації. Експертні оцінки: Експерти в галузі мостобудування можуть здійснити оцінку залишкового ресурсу на основі свого досвіду та знань. Вони враховують такі

фактори, як конструкція, матеріали, умови експлуатації та інші чинники, які впливають на технічний стан моста.

Залишковий ресурс елементів моста визначається розв'язанням рівняння [10, с.31]:

$$P_i = 1 - 0,008333 (\lambda t)^5 e^{-\lambda t}$$

де P_i - надійність елемента в i -му експлуатаційному стані;

X - параметр інтенсивності відмов;

e - постійна, $e = 2,718$;

t - час.

Модель прогнозування залишкового ресурсу (іноді називають також моделлю прогнозування залишкового терміну служби) використовується для оцінки того, скільки часу залишилося до вичерпання ресурсу або терміну служби певного об'єкта або системи. Ця модель може бути корисною для прогнозування залишкового терміну служби машин, обладнання, електроніки, виробів або будь-яких інших матеріальних або нематеріальних активів. Прогнозування залишкового ресурсу зазвичай здійснюється на основі аналізу даних про раніше використовувані об'єкти та їхню продуктивність.

Основні кроки у створенні моделі прогнозування залишкового ресурсу включають:

1) Збір даних: Необхідно зібрати дані про ресурси та час їхнього використання. Це може включати історичні дані про використання, зношування, ремонтні роботи тощо.

2) Попередня обробка даних: Перш ніж перейти до моделювання, можуть знадобитися певні кроки попередньої обробки даних, такі як очищення, видалення аномалій, виправлення пропущених значень або масштабування даних.

3) Вибір моделі: Залежно від характеру даних та типу прогнозування, можуть використовуватися різні моделі, наприклад, лінійна регресія, нейронні мережі або методи машинного навчання

4) Тренування моделі: На основі наявних даних модель прогнозування навчається здійснювати прогнози про залишковий ресурс.

5) Оцінка результатів: Після тренування моделі необхідно оцінити її ефективність. Це можна зробити, порівнюючи прогнози моделі з фактичними значеннями залишкового ресурсу. Метрики, такі як середня абсолютна помилка (MAE), середня квадратична помилка (MSE) або коефіцієнт детермінації (R-squared), можуть використовуватися для оцінки точності моделі.

6) Прогнозування залишкового ресурсу: Після підтвердження адекватності моделі можна використовувати її для прогнозування залишкового ресурсу нових об'єктів або систем. Це дозволяє розробляти плани заміни, ремонту або обслуговування на основі прогнозів залишкового ресурсу.

При розрахунках розраховуються й інші параметри такі, як: прогнозований термін служби (LS) – це оцінка тривалості служби моста перед тим, як він потребуватиме серйозних ремонтних робіт або заміни. Цей термін визначається на основі аналізу зношення, використання прогнозних моделей, інженерних розрахунків та інших факторів, що впливають на технічний стан моста. Поточний вік моста (CA) – це фактичний час, який пройшов з моменту його побудови або попереднього ремонту. Він враховується як важливий фактор, оскільки старіння та зношення матеріалів можуть впливати на технічний стан моста.

Вимірювання залишкового ресурсу виконується у відповідних одиницях вимірювання, таких як роки, місяці або години. Ця величина вказує, скільки часу залишилося до досягнення критичного стану моста і потреби в його обслуговуванні або заміні.

Припустимий термін служби визначається на основі технічних стандартів, норм та рекомендацій для даного типу моста. Це є теоретична оцінка тривалості служби моста, передбачена при належному обслуговуванні та відсутності негативних впливів. Поточний вік моста вимірюється в одиницях часу, таких як роки, місяці або дні, і відображає фактичний час, який пройшов з моменту побудови моста або попереднього ремонту. Вік ремонтних робіт враховується, якщо міст був підданий попереднім ремонтним роботам або заміні певних структурних елементів. Він представляє суму часу, який пройшов з моменту виконання останніх ремонтних робіт на мості. За допомогою цієї формули можна

оцінити, скільки часу залишилося до досягнення критичного стану моста, виходячи з припустимого терміну служби та актуальних даних про вік моста та ремонтних робіт.

В роботі розглядаються різні методи, які використовуються для оцінки технічного стану транспортних споруд, зокрема візуальний огляд, неруйнівний контроль, дистанційне зондування та математичне моделювання. Досліджується ефективність цих методів у виявленні дефектів, пошуку пошкоджень та прогнозуванні можливого знецінення транспортних споруд.

