

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ МОСТІВ

ANALYTICAL MODEL EXPERT ASSESSMENT CONDITION OF BRIDGES



*Башкевич Ірина Василівна*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», доцент, e-mail: [iv.bashkevych@gmail.com](mailto:iv.bashkevych@gmail.com), +380509292285

<https://orcid.org/0000-0001-7640-4317>



*Євсейчик Юрій Борисович*, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», доцент, e-mail: [jura\\_ntu@ukr.net](mailto:jura_ntu@ukr.net), +380442807978

<https://orcid.org/0000-0002-3507-4734>



*Медведєв Костянтин Володимирович*, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», професор, e-mail: [kvmedvediev@gmail.com](mailto:kvmedvediev@gmail.com), +380442807978

<https://orcid.org/0000-0002-0704-7093>



*Фаль Андрій Євгенійович*, кандидат технічних наук, ТОВ "Міжнародний проектний інститут", головний інженер, e-mail: [andrii.fal@idi.com.ua](mailto:andrii.fal@idi.com.ua), +380443840417

<https://orcid.org/0000-0003-3252-4952>



*Янчук Леонід Леонідович*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», доцент, e-mail: [leonid.ianchuk@gmail.com](mailto:leonid.ianchuk@gmail.com), +380442807978

<https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>

**Анотація.** Вступ. Окреслено постановку проблеми, актуальність обраної теми, проведено аналіз останніх досліджень, окреслено мету та завдання роботи. Технічний стан моста визначається станами конструктивних груп елементів. Для надання формалізованої оцінки стану споруди в цілому в

нормативних документах використовується показник експертного оцінювання. Таке оцінювання є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності споруди. В попередніх нормативних документах було запропоновано визначення експертної оцінки (виражена в балах) за емпіричними формулами, які за певних обставин не відповідали конкретному стану об'єкту (технічний експлуатаційний стан), визначеному за матеріалами обстеження. Тому виникла необхідність змінити підхід до цієї проблеми.

**Результати.** У викладенні основного матеріалу дослідження запропоновано числовий критерій технічного стану споруди, необхідний для практичної методики прогнозування експлуатаційного стану моста. Будь-яка будівельна конструкція складається з певної кількості елементів, стан яких впливає на загальний експлуатаційний стан споруди. Під час проведення обстеження з подальшим визначенням експертного оцінювання споруди слід урахувати не лише стан кожного елемента окремо, а й величину впливу кожного елемента на загальний стан конструкції в цілому. Для цього використовуються нормалізовані коефіцієнти впливу, які залежно від важливості кожного елемента, можуть змінюватись і набувати значень у діапазоні від 0 до 1, що в подальшому впливатиме на загальну оцінку конструкції. Ці вагові коефіцієнти впливу в роботі визначаються методом аналізу ієрархій.

**Висновки.** Запропоновано нову формулу рейтингового оцінювання та підведено підсумки роботи, окреслено перспективи подальших досліджень у цьому напрямі. Запропоноване визначення експертної оцінки є математично обґрунтованим і може бути узагальнено для визначення експертного оцінювання інших будівельних конструкцій. За допомогою методу ієрархій можуть бути розраховані також інші нормалізовані коефіцієнти впливу. Це дасть змогу значно розширити можливості експерта для прийняття рішень щодо вирішення питань проведення експлуатаційних заходів та видів ремонту.

**Ключові слова:** формалізоване експертне оцінювання, рейтинг споруди, експлуатаційний стан, дефект, визначальні елементи, коефіцієнти впливу, пошкодження, деградація, відновлення, реконструкція, капітальний ремонт.

### **Вступ**

Згідно з чинним нормативним документом ДСТУ-Н [1] для інтегрального оцінювання технічного стану моста введено формалізовану експертну оцінку споруди. Вона є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності споруди з урахуванням технічного стану всіх елементів конструкції [2, 3, 4,]. Формалізована експертна оцінка виражається числовим показником – рейтинг споруди, яка є середньозваженим значенням визначеного експлуатаційного стану споруди.

Рейтинг споруди застосовується для:

- для визначення потреби в ремонті, реконструюванні мостів та для планування експлуатаційних заходів у межах певної дорожньої мережі;
- для планування видатків на ремонт, реконструкцію або будівництво нового моста;
- служить у системі управління мостами показником потреби виконання експлуатаційних заходів, встановлення строків та видів ремонту, прийняття рішень щодо необхідності та доцільності заміни окремих елементів, виконання робіт з реконструкції або капітального ремонту.

