

ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ З УРАХУВАННЯМ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

DETERMINATION OF THE PRIORITY OF RESTORATION OF TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE OBJECTS TAKING INTO ACCOUNT EXPERT ASSESSMENT



Медведєв Костянтин Володимирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: kvmedvediev@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0704-7093>.



Євсейчик Юрій Борисович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: jura_ntu@ukr.net,
<https://orcid.org/0000-0002-3507-4734>



Янчук Леонід Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>



Корецький Андрій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: andriy.koretskyi@ntu.edu.ua
<https://orcid.org/0000-0003-0307-0306>



Рубльов Андрій Валерійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: rublev@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-4142-1325>



Паровенко Оксана Микитівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: olenik.lia@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8872-8415>

Анотація: У роботі запропоновано підхід до визначення експертного оцінювання моста в цілому з урахуванням дефектів, які виникли в результаті експлуатування та в наслідок непередбачених проектом обставин (воєнних дій), що призвели до переходу споруди до 5-го експлуатаційного стану. На відміну від методики, наведеної у чинних нормативних документах, автори пропонують доповнити процедуру визначення експертного оцінювання, в частині зменшення балів ΔE , урахуванням ступеню зруйнованості елементів споруди та змінити діапазон балів експертного оцінювання. Це дасть змогу оцінити вплив від частки пошкоджених елементів, ефективно визначити загальний ступінь руйнації споруди та надасть можливість прийняття обґрунтованих рішень щодо характеру, послідовності та пріоритетності проведення ремонтних, відновлюваних робіт або необхідності побудови нової споруди.

Планування відновлення мостів має базуватись на розумінні економічних можливостей нашої держави. Завдяки запропонованому підходу є можливість більш ефективно планувати відновлювальні роботи залежно від ступеню руйнації споруди, надавши економічного змісту коефіцієнтам впливу, що дозволить раціональне використання коштів.

Ключові слова: експертне оцінювання, експлуатаційні стани, дефекти, пошкодження, відновлення, коефіцієнти впливу, руйнування конструкцій.

Вступ. Дорожня інфраструктура України відіграє значну роль в організації забезпечення матеріальними ресурсами народного господарства та населення України. В результаті воєнних дій на території України споруди на дорогах та й сама дорога зазнали значних руйнувань. Післявоєнна відбудова відкриває унікальні можливості для радикальної модернізації економіки країни та проведення структурних реформ. Курс структурних трансформацій та економічної реконструкції має бути спрямовано на європейську перспективу та наближати країну до повноправного членства в Європейському Союзі. Тому було розпочато роботу міжнародних та європейських банківських установ над формуванням низки спеціалізованих Фондів відновлення України в зв'язку зі збройною агресією.

В Україні активно відбувається накопичення коштів для вирішення найгостріших проблем, спричинених війною. Серед них - підтримка малого та середнього бізнесу, відновлення економіки, підтримка армії, відновлення майна та зруйнованої інфраструктури тощо. Однак, оцінювання збитків ще не завершено через обмежений доступ до окремих територій та постійного зростання кількості зруйнованих об'єктів у зв'язку зі збройною агресією, яка ще триває.

Мости, водопропускні труби, захисні інженерні конструкції є одними з найскладніших елементів транспортної інфраструктури, та є такими, що мають значну вартість.

Зруйновані об'єкти унеможливають або обмежують рух транспортними спорудами, що, в свою чергу, завдає великих матеріальних і соціальних збитків суспільству. Для прискорення процесу відновлення транспортної інфраструктури, слід було б розробити алгоритми, які б сприяли прийняттю економічно обґрунтованих рішень з питань побудови нової споруди або доцільності проведення її ремонтування. Саме це й було мотивацією для написання цієї статті.

Матеріали та методи. Стаття носить науковий характер. У статті використовується системний підхід, який представляє собою сукупність загальнонаукових методологічних принципів щодо оцінювання технічного стану всієї конструкції мосту з урахуванням непередбачених проектом обставин (воєнних дій).