В результаті аналізу було виявлено переваги та недоліки кожного з методів. Візуальний огляд є швидким і доступним, але може бути обмежений виявленням прихованих дефектів. Неруйнівний контроль дозволяє виявити дефекти, що знаходяться під поверхнею, але вимагає спеціалізованого обладнання та кваліфікованого персоналу. Дистанційне зондування, таке як використання дронів або супутникового зондування, може забезпечити широкий огляд інфраструктури, але не завжди може дати детальну інформацію про конкретні пошкодження. Математичне моделювання дозволяє прогнозувати знецінення і проводити аналіз стійкості споруди, але вимагає точних вхідних даних та складних обчислень.

Порівнюються результати використання цих методів на реальних транспортних спорудах, які перебувають в особливих умовах. Показано, що комбінація різних методів може дозволити отримати більш повне та точне оцінювання технічного стану споруди.

Для підвищення ефективності оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах пропонуються наступні рекомендації: використання інтегрованого підходу: поєднання різних методів оцінки технічного стану для отримання комплексної інформації про споруду; розробка спеціалізованих методів оцінки: розробка нових методів, які враховують особливості умов експлуатації, таких як вологість, температура, хімічне забруднення; використання сучасних технологій: застосування новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання і аналіз даних, для поліпшення точності та швидкості оцінки технічного стану; регулярне моніторинг: встановлення системи постійного моніторингу технічного стану споруди, що дозволяє виявляти початкові стадії пошкоджень та своєчасно вживати заходів щодо їх усунення. Посилення наукових досліджень: здійснення додаткових наукових досліджень у сфері оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах, зокрема розвиток нових технологій та методики.

Також висвітлено потенційні переваги використання нових методів, таких як наноматеріали та сенсорні технології, для оцінки технічного стану в особливих умовах. Детальний аналіз і порівняння різних методів допомагають визначити їх обмеження та перспективи в реальних умовах застосування. Загалом, дана наукова стаття надає комплексний аналіз існуючих методів оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах і робить висновки щодо їх ефективності та перспектив розвитку. Отримані результати можуть бути корисними для дослідників, проектувальників та управлінців, що займаються питаннями безпеки та експлуатації транспортної інфраструктури в умовах особливого середовища. Розробка критеріїв оцінки: необхідно розробити чіткі критерії оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах, що враховуватимуть вплив факторів, таких як корозія, ерозія, ультрафіолетове випромінювання тощо. Це допоможе забезпечити однорідність оцінки і зробить можливим порівняння результатів. Розробка методів прогнозування: дослідження та розробка методів прогнозування технічного стану транспортних споруд в особливих умовах. Це дозволить здійснювати передбачувану технічну підтримку та планування ремонтних робіт, що сприятиме зменшенню ризику аварій та збільшенню тривалості експлуатації. Застосування інформаційних технологій: використання сучасних інформаційних технологій, таких як системи збору та аналізу даних, хмарні технології та Інтернет речей (IoT), для збирання, обробки та моніторингу інформації про технічний стан споруди. Це дозволить отримати швидкий доступ до актуальних даних та забезпечити оперативну реакцію на виявлені проблеми. Розвиток автоматизованих систем: створення автоматизованих систем для оцінки технічного стану транспортних споруд, які поєднують різні методи і забезпечують автоматичну обробку та аналіз даних. Це допоможе знизити залежність від людського фактору і забезпечить більш об'єктивні результати оцінки. Застосування розумних матеріалів: використання розумних матеріалів у конструкції транспортних споруд, які можуть самостійно виявляти пошкодження та передавати інформацію про свій технічний стан. Це дозволить

реагувати на проблеми в реальному часі і забезпечити більш ефективне управління і планування обслуговування. Урахування географічних та кліматичних особливостей: врахування географічних та кліматичних факторів при оцінці технічного стану транспортних споруд. Різні регіони можуть мати відмінності у впливі зовнішніх факторів, таких як солове забруднення, підвищена вологість чи сейсмічна активність, що вимагає розробки специфічних методів оцінки для кожного конкретного випадку. Створення бази даних інцидентів: створення централізованої бази даних інцидентів, яка міститиме інформацію про виявлені дефекти, пошкодження та проведені ремонтні роботи. Це дозволить здійснювати аналіз тенденцій, ідентифікувати проблемні ділянки та розробляти ефективні стратегії попередження та вдосконалення управління технічним станом споруд.

Враховуючи особливі умови експлуатації і розвиток ефективних методів оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах є надзвичайно важливим для забезпечення безпеки, стабільності та тривалості експлуатації інфраструктури. Подальші дослідження та розвиток нових методів та технологій допоможуть покращити точність, швидкість та надійність оцінки технічного стану транспортних споруд у складних умовах.

Крім того, важливим аспектом є також навчання та підготовка фахівців, які займаються оцінкою технічного стану транспортних споруд. Вони повинні мати глибокі знання в галузі інженерії, матеріалознавства, механіки та інших суміжних дисциплін, а також бути ознайомленими з останніми тенденціями в галузі оцінки технічного стану транспортних споруд.