Модель експлуатаційного оцінювання конструкції може бути використано для ранжування споруди в цілому для певної дорожньої мережі з огляду на необхідність проведення заходів з відновлення, може слугувати інструментом стратегічного планування видатків в умовах обмеженого фінансування.

Формула, за якою пропонується визначати експертну оцінку споруди і яку наведено в [1] та [5, 6], не охоплює всіх можливих комбінацій середньозваженого значення номера експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди. Тому використання запропонованих залежностей в окремих випадках може виявитись не коректним.

Рейтингова експертна оцінка споруди в цілому [1] має небезпечне завищення (покращення) експлуатаційного стану в більшості комбінацій оцінок стану кожної окремої групи елементів, що розглядалися. Таке завищення в значній мірі негативно впливає на визначення реальної надійності та довговічності мостів на об'єктному та мережевому рівнях. Очевидно, що формула рейтингової оцінки потребує удосконалення.

Саме це й було мотивацією для розроблення нової формули рейтингової мережевої оцінки.

**Мета і методи.** Оцінювання технічного стану всієї конструкції мосту (експертне оцінювання) залежить від технічного стану кожного з елементів споруди, а також від ступеню впливу цих елементів

на загальній стан конструкції. Отже визначення технічного стану мосту можна розділити на дві функціонально взаємопов'язані проблеми, а саме:

- визначення груп елементів мостової споруди, технічний стан яких впливає на рейтингову оцінку;
- призначення вагових коефіцієнтів групам елементів залежно від їхнього ступеню впливу на загальний стан конструкції мосту.

Згідно з чинними нормативними документами загальний технічний стан мостової споруди визначають за станом семи груп елементів:

- прогонова будова;
- опора та опорні частини;
- фундамент;
- проїзна частина;
- підходи;
- підмостове русло;
- регуляційні споруди.

Слід відмітити, що послідовність елементів зазначено в порядку ступеню їхнього впливу на технічний стан конструкції мосту - від більшого до найменшого. В загальному випадку може бути прийнято й інший порядок, на розсуд експерта. Три перші групи елементів, а саме прогонова будова, опора та фундамент є визначальними, бо саме вони найбільше впливають на загальний технічний стан усієї споруди. Останні чотири групи елементів мають менший вплив на технічний стан мосту. Отже загальний стан споруди визначається як найгірший стан визначального елементу (прогонової будови, опори або фундаменту). Наприклад, якщо стан прогонової будови  $D_1=2$ , стан опори -  $D_2=1$ , стан фундаменту -  $D_3=4$  вважається, що весь мостовий перехід знаходиться у четвертому експлуатаційному стані, відповідно до "теорії слабкої ланки".

Експлуатаційне оцінювання моста в цілому є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності з урахуванням стану всіх його елементів. Кількісним показником експертного визначення технічного стану споруди (мостового переходу в цілому) є формалізована експертна оцінка (рейтинг), яка визначається за шкалою безрозмірних коефіцієнтів  $E$  у балах від 100 до 20. Слід зауважити, що експертна оцінка конструкції в межах одного експлуатаційного стану може змінюватися в досить широких межах (до 20 одиниць) і залежати від технічного стану, в якому перебувають усі складові елементи конструкції. З огляду на те, що експертна експлуатаційна оцінка  $E$  служить показником необхідності виконання певних експлуатаційних заходів або прийняття рішень щодо необхідності наведених вище заходів, її коректне визначення є досить важливим і актуальним питанням.

**Результати і пояснення.** У рамках дослідження запропоновано числовий критерій технічного стану споруди в цілому, необхідний для практичної методики прогнозування експлуатаційного стану моста.

Пропонується розділити мости на три великі класи:

- міст через водну перешкоду;
- міст без регуляційних споруд;
- шляхопровід, естакада, віадук.

Така класифікація дає змогу виділити в першому класі (міст через водну перешкоду), сім груп елементів, характерних лише для цього виду споруди. Пропонується присвоїти вагові коефіцієнти  $\alpha_k$ ,  $k = 1, 7$  цим групам конструктивних елементів, які є типовими для всіх мостових споруд. Вони визначатимуть ступінь впливу групи елементів на експертну експлуатаційну оцінку  $E$ .