Експертна експлуатаційна оцінка E служить показником необхідності виконання певних експлуатаційних заходів або прийняття рішень щодо необхідності цих заходів, коректне визначення експлуатаційного стану споруди з урахуванням дефектів, що виникли внаслідок старіння та її руйнації. В роботі наведено теоретичне формулювання цієї проблеми з наведенням конкретних прикладів.

Метою роботи є Розроблення алгоритму, який сприятиме прийняттю обґрунтованих рішень з проведення відновлювальних робіт транспортних споруд на дорогах. Це передбачає проведення певних заходів щодо визначення технічного стану об'єктів інфраструктури.

Для надання формалізованого підходу до визначення інтегрального експертного оцінювання стану споруди, яку було піддано зовнішньому впливу внаслідок військових дій, та для ранжування її місця у рамках певної класифікації споруд щодо фактичних показників руйнації, пропонується взяти за основу методику, яку наведено в [1].

Це дозволить більш раціонально планувати видатки на ремонтування, реконструювання або будівництва нового моста, розставити пріоритети серед запропонованих варіантів відновлення, а також визначити можливості для проведення ремонтних робіт за певними схемами.

Виклад основного матеріалу. На першому етапі оцінювання споруду пропонується умовно поділити на дві частини. Одна частина споруди – це частина, яка зазнала зовнішнього впливу безпосередньо від військових дій і має значні пошкодження та певну руйнацію. Інша частина - частина споруди, яка залишилась неушкодженою, або зазнала часткових уражень, але наявні ушкодження незначною мірою впливають на роботу конструкції в цілому.

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

- 1 - прогонова будова;
- 2 - опора та опорні частини;
- 3 - фундамент;
- 4 - проїзна частина;
- 5 - підходи;
- 6 - підмостове русло;
- 7 - регуляційні споруди.

У випадку шляхопроводу або естакади очевидно, що елементи 6 і 7 будуть відсутні. Послідовність елементів зазначено в порядку ступеню їхнього впливу на технічний стан конструкції мосту - від більшого (прогонові будови) до найменшого (регуляційні споруди). 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).

Згідно чинного ДСТУ [1], конструкція може перебувати в таких станах

- 1 – справний;
- 2 – обмежено справний;
- 3 – працездатний;
- 4 – обмежено працездатний;
- 5 – непрацездатний.

Таким чином, 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. Для кожного із 5 станів в якому може перебувати конструкція величина E змінюється в таких межах:

Стан 1 у межах $100 < E \leq 95$;

Стан 2 у межах $95 < E \leq 80$;

Стан 3 у межах $80 < E \leq 60$;

Стан 4 у межах $60 < E \leq 40$;

Стан 5 у межах $40 < E \leq 20$.

Експертна експлуатаційна оцінка E служить показником необхідності виконання певних експлуатаційних заходів і тому потребує коректного визначення.

Відповідно до [1] експлуатаційна оцінка E розраховується за формулою

$$E = E_i - \Delta E_i \quad , \quad (1)$$

де E_i – верхня межа інтервалу зміни експертної оцінки для i -го експлуатаційного стану, в якому знаходиться конструкція в цілому для кожного стану e :

$$E_1 = 100; E_2 = 95; E_3 = 80; E_4 = 60; E_5 = 40 \quad (2)$$

ΔE_i – величина зменшення балів експертної оцінки за рахунок станів усіх груп елементів визначається за формулою:

$$\Delta E_i = c_i \sum_{k=1}^7 \alpha_k (D_k - 1) \quad (3)$$

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];

α_i – нормалізовані коефіцієнти впливу складових на загальний стан конструкції;

c_i – коефіцієнт пропорційності, який визначається з рівняння (3) за умови, що ΔE_i приймає максимально можливе значення в інтервалі своєї зміни для i -го стану. Отже при розрахунку c_i приймається, що $D_1 = D_2 = D_3 = i$ ($i = \overline{1,5}$), $D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = 5$, таким чином отримуємо:

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

де $\Delta E_{i,\max}$ - максимальне зменшення величини експертного оцінювання в межах одного стану конструкції i

$$\Delta E_{i,\max} = E_i - E_{i-1} \quad (5)$$

Таким чином, враховуючи (2) із (5) отримуємо

$$\Delta E_{1,max}=5, \Delta E_{2,max}=15, \Delta E_{3,max}=20, \Delta E_{4,max}=20, \Delta E_{5,max}=20 \quad (6)$$

Таке оцінювання застосовується для споруд, що отримали пошкодження в процесі природної деградації. При проведенні військових дій, руйнації можуть зазнати всі елементи споруди, але, як відмічено вище, вирішальна роль при визначенні загального стану споруди надається стану визначальних елементів.