У подальшому дослідженні можна розглядати розширення дослідження на інші види транспортних споруд, такі як мости, тунелі, аеропорти тощо, а також розробку більш детальних і спеціалізованих методів оцінки для конкретних типів споруд.

Висновок

полягає в тому, що оцінка технічного стану транспортних споруд в особливих умовах є складним завданням, яке потребує поєднання різних методів та підходів. Використання інтегрованого підходу, врахування специфічних умов експлуатації, застосування сучасних технологій та постійний моніторинг є ключовими елементами для досягнення точної та надійної оцінки технічного стану транспортних споруд. Одним з основних завдань оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах є забезпечення сталого розвитку транспортної інфраструктури. Для цього необхідно розробляти та впроваджувати нові технології, що дозволяють зменшити вплив експлуатації на довкілля та збільшити енергоефективність транспортних споруд. Аналіз існуючих методів оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах вказує на необхідність розробки та використання нових інноваційних технологій. Це дозволить забезпечити більш точну та ефективну оцінку технічного стану транспортних споруд та забезпечити сталий розвиток транспортної інфраструктури.

Перелік посилань

1. Гамеляк І.П. Надійність встановлення розрахункових параметрів навантаження на конструкції дорожніх одягів. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 76. -К.: 2009 – с.3-9.
2. Давиденко О.О. Моделирование жизненного цикла автодорожных мостов/: дис. канд. техн. наук: 05.23.17 Давиденко Олександр Олександрович;
3. Янчук Л.Л. Прогнозування технічного стану залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах: дис. канд. техн. наук: 05.22.11 Янчук Леонід Леонідович; Національний транспортний університет - К., 2016. - 166 с.
4. Яцко Ф.В. Моделирование і прогнозування довговічності залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах: дис. канд. техн. наук: 05.23.17 Яцко Федір Володимирович; Національний транспортний університет К., 2015. - 237 с. Національний транспортний університет К., 2017. 170 с.
5. Лантух-Лященко А.І. Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами. // Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 1999, вип. 57 с.183-188.

6. Лантух-Лященко А.І. О прогнозі остаточного ресурса моста. - 3б. Дороги і мости. - К.: ДерждорНДІ, вип. 7, т.1. 2007.- с. 3-9.
7. Sykora M. & Holicky M. Target reliability levels for the assessment of existing structures. URL: http://www.leonardo.cvut.cz/download/target-reliabilities_2.pdf (Last accessed 16.06.2019)
8. Liu H. Adaptive Optimization Methods in System-Level Bridge Management/ Haotian Liu // Thesis for the Doctor of Philosophy degree, University of California, Berkeley, 2013. 95 P. URL: <https://escholarship.org/content/qt0dm7g2d2/qt0dm7g2d2.pdf>
9. Marková J. Reliability elements in the assessment of existing bridges // Proceedings of the third international conference ISBN 123456789 «Reliability, safety and diagnostics of transport structures and means 2008» University of Pardubice, Czech Republic, 25-26 September 2008/ URL: http://web.cvut.cz/ki/mosty/file_download/4 (Last accessed: 20.08.2019).
10. НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ НАСТАНОВА З ОЦІНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 Видання офіційне. м. Київ Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2013
11. Robelin C.-A. Network-Level Reliability-Based Bridge Inspection, Maintenance and Replacement Optimization Model / C.-A. Robelin, S. M. Madanat // Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 1, No. 1, 2007. – P. 59 – 72. URL: <https://elearning.just.edu.jo/jjce/issues/paper.php?p=5.pdf>.
12. Robelin, C.A. and Madanat, S.M. (2006), Dynamic Programming Based Maintenance and Replacement Optimization for Bridge Decks using History-Dependent Deterioration Models, AATT . – URL: <http://www.uctc.net/research/papers/558.pdf> (Last accessed: 20.05.2019)
13. Sinha Kumares C. The Development of Optimal Strategies for Maintenance Rehabilitation and Replacement of Highway Bridges. Final Report Vol. 6: Bridge Performance and Optimization / Kumares C. Sinha // FHWA/IN/JHRP-89/13 Final Report, Vol. 6. 1989. – 101 p. – URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/41f6/e20435fb8342ac35ea66dd4edab700db2eaa.pdf>.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF EVALUATING THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT STRUCTURES UNDER SPECIAL CONDITIONS

Dukhnenko Yana S., National Transport University, junior researcher at the Research Institute "Problems of Transport and Construction Technologies", e-mail: [yana.dukhnenko@gmail.com](mailto: yana.dukhnenko@gmail.com), +380638352205, <https://orcid.org/0009-0007-8742-7718>