У роботі використано підхід, який засновано на методі аналізу ієрархій, за допомогою якого визначаються відносні вагові коефіцієнти впливу. Для цього складають матрицю порівнянь  $A$  відносно важливості різних критеріїв. У нашому випадку, це величини впливу на стан споруди кожної групи елементів. Послідовність складання матриці порівнянь  $A$  докладно викладено в роботах [7, 8]. Особливістю формування матриці  $A$  є те, що вона формується безпосередньо експертом і тому в залежності від його бачення може набувати різного вигляду. Слід зауважити, що при складанні матриці  $A$  необхідно звернути увагу на її узгодженість.

У будь-якій будівельній споруді можна виділити певну кількість елементів, від стану яких залежить її загальний експлуатаційний стан. Тому під час проведення експертного оцінювання споруди слід урахувати як стан кожного елемента окремо, так і величину його впливу на загальний стан

конструкції в цілому. З цією метою використовуються так звані нормалізовані коефіцієнти впливу, які в залежності від важливості даного елемента можуть змінюватись від 0 до 1 і які в подальшому впливатимуть на загальну оцінку конструкції.

Не зупиняючись детально на математичному обґрунтуванні даного метода відзначимо, що його суть полягає у вирішенні матричного рівняння типу:

$$A \cdot w = \lambda \cdot w, \quad (1)$$

де  $A$  – матриця попарних порівнянь порядку  $n$ ,  
 $n$  – кількість елементів (факторів), які впливають на стан споруди;  
 $\lambda$  – найбільше власне число матриці  $A$ ;  
 $w$  – вектор стовбець коефіцієнтів впливу, який має порядок  $n$ .

Згідно з методом ієрархій, матриця  $A = \{a_{ij}\}$  має бути зворотно-симетричною та узгодженою. Таким чином її коефіцієнти, для узгодженості матриці  $A$ , мають задовольняти умовам:

$$a_{ij} = \frac{a_{1j}}{a_{1i}}. \quad (2)$$

Узгодженість матриць можна пояснити на прикладі, проведення порівняння елементів за їхньою вагою. Наприклад, якщо елемент  $K_1$  у два рази важчий за елемент  $K_2$  ( $K_1 = 2K_2$ ) і в шість разів важчий за елемент  $K_3$  ( $K_1 = 6K_3$ ), то вочевидь, що  $2K_2 = 6K_3$ . Отже коефіцієнти для матриці  $A$  попарних порівнянь елементів  $K_i$  будуть:

$$a_{12} = 2; a_{13} = 6; a_{23} = \frac{a_{13}}{a_{12}} = 6/2 = 3.$$

Таким чином, коефіцієнти  $a_{12}$ ,  $a_{13}$ ,  $a_{23}$  задовольняють умові (2) і є узгодженими. Зауважимо, що в загальному випадку метод ієрархій може бути застосовано й для неузгоджених матриць порівнянь.

Неважко побачити, що на головній діагоналі узгодженої матриці будуть розташовані одиниці, а для визначення всієї матриці необхідно задати тільки коефіцієнти першого рядка  $a_{12}$ ,  $a_{13}$  ...  $a_{1n}$ . Усі інші коефіцієнти матриці  $A$  будуть визначатись за допомогою співвідношення (2). Підкреслимо, що коефіцієнт  $a_{1i}$  визначає у скільки разів елемент (фактор) під номером 1 має більший вплив (або менший) на елемент вищого рівня, ніж фактор під номером  $i$ . Як правило, фактори, що впливають на стан конструкції, розподіляються від більшого до меншого, тому коефіцієнти першого рядка  $a_{1i}$  збільшуються із збільшенням  $i$ .

Значення  $a_{1i}$  визначає експерт на основі всієї наявної у нього інформації про поведінку конструкції та її елементів. У більшості задач для визначення коефіцієнтів  $a_{1i}$  прийнято використовувати фундаментальну шкалу переваг (шкала відносної ваги), в якій  $a_{1i}$  можуть змінюватись від 1 до 9. Фундаментальну шкалу переваг (шкала відносної ваги) наведено у таблиці 1.

Слід зауважити, що в залежності від думки експерта, який проводить порівняння факторів, можливі також інші значення коефіцієнтів  $a_{1i}$  і навіть не цілі числа.