Враховуючи, що частину визначальних елементів може бути зруйновано, пропонується частку зруйнованих визначальних елементів знаходити за таким алгоритмом. Для зруйнованих прогонових будов визначати її як частку від ділення довжини зруйнованих прогонових будов на повну сумарну довжину прогонових будов мосту. Для зруйнованих опор та фундаментів – як частку від ділення кількості зруйнованих опор або фундаментів на сумарну кількість опор або фундаментів мосту відповідно.

Частку незруйнованих визначальних елементів пропонується знаходити аналогічно.

Відповідно до положень вищенаведеного нормативного документу [1] експертну експлуатаційну оцінку технічного стану споруди, яка знаходиться у 5 експлуатаційному стані, визначають у межах безрозмірних коефіцієнтів у діапазоні 40 ÷ 20 балів. Такий діапазон не дозволяє ефективно оцінити загальний ступінь руйнації споруди та можливості прийняття рішень щодо характеру проведення ремонтних, відновлюваних робіт або побудови нової споруди. Тому пропонується цей діапазон змінити на діапазон від 40 до 0 балів. Це дозволить більш ефективно планувати відновлювальні роботи в залежності від ступеню руйнації споруди. Таким чином величина $\Delta E_{5,max}$ (6) збільшується і буде дорівнювати $\Delta E_{5P,max} = 40$. Відповідно до цього також зміниться і величина коефіцієнта пропорційності c_5 (позначимо його через c_{5P}). Згідно (4) він буде дорівнювати $c_{5P} = 10$.

Відновлювальні роботи пропонується розділити на три групи:

- споруда зазнала значних руйнувань і її відновлення недоцільно ($E = 0 \div 15$ балів);
- споруда зазнала значних руйнувань і її відновлення можливе з урахуванням економічної доцільності ($E = 16 \div 30$ балів);
- споруда зазнала незначних руйнувань і її відновлення економічно обґрунтовано ($E = 31 \div 40$ балів).

Оскільки у випадку штучної руйнації, споруда буде знаходитись в 5-тому (непрацездатному) стані, загальну експертну оцінку E технічного стану розраховують за формулою:

$$E = E_5 - \Delta E_{5P}, \quad (7)$$

де ΔE_{5P} – величина зменшення величини балів експертного оцінювання з урахуванням станів усіх груп неушкоджених та ушкоджених елементів.

Цю величину зменшення ΔE_{5P} пропонується визначати за формулою :

$$\Delta E_{5P} = c_{5P} \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i K_{iP} (D_i - 1) \right] + c_5 \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i (1 - K_{iP}) (D_i - 1) \right] \quad (8)$$

K_{iP} - коефіцієнт, який визначає частку зруйнованої величини i - тої групи елементу, по відношенню до загальної величини цієї ж групи елементів споруди;

$(1 - K_{iP})$ - коефіцієнт, який визначає частку незруйнованої i - тої групи елементів, по відношенню до загальної величини цієї ж групи елементів споруди;

α_i - нормалізовані коефіцієнти впливу кожної групи елементів на технічний стан споруди в цілому.

Як можна бачити, доданки у правій частині рівності (8) визначають величину зменшення рейтингу за рахунок зруйнованих та незруйнованих частин конструкції. У випадку, коли $K_{ip} = 0$ (жодного елемента мосту не зруйновано) із (8) отримуємо відповідне співвідношення (3), а у випадку $K_{ip} = 1$ (зруйновані всі елементи) із (8) отримуємо, що $\Delta E_{5P} = \Delta E_{5,max} = 40$, а відповідна експертна оцінка (7) набува свого мінімального значення $E = 0$.

