

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21:625.745.1-048.38

С. В. КЛЮЧНИК<sup>1\*</sup>, Ю. М. ГОРБАТЮК<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (0562) 33 58 12, ел. пошта ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

<sup>2</sup> Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010 ел. пошта Yuriy.gorbatyk@gmail.com, ORCID 0000-0001-8949-864X

### ДОСВІД ВІДНОВЛЕННЯ ЗРУЙНОВАНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШТУЧНИХ СПОРУД

**Мета.** Питання відновлення автомобільного руху є важливим завданням для відновлення логістичних державних і місцевих переміщень. Метою роботи є вивчення та впровадження досвіду відновлення транспортної інфраструктури та будівництва фортифікаційних споруд, його поширення, широкого впровадження вивчених уроків в навчальний процес підготовки підрозділів Державної спеціальної служби транспорту та інших спеціалістів мостобудування. На прикладі відновлення автомобільного руху через річку Ірпінь для легкових автомобілів без обмежень вантажопідйомності показано досвід використання балок резерву під залізничне навантаження для автомобільного моста. Наведено приклад відновлення штучних споруд на обході поруч з мостом. **Методика.** Питання відновлення автомобільного руху є важливим завданням для відновлення логістичних державних і місцевих переміщень. Наведено приклади відновлення штучних споруд. Також показано використання сучасних технологій, механізмів, способів відновлення споруд на обході або на старій осі моста. **Результати.** Основні елементи мосту через р. Ірпінь розташованого на автомобільній дорозі загального користування державного значення Іб технічної категорії М-06 Київ-Чоп (на м. Будапешт через м. Львів, Мукачеве, Ужгород) в наслідок бойових дій в Україні зазнали руйнування від механічного пошкодження. Характеристика руйнувань не сприяє відновленню штучної споруди на існуючій осі споруди. Відновлення мосту виконано на ближньому обході – за 50 м нижче по течії річки Ірпінь. **Наукова новизна.** Сьогодні є актуальною необхідність відновлення штучних споруд виникає у зв'язку з їх руйнуванням у ході війни та після катастроф природного, техногенного і воєнного характеру. Нагальною потребою є вивчення та впровадження досвіду відновлення транспортної інфраструктури та будівництва фортифікаційних споруд, його поширення серед особового складу, широкого впровадження вивчених уроків в навчальний процес підготовки підрозділів Державної спеціальної служби транспорту. **Практична цінність.** Отриманий практичний результат використання резервних прогонових будов малих та середніх залізничних мостів, який підтверджує універсальну можливість застосування конструкцій інвентарного мостового майна, не тільки для ведення відновлювальних робіт на залізниці, але і для відновлення і будови тимчасового автомобільного мосту.

*Ключові слова:* руйнування моста; металева балка; прогонова будова залізничного моста; відновлення транспортної інфраструктури

#### Вступ

Повномасштабне вторгнення Росії в Україну 24 лютого 2022 року принесло в Європі найбільшу гуманітарну катастрофу з часів Другої світової війни. Російська армія спричинила абсолютну руйнацію та хаос для всіх на своєму шляху, а Україна втратила десятки тисяч мирних життів, серед яких багато невинних дітей.

Російська армія знищує українські міста, обстрілюючи критичні об'єкти цивільної інфраструктури. Також активному руйнуванню було

піддано багато штучних споруд (Korostelina, 2010; Pereira, Bašić, Bogunovic, & Barcelo, 2022). Ці руйнування проводилось як російською армією, так і підрозділами української сторони. Головна мета руйнування мостів з нашої сторони – стримати просування ворожих підрозділів, виграти час для організації оборони та вивести з рівноваги російську армію. З першого дня почалися руйнування аеропортів, це була перша хвиля. Звичайно, наймасовіші руйнування – це дороги. Близько 300 зруйнованих мостів у всій країні.

Найбільше постраждали ті області, де були чи відбуваються активні бойові дії. Російсько-українська війна спровокувала цунамі, яке кардинально вплинуло на світову економіку, геополітику та продовольчу безпеку. Руйнування, спричинене насильницькими конфліктами, відіграє важливу роль у розумінні динаміки та наслідків конфліктів, що зараз є предметом великої кількості поточної літератури.

### Мета

Метою роботи є вивчення та впровадження досвіду відновлення транспортної інфраструктури та будівництва фортифікаційних споруд, його поширення, широкого впровадження вивчених уроків в навчальний процес підготовки підрозділів Державної спеціальної служби транспорту та інших спеціалістів мостобудування. На прикладі відновлення автомобільного руху через річку Ірпінь для легкових автомобілів без обмежень вантажопідйомності показано досвід використання балок резерву під залізничне навантаження для автомобільного моста.

### Методика

«В Україні внаслідок бойових дій зруйновано 23 тис кілометрів доріг та 273 штучні споруди. Про це на брифінгу заявив перший заступник голови Укравтодору Андрій Івко. Це мости, шляхопроводи тощо. Загальна сума (збитків – ред.), яку ми вже підраховали, – це 874 млрд грн. За його словами, підрахунок збитків Укравтодор здійснює щодня. Агентство готується до відновлення інфраструктури, щоб скоріше розпочати виконання робіт після завершення війни (Економічна правда, 2022). Пан Івко додав, що найбільші руйнування зафіксовано на сході, півдні та півночі України: це дороги та мости, які безпосередньо перебували чи перебувають у зоні бойових дій. При цьому дорожню інфраструктуру руйнують також ракетні обстріли з боку Росії.

Необхідність відновлення штучних будов мосту виникає у зв'