Як відомо з теорії матриць, для узгоджених матриць найбільше власне число дорівнює порядку матриці  $n$ , а елементи власного вектору визначаються з рівняння:

$$w_i = \sqrt[n]{\prod a_{ij}}. \quad (3)$$

Після нормалізації елементів  $w_i$  отримуємо нормалізовані коефіцієнти впливу  $\alpha_i$ :

$$\alpha_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^n w_j}. \quad (4)$$

Вочевидь, їх сума має дорівнювати одиниці, тобто:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1. \quad (5)$$

Таким чином нормалізовані коефіцієнти  $\alpha_i$  визначають відносний вплив фактору  $i$  на стан конструкції в цілому.

Таблиця 1 Фундаментальна шкала переваг (шкала відносної ваги)  
Table 1 Fundamental scale of preferences (scale of relative weight)

Коефіцієнти попарних порівнянь $a_{ij}$	Значимість порівнюваних факторів
1	Однакова важливість порівнюваних елементів ієрархії. Обидва елементи, що порівнюються, мають однакову значимість для елемента вищого рівня
3	Помірна перевага $i$ -го елемента ієрархії над $j$ -тим. Попередній досвід та оцінка свідчать про трохи більшу значущість одного елемента в порівнянні з іншим
5	Істотна або суттєва перевага $i$ -го елемента. Попередній досвід та оцінка свідчать про більш високу значущість одного елемента в порівнянні з іншим
7	Значна перевага $i$ -го елемента.
9	Дуже значна перевага $i$ -го елемента. Мова йде про максимально можливу (абсолютну) різницю між двома елементами
2, 4, 6, 8	Проміжні ступені переваги. Значення знаходяться в інтервалі між визначеними вище балами значущості

Як приклад, можна розглянути визначення коефіцієнтів впливу для мостової споруди, яка відповідно до [2] складається з семи вищенаведених структурних елементів.

Зауважимо, що елементи (прогонова будова, опора та опорні частини, фундамент, проїзна частина, підходи, підмостове русло, регуляційні споруди) розташовано в порядку зменшення їхнього впливу на всю конструкцію в цілому.

Перші три структурні елементи є визначальними, за технічним станом цих елементів було визначено загальний стан конструкції мосту, тому вони займають перші пріоритетні три місця. Що стосується порядку розміщення визначальних елементів, тут автори виходили з таких міркувань. Оскільки прогонова будова є елементом, який з певною часткою ймовірності є найбільш вразливим елементом мостової конструкції, а її стан значно впливає на стан мосту в цілому, тому вона займає перше місце. Далі в порядку зменшення вразливості було розташовано опори мосту та фундаменти. Ці елементи значно рідше мають пошкодження ніж прогонові будови, тому займають друге і третє місця відповідно. Керуючись аналогічними міркуваннями відносно впливу решти структурних елементів моста на загальний стан споруди, ці елементи було розміщено в послідовності: проїзна частина, підходи, підмостове русло, регуляційні споруди.

Ураховуючи фундаментальну шкалу переваг, наведену в таблиці 1, обираємо такі коефіцієнти попарного порівняння факторів:

$$a_{11}=1,0; a_{12}=1,2; a_{13}=1,2; a_{14}=3; a_{15}=6; a_{16}=8; a_{17}=9.$$

Тоді матриця порівнянь  $A=\{a_{ij}\}$ , визначена за допомогою співвідношень (2), набуває вигляду:

$$A = \begin{bmatrix} 1,00 & 1,20 & 1,20 & 3,00 & 6,00 & 8,00 & 9,00 \\ 0,83 & 1,00 & 1,00 & 2,50 & 5,000 & 6,67 & 7,50 \\ 0,83 & 1,00 & 1,00 & 2,50 & 5,00 & 6,67 & 7,50 \\ 0,33 & 0,40 & 0,40 & 1,00 & 2,00 & 2,67 & 3,00 \\ 0,17 & 0,20 & 0,20 & 0,50 & 1,00 & 1,33 & 1,50 \\ 0,13 & 0,15 & 0,15 & 0,38 & 0,75 & 1,00 & 1,13 \\ 0,11 & 0,13 & 0,13 & 0,33 & 0,67 & 0,89 & 1,00 \end{bmatrix}. \quad (6)$$