Для визначення відносних вагових коефіцієнтів впливу в роботі використано підхід, заснований на методі аналізу ієрархій [3]. Визначення даних коефіцієнтів наведено в роботі [4] і представлено у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Рекомендовані значення вагових коефіцієнтів α_i

Table 1 – Recommended values of the weighting coefficients α_i

Елемент		Прогонова будова	Опора та опорні частини	Фундамент	Проїзна частина	Підходи	Підмостове русло	Регуляційні споруди
Коефіцієнт впливу α_i	Міст через водну перешкоду	0,30	0,24	0,24	0,10	0,05	0,04	0,03
	Міст без регуляційних споруд	0,31	0,25	0,25	0,10	0,05	0,04	-
	Шляхопровід, естакада, віадук	0,33	0,26	0,26	0,11	0,04	-	-

Як зазначено в [4], залежно від думки експерта, який проводить оцінювання конструкції, може бути отримано й інші значення коефіцієнтів впливу α_i . Зауважимо, що в загальному випадку ці коефіцієнти можуть відображати економічний, технічний, вартісний впливи тощо.

Для дослідження запропонованого підходу до визначення експертного оцінювання було проведено низку нижче наведених розрахунків, що ґрунтуються на обстеження реальних об'єктів.

Приклад 1

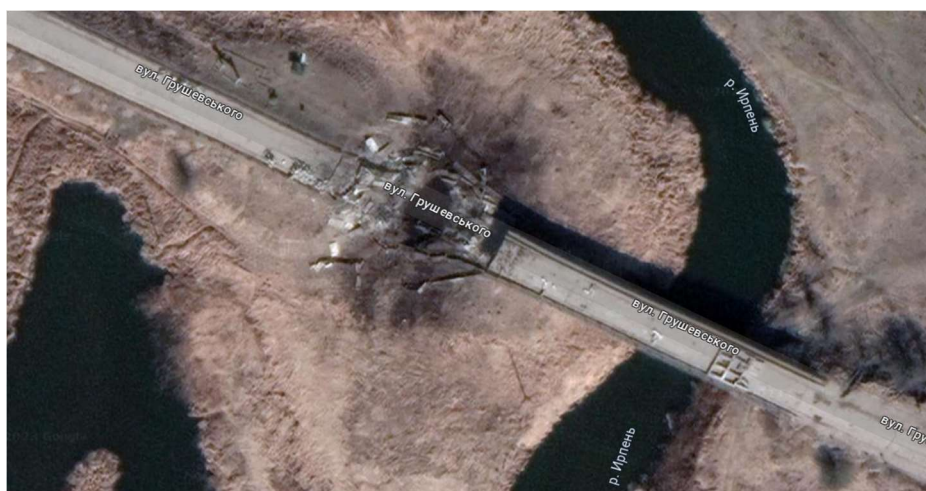


Рисунок 1 – Міст через р. Ірпін

Figure 1 – The bridge over the Irpin river

Таблиця 2 – Стан по групах елементів (приклад 1)

Table 2 – Status by groups of elements (example 1)

Стан за групами не зруйнованих елементів						
Прогонов а будова	Опора та опорні частини	Фундамент	Проїзна частина	Підходи	Підмостове русло	Регуляційні споруди
4	4	2	4	4	2	
Стан за групами зруйнованих елементів						
5	5	5	5	4	2	

Вагові коефіцієнти за групами елементів (Таблиця 1)

Таблиця 3 – Вихідні дані та розрахунки (приклад 1)

Table 3 – Initial data and calculations (example 1)

Прогонова будова	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{1P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{1P})$
	101,00	33,52	0,33	0,67
Опори	Загальна кількість, шт.	Кількість пошкоджених елементів, шт.	Відношення пошкоджених елементів до загальної кількості, K_{2P}	Відношення не пошкоджених елементів до загальної кількості, $(1-K_{2P})$
	7	2	0,29	0,71
Фундаменти	Загальна кількість, шт.	Кількість пошкоджених елементів, шт.	Відношення пошкоджених елементів до загальної кількості, K_{3P}	Відношення не пошкоджених елементів до загальної кількості, $(1-K_{3P})$
	7	2	0,29	0,71
Проїзна частина	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{4P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{4P})$
	101,00	33,52	0,33	0,67
Підходи	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{5P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{5P})$
				1,00
Підмостове русло	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{6P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{6P})$
			0,00	1,00
Регуляційні споруди	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{7P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{7P})$
			0,00	1,00