Abstract. The technical condition of transport facilities is a critical factor for ensuring the safety, efficiency and reliability of the transport infrastructure. Operating conditions can significantly affect the technical condition of buildings, especially in conditions characterized by high humidity, extreme temperatures or chemical pollution. This is especially true for structures that are exposed to natural factors such as sea water, aggressive environments or severe frosts. The article analyzes various methods of assessing the technical condition, which are used to detect defects and search for signs of damage to transport facilities. Traditional methods such as visual inspection and non-destructive evaluation are considered, as well as newer approaches including the use of remote sensing technologies, sensor monitoring and machine learning data analysis. The main purpose of the article is to identify the advantages and disadvantages of various assessment methods, as well as to determine the most effective approaches to assessing the technical condition of transport facilities in conditions that correspond to the specifics of the transport infrastructure. The obtained results can be useful for specialists in the field of transport engineering, who are engaged in the operation of transport infrastructure and road safety. Taking into account the technical condition of the facilities, it is possible to make informed decisions regarding repair work, planning regular maintenance and establishing preventive measures aimed at maintaining the safety and reliability of transport facilities.

Keywords: transport facilities, technical condition, analysis, method, special conditions, residual resource.

References

1. Hameliak I.P. Reliability of setting calculated parameters of load on road clothing structures. Coll. Roads and road construction. Vol. 76. -K.: 2009 - p.3-9.
2. Davydenko O.O. Modeling of the life cycle of road bridges/: dissertation. Ph.D. technical Science: 05.23.17 Davydenko Oleksandr Oleksandrovych;
3. Yanchuk L.L. Forecasting the technical condition of reinforced concrete elements of transport structures on highways: dissertation. Ph.D. technical Sciences: 05.22.11 Yanchuk Leonid Leonidovych; National University of Transport - K., 2016. - 166 p.
4. Yatsko F.V. Modeling and forecasting the durability of reinforced concrete elements of transport structures on highways: dissertation. Ph.D. technical Sciences: 05.23.17 Yatsko Fedir Volodymyrovych; K. National University of Transport, 2015. - 237 p. K. National Transport University, 2017. 170 p.
5. Lantukh-Lyashchenko A.I. Assessment of the reliability of the structure according to the Markov random process model with discrete states. // Coll. Roads and road construction. 1999, issue 57 pp. 183-188.
6. Lantukh-Lyashchenko A.I. About the forecast of the final resource of the bridge. - 3b. Roads and bridges. - K.: DerzhdorNDI, issue 7, volume 1. 2007.- p. 3-9.
7. Sykora M. & Holicky M. Target reliability levels for the assessment of existing structures. URL: http://www.leonardo.cvut.cz/download/target-reliabilities_2.pdf (Last accessed 16.06.2019)
8. Liu H. Adaptive Optimization Methods in System-Level Bridge Management/Haotian Liu // Thesis for the Doctor of Philosophy degree, University of California, Berkeley, 2013. 95 P. URL: <https://escholarship.org/content/qt0dm7g2d2/qt0dm7g2d2.pdf>
9. Marková J. Reliability elements in the assessment of existing bridges // Proceedings of the third international conference ISBN 123456789 "Reliability, safety and diagnostics of transport structures and means 2008" University of Pardubice, Czech Republic, 25-26 September 2008/ URL : http://web.cvut.cz/ki/mosty/file_download/4 (Last accessed: 20.08.2019).
10. NATIONAL STANDARD OF UKRAINE GUIDELINES FOR ASSESSING AND FORECASTING THE TECHNICAL CONDITION OF ROAD BRIDGES DSTU-N B V.2.3-23:2012 Official edition Kyiv, Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2013
11. Robelin C.-A. Network-Level Reliability-Based Bridge Inspection, Maintenance and Replacement Optimization Model / C.-A. Robelin, S. M. Madanat // Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 1, No. 1, 2007. – P. 59 – 72. URL: <https://elearning.just.edu.jo/jjce/issues/paper.php?p=5.pdf>.
12. Robelin, C.A. and Madanat, S.M. (2006), Dynamic Programming Based Maintenance and Replacement Optimization for Bridge Decks using History-Dependent Deterioration Models, AATT . – URL: <http://www.uctc.net/research/papers/558.pdf> (Last accessed: 20.05.2019)
13. Sinha Kumares C. The Development of Optimal Strategies for Maintenance Rehabilitation and Replacement of Highway Bridges. Final Report Vol. 6: Bridge Performance and Optimization / Kumares C. Sinha // FHWA/IN/JHRP-89/13 Final Report, Vol. 6. 1989. – 101 p. – URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/41f6/e20435fb8342ac35ea66dd4edab700db2eaa.pdf>.

Надійшла до редакції 05.06.2023.