Використовуючи співвідношення (3), визначаємо відповідні коефіцієнти власного вектору  $w_i$

$$w_1 = 2,93; w_2 = 2,44; w_3 = 2,44; w_4 = 0,98; w_5 = 0,49; w_6 = 0,37; w_7 = 0,33. \quad (6)$$

Після нормалізації компонент (6) згідно з (4) остаточно отримуємо нормалізовані коефіцієнти впливу  $\alpha_i$ :

$$\alpha_1 = 0,29; \alpha_2 = 0,24; \alpha_3 = 0,24; \alpha_4 = 0,10; \alpha_5 = 0,05; \alpha_6 = 0,04; \alpha_7 = 0,03.$$

Перевірка умови (5) показує, що сума  $\sum_{i=1}^7 \alpha_i = 0,99$ . Для задоволення умови (5) приймаємо  $\alpha_1 = 0,30$ .

За аналогічною процедурою можна визначити нормалізовані коефіцієнти впливу для мостів без регуляційних споруд. Ураховавши, що для таких споруд стан споруди буде визначатися за станом шести груп елементів (регуляційні споруди відсутні), нормалізованих коефіцієнтів впливу  $\alpha_i$  буде шість (прогонова будова, опора та опорні частини, фундамент, проїзна частина, підходи, підмостове русло):

$$\alpha_1 = 0,31; \alpha_2 = 0,25; \alpha_3 = 0,25; \alpha_4 = 0,10; \alpha_5 = 0,05; \alpha_6 = 0,04.$$

Для шляхопровід, естакад та віадуків кількість нормалізованих коефіцієнтів впливу  $\alpha_i$  буде п'ять (прогонова будова, опора та опорні частини, фундамент, проїзна частина, підходи):

$$\alpha_1 = 0,33; \alpha_2 = 0,26; \alpha_3 = 0,26; \alpha_4 = 0,11; \alpha_5 = 0,04$$

Слід звернути увагу, що метод ієрархій (порівнянь) є стійким. Тобто невелика різниця при визначенні коефіцієнтів порівнянь  $a_{1i}$  не призводить до значної відмінності нормалізованих коефіцієнтів впливу  $\alpha_i$ . Даний метод зарекомендував себе як потужний метод прийняття оптимальних різнопланових рішень, як технічних так і соціально-економічних задач.

Із загальних міркувань щодо визначення рейтингу споруди в цілому можна сформулювати вимоги до експертного оцінювання:

а) загальний стан конструкції в цілому  $D$  має визначатися за найгіршим станом визначальної групи (прогонової будови, опори або фундаменту) елементів або окремого визначального елемента в групі  $D = i = \max(D_1, D_2, D_3)$ ;

б) рейтингова оцінка не може виходити за межі бальної оцінки загального стану споруди (1 стан споруди – 100 ÷ 95 балів, 2 стан споруди – 95 ÷ 80 балів, 3 стан споруди – 80 ÷ 60 балів, 4 стан споруди – 60 ÷ 40 балів, 5 стан споруди – 40 ÷ 20 балів).

Ураховуючи вищенаведені вимоги, пропонується визначення експертної оцінки  $E$  технічного стану споруди проводити за формулою:

$$E = E_i - \Delta E_i, \quad (7)$$

де  $E_i$  – верхня межа інтервалу зміни експертної оцінки для  $i$ -го експлуатаційного стану, в якому знаходиться конструкція в цілому ( $E_1 = 100$ ;  $E_2 = 95$ ;  $E_3 = 80$ ;  $E_4 = 60$ ;  $E_5 = 40$ );

$\Delta E_i$  – величина зменшення балів експертної оцінки за рахунок станів усіх груп елементів визначається за формулою:

$$\Delta E_i = c_i \sum_{k=1}^7 \alpha_k (D_k - 1), \quad (8)$$

де  $D_k$  - номер експлуатаційного стану, в якому перебуває  $k$ -та група конструктивних елементів (у даному випадку  $k = \overline{1,7}$ ) згідно з класифікацією, наведеною в ДСТУ [1];