Коефіцієнт пропорційності для не зруйнованої частини споруди - $c_5 = 5$.
 Коефіцієнт пропорційності для зруйнованої частини споруди - $c_{5P} = 10$.
 Рейтингове оцінювання стану мосту за групами зруйнованих елементів $D = 5$,
 Верхня межа інтервалу зміни експлуатаційного оцінювання для 5-го стану:

$$E_i = 40,$$

$$\Delta E_5 = c_{5P} \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i K_{iP} (D_i - 1) \right] + c_5 \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i (1 - K_{iP}) (D_i - 1) \right]$$

$$\Delta E_i = 20,61$$

$$E = E_i - \Delta E_i = 40 - 20,61 = 20,21$$

Приклад 2



Рисунок 2 – Міст через р. Ірпінь (правий)
Figure 2 – The bridge over the Irpin river (right)

Таблиця 4 – Стан по групах елементів (приклад 2)

Table 4 – Status by groups of elements (example 2)

Стан за групами не зруйнованих елементів						
Прогонова будова	Опора та опорні частини	Фундамент	Проїзна частина	Підходи	Підмостове русло	Регуляційні споруди
4	4	2	4	4	3	0
Стан за групами зруйнованих елементів						
5	5	5	5	4	3	0

Вагові коефіцієнти за групами елементів (Таблиця 1)

Таблиця 5 – Вихідні дані та розрахунки (приклад 2)

Table 5 – Initial data and calculations (example 2)

Прогонова будова	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{1P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{1P})$
	111,50	44,32	0,40	0,60
Опори	Загальна кількість, шт.	Кількість пошкоджених елементів, шт.	Відношення пошкоджених елементів до загальної кількості, K_{2P}	Відношення не пошкоджених елементів до загальної кількості, $(1-K_{2P})$
	5	2	0,40	0,60
Фундаменти	Загальна кількість, шт.	Кількість пошкоджених елементів, шт.	Відношення пошкоджених елементів до загальної кількості, K_{3P}	Відношення не пошкоджених елементів до загальної кількості, $(1-K_{3P})$
	5	2	0,40	0,60
Проїзна частина	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{4P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{4P})$
	111,50	44,32	0,40	0,60
Підходи	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{5P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{5P})$
			0,00	1,00
Підмостове русло	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{6P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{6P})$
			0,00	1,00
Регуляційні споруди	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{7P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{7P})$
			0,00	1,00

Коефіцієнта пропорційності для не зруйнованої частини споруди - $c_5 = 5$.
 Коефіцієнта пропорційності для зруйнованої частини споруди - $c_{5P} = 10$.
 Рейтингова оцінка стану мосту за групами зруйнованих елементів $D = 5$,
 Верхня межа інтервалу зміни експлуатаційного оцінювання для 5-го стану:

$$E_i = 40; \Delta E_5 = c_{5P} \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i K_{ip} (D_i - 1) \right] + c_5 \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i (1 - K_{ip}) (D_i - 1) \right]$$

$$\Delta E_i = 21,63; E = E_i - \Delta E_i = 40 - 21,63 = 17,62$$

Приклад 3



Рисунок 3 – Міст через р. Ірпінь (лівий)
Figure 3 – The bridge over the Irpin river (left)

Таблиця 6 – Стан за групами елементів (приклад 3)
Table 6 – Status by groups of elements (example 3)

Стан за групами не зруйнованих елементів						
Прогонова будова	Опора та опорні частини	Фундамент	Проїзна частина	Підходи	Підмостове русло	Регуляційні споруди
4	4	2	4	4	3	0
Стан за групами зруйнованих елементів						
5	5	5	5	4	3	0

Вагові коефіцієнти за групами елементів (Таблиця 1)

Таблиця 7 – Вихідні дані та розрахунки (приклад 3)

Table 7 – Initial data and calculations (example 3)

Прогонова будова	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{1P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{1P})$
	111,50	22,16	0,20	0,80
Опори	Загальна кількість, шт.	Кількість пошкоджених елементів, шт.	Відношення пошкоджених елементів до загальної кількості, K_{2P}	Відношення не пошкоджених елементів до загальної кількості, $(1-K_{2P})$
	5	1	0,20	0,80
Фундаменти	Загальна кількість, шт.	Кількість пошкоджених елементів, шт.	Відношення пошкоджених елементів до загальної кількості, K_{3P}	Відношення не пошкоджених елементів до загальної кількості, $(1-K_{3P})$
	5	1	0,20	0,80
Проїзна частина	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{4P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{4P})$
	111,50	22,16	0,20	0,80
Підходи	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{5P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{5P})$
			0,00	1,00
Підмостове русло	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{6P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{6P})$
			0,00	1,00
Регуляційні споруди	Загальна довжина елементів, м	Довжина пошкоджених елементів, м	Відношення пошкодженої довжини до загальної, K_{7P}	Відношення не пошкодженої довжини до загальної, $(1-K_{7P})$
			0,00	1,00

Коефіцієнта пропорційності для не зруйнованої частини споруди - $c_5 = 5$.

Коефіцієнта пропорційності для зруйнованої частини споруди - $c_{5P} = 10$.

Рейтингова оцінка стану мосту за групами зруйнованих елементів $D = 5$,

Верхня межа інтервалу зміни експлуатаційного оцінювання для 5-го стану:

$$E_i = 40$$

$$\Delta E_5 = c_{5P} \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i K_{iP} (D_i - 1) \right] + c_5 \left[\sum_{i=1}^7 \alpha_i (1 - K_{iP}) (D_i - 1) \right]$$

$$\Delta E_i = 17,14$$

$$E = E_i - \Delta E_i = 40 - 17,14 = 22,66.$$

Проведений аналіз фактичного стану споруди дозволяє зробити висновок, що рейтингова оцінка всіх вище розглянутих споруд знаходиться в межах запропонованої шкали ($E = 16 \div 30$ балів). А це означає, що за умови економічного обґрунтування ці споруди може бути відновлено відповідно до вище наведеної градації відновлювальних робіт.

Реально всі розглянуті мости знаходяться у стадії відновлення, що підтверджує ефективність використання запропонованого підходу.

Висновки. В результаті проведеного дослідження було розроблено та запропоновано підхід до визначення експертного оцінювання технічного стану мостів, які зазнали впливу військових дій. Проаналізовано існуючу методика, наведену в [1], внесено зміни до діапазону балів експертного оцінювання, які дозволяють врахувати кількісну та якісну специфіку пошкоджень, спричинених воєнними діями.

Основною особливістю запропонованої методики є зміна діапазону балів експертного оцінювання, що дозволяє ефективніше визначити ступінь руйнування та прийняти обґрунтоване рішення щодо ремонтування, відновлення або побудови нових споруд. Важливо відзначити, що запропонована методика може бути корисною у регіонах, де збільшився ризик пошкодження транспортної інфраструктури в наслідок воєнних дій.

Ця робота відкриває шлях для подальших досліджень та розробок у сфері відновлення та оцінювання технічного стану транспортних споруд в умовах військового конфлікту, що сприятиме розвитку та впровадженню сучасних методів управління та планування робіт з відновлення інфраструктури.