$c_i$  – коефіцієнт пропорційності, який визначається з рівняння (8) за умови, що  $\Delta E_i$  приймає максимально можливе значення в інтервалі своєї зміни для  $i$ -го стану. Отже при розрахунку  $c_i$  приймається, що  $D_1 = D_2 = D_3 = i$ ,  $D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = 5$ , таким чином отримуємо:

$$\begin{aligned}c_1 &= \frac{\Delta E_{1,\max}}{4(\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7)}; \\c_2 &= \frac{\Delta E_{2,\max}}{(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) + 4(\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7)}; \\c_3 &= \frac{\Delta E_{3,\max}}{2(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) + 4(\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7)}; \\c_4 &= \frac{\Delta E_{4,\max}}{3(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) + 4(\alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7)}; \\c_5 &= \frac{\Delta E_{5,\max}}{4} = \frac{20}{4} = 5,0,\end{aligned}\tag{9}$$

де -  $\Delta E_{i,\max}$  - максимальне зменшення величини експертного оцінювання в залежності від стану конструкції  $E_i$  ( $\Delta E_{1,\max} = 5$ ,  $\Delta E_{2,\max} = 15$ ,  $\Delta E_{3,\max} = \Delta E_{4,\max} = \Delta E_{5,\max} = 20$ ).

### Висновки

У роботі запропоновано підхід до визначення експертного оцінювання моста в цілому з урахуванням експлуатаційного стану кожної групи складових конструкції мосту. За допомогою нормалізованих коефіцієнтів впливу  $\alpha_i$  враховано відносний вплив складових на стан конструкції в цілому. В роботі пропонується нормалізовані коефіцієнти впливу (або вагові коефіцієнти)  $\alpha_i$  визначати за методом ієрархій. На відміну від формули, наведеної у [1], авторами запропоновано логічну формулу, в якій задіяно математично обґрунтовані коефіцієнти впливу.

Запропоноване визначення  $E$ , експертної оцінки, є логічним, а також математично обґрунтованим, і може бути узагальнено для визначення експертного оцінювання інших будівельних конструкцій. Експерт, який проводить оцінювання стану конструкції, за вищенаведеною моделлю, може змінювати як число визначальних елементів так і загальну кількість складових елементів, за якими визначається стан конструкції. За допомогою методу ієрархій можуть бути розраховані також інші нормалізовані коефіцієнти впливу. Це дає змогу розглядати модель як динамічну, значно розширює можливості експерта для прийняття рішень щодо потреби виконання експлуатаційних заходів, видів ремонту, прийняття рішень, виконання робіт з реконструкції або капітального ремонту.

Рейтингова оцінка, визначена таким чином, не буде виходити за межі бальної оцінки загального стану споруди. А також надасть змогу для більш точного та коректного аналізу потреби в ремонті, реконструюванні мостів, та плануванні експлуатаційних заходів, видатків на проведенні відповідних видів ремонтних робіт або на будівництво нового моста. Також дозволить автоматизувати процес прийняття рішень стосовно необхідності виконання експлуатаційних заходів, а також визначення строків та видів ремонту.

### Перелік посилань

1. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» Мінрегіон України, К.: 2013;
2. ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» Мінрегіон України, К.: 2022;
3. Лантух-Лященко А.І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації. Вісник транспортної академії України, №3, Київ: 1999.-с. 59-63.

4. Лантух-Лященко А.І. Нормативне регулювання у сфері проектування і експлуатації мостів. Вестник Харьковського національного автомобільно-дорожного університету. Вып.58, Харьков, изд. ХНАДУ: 2012.- С. 7 – 15.
5. Лантух-Лященко А.І. В поісках концепції управління довговечністю елементів залізобетонних автодорожніх мостів. Зб. Наук. праць «Проблеми транспорту», вип. 9. НТУ. – К.: 2012, с. 215-223.
6. Лантух-Лященко А. И. Новая модель прогноза жизненного цикла железобетонных элементов мостов. Зб. Технічне регулювання у будівництві та архітектурі – Вип.2.К.: 2016 с.23-31.
7. Т. Саати Принятие решений, Метод анализа иерархий. Радио и связь. Москва: 1993. 278 с.
8. Хэмди А. Таха Введение в исследование операций. Издательский дом «Вильямс». Москва. Санкт-Петербург. Киев. 2001. 911 с.

#### ANALYTICAL MODEL EXPERT ASSESSMENT CONDITION OF BRIDGES

**Bashkevych Iryna V.**, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Assistant Professor, e-mail: [iv.bashkevych@gmail.com](mailto:iv.bashkevych@gmail.com), +380442807978, <https://orcid.org/0000-0001-7640-4317>.