Перелік посилань

1. ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» Мінрегіон України, К.: 2022;
2. Lantoukh-Liachtchenko A.I. Reliability based Service Life Prediction of Concrete Bridge Superstructures Proceeding "EKO MOST 2006. Durable bridge structures in the environment", Kielce, 16-17 May 2006/ WARSZAWA 2006. – ISBN 83-89252-85-6: p.255-261.
3. Taha Hemdi A. Introduction to Operations Research / Hemdi A. Taha. - 7th ed., 2005. – 912 p.
4. Башкевич І.В., Євсейчик Ю.Б., Медведєв К.В., Фаль А. Є., Янчук Л.Л. Аналітична модель експертної оцінки стану мостів. Науково-технічний збірник Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2022, Вип. 112, С.154-162 <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2022-112-154-162>
5. Башкевич І.В., Євсейчик Ю.Б., Медведєв К.В., Янчук Л.Л. Визначення функції інтенсивності відмов на основі марківського процесу. Науково-технічний збірник Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2021, №109, С. 79-87. http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/109/79.pdf

DETERMINATION OF THE PRIORITY OF RESTORATION OF TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE OBJECTS TAKING INTO ACCOUNT EXPERT ASSESSMENT

Kostyantyn Medvedev, PhD (Candidate of Mathematical Sciences), associate professor, professor of the department of bridges, tunnels and hydraulic structures, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: kvmedvediev@gmail.com tel.: +380994789008, <https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>.

Yuriy Yevseichyk, PhD (Candidate of Mathematical Sciences), Associate Professor, Professor of the Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, tel.: +380957698841, <https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>.

Leonid Yanchuk, PhD (Candidate of Technical Science) , Associate Professor, Associate Professor of bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com, tel.+380503587337, <https://orcid.org/0000-0003-1269-1251>.

Andrii Koretskyi, PhD (Candidate of Technical Science) , Associate Professor, Associate Professor of bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: andriy.koretskyi@ntu.edu.ua tel.+3800505433772, <https://orcid.org/0000-0003-0307-0306>

Andrii Rublev., PhD (Candidate of Technical Science) , Associate Professor, Associate Professor of bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: rublev@ukr.net, tel.+380930631712, <https://orcid.org/0000-0002-4142-1325>

Oksana Parovenko, PhD (Candidate of Technical Science) , Associate Professor, Associate Professor of bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: olenik.lia@gmail.com, +380442807978, <https://orcid.org/0000-0001-8872-8415>,

Summary. The paper proposes an approach to determining the expert assessment of the bridge as a whole, taking into account the defects that arose as a result of operation and as a result of circumstances unforeseen by the project (military actions), which led to the transition of the structure to the 5th operational state. In contrast to the methodology given in the current regulatory documents, the authors propose to supplement the procedure for determining expert evaluation, in terms of reducing ΔE points, taking into account the degree of destruction of building elements and changing the range of expert evaluation points. This will make it possible to assess the impact of the share of damaged elements, effectively determine the overall degree of destruction of the structure and provide an opportunity to make informed decisions about the nature, sequence and priority of carrying out repair and restoration works or the need to build a new structure.

Bridge restoration planning should be based on an understanding of the economic capabilities of our country. Thanks to the proposed approach, it is possible to more effectively plan restoration works depending on the degree of destruction of the structure, giving economic meaning to the impact coefficients, which will allow rational use of funds.

Keywords: expert assessment, operating conditions, defects, damage, restoration, degradation, reconstruction, overhaul.

References

1. DSTU 9181:2022 "Guidelines for assessing and forecasting the technical condition of road bridges" Ministry of Regions of Ukraine, K.: 2022.
2. Lantoukh-Liachtchenko A.I. Reliability based Service Life Prediction of Concrete Bridge Superstructures Proceeding "EKO MOST 2006. Durable bridge structures in the environment", Kielce, 16-17 May 2006/ WARSZAWA 2006. – ISBN 83-89252-85-6: p.255-261.
3. Taha Hemdi A. Introduction to Operations Research / Hemdi A. Taha. - 7th ed., 2005. – 912 p.
4. Bashkevich I.V., Evseichyk Y.B., Medvedev K.V., Fal A.E., Yanchuk L.L. Analytical model of expert assessment of the condition of bridges. Scientific and technical collection Motor roads and road construction, 2022, Vol. 112, P.154-162 <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2022-112-154-162>
5. Bashkevich I.V., Evseichyk Y.B., Medvedev K.V., Yanchuk L.L. Determination of the failure intensity function based on the Markov process. Scientific and technical collection Motor roads and road construction, 2021, No. 109, pp. 79-87. http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/109/79.pdf

Дата надходження до редакції 14.11.2023.