**Yevseichyk Yurii B.**, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Associate Professor, e-mail: [jura\\_ntu@ukr.net](mailto:jura_ntu@ukr.net), +380442807978, <https://orcid.org/0000-0002-3507-4734>.

**Medvediev Kostiantyn V.**, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Professor, e-mail: [kvmedvediev@gmail.com](mailto:kvmedvediev@gmail.com), +380442807978, <https://orcid.org/0000-0002-0704-7093>.

**Fal Andriy E.**, Candidate of Engineering Sciences, Limited liability company international design institute, Chief Engineer e-mail: [andrii.fal@idi.com.ua](mailto:andrii.fal@idi.com.ua), +380443840417, <https://orcid.org/0000-0003-3252-4952>

**Yanchuk Leonid L.**, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Associate Professor, e-mail: [leonid.ianchuk@gmail.com](mailto:leonid.ianchuk@gmail.com), +380442807978, <https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>.

**Abstract. Introduction.** The statement of problem, the relevance of the chosen topic, an analysis of latest research, and purpose and tasks of work are outlined. The technical condition of bridge is determined by condition of structural groups of elements. In order to provide a formalized assessment of condition of building as a whole, the expert assessment indicator is used in regulatory documents. This assessment is a generalized characteristic of operational suitability of structure. In previous normative documents, it was proposed to define the expert assessment (expressed in points) according to empirical formulas, which under certain circumstances did not correspond to the specific condition of object (technical operational condition) determined by survey materials. Therefore, it became necessary to change the approach to this problem.

**The results.** In the presentation of the main material of the study, a numerical criterion technical condition of the structure is proposed, which is necessary for a practical method of forecasting operational condition of the bridge. Any building structure consists of a certain number elements, condition of which affects the overall operational condition structure. During survey with the subsequent determination of the expert assessment structure, not only the condition of each element separately, but also impact of each element on the general condition of structure as a whole should be taken into account. For this, normalized influence coefficients are used, which, depending on the importance of each element, can change and acquire values in the range from 0 to 1, which will subsequently affect overall evaluation of the structure. These weighting coefficients of influence in the work are determined by the method of analysis of hierarchies.

**Conclusions.** A new rating evaluation formula is proposed, results of the work are summarized, and prospects for further research in this direction are outlined. The proposed definition of expert evaluation is mathematically justified and can be generalized for the definition of expert evaluation other building structures. Using method of hierarchies, other normalized influence coefficients can also be calculated. This will make it possible to significantly expand the capabilities of expert for decision-making regarding the implementation of operational activities and types of repairs.

**Key words:** formalized expert assessment, building rating, operational condition, defect, defining elements, impact factors, damage, degradation, restoration, reconstruction, overhaul.



**References**

1. DSTU-NB V.2.3-23:2012 "Instructions for evaluating and forecasting the technical condition of road bridges" Ministry of Regions of Ukraine, K.: 2013;
2. DSTU 9181:2022 "Guidelines for assessing and forecasting the technical condition of road bridges" Ministry of Regions of Ukraine, K.: 2022;
3. Lantukh-Lyashchenko A.I. Assessment of the technical condition of transport facilities in operation. Bulletin of the Transport Academy of Ukraine, No. 3, Kyiv: 1999.-p. 59-63.
4. Lantukh-Lyashchenko A.I. Normative regulation in the field of design and operation of bridges. Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University. Issue 58, Kharkiv, ed. KHNADU: 2012. - P. 7 – 15.
5. Lantukh-Lyashchenko A.I. In search of the concept of managing the durability of elements of reinforced concrete road bridges. Coll. Science works "Problems of transport", vol. 9. NTU. - K.: 2012, p. 215-223.
6. Lantukh-Lyashchenko A. I. New model of life cycle forecasting of reinforced concrete elements of bridges. Coll. Technical regulation in construction and architecture - Issue 2.K.: 2016 p.23-31.
7. T. Saati Decision making, Hierarchical analysis method. Radio and communication. Moscow: 1993. 278 p.
8. Hamdy A. Taha Introduction to operations research. "Williams" publishing house. Moscow. St. Petersburg. Kyiv. 2001. 911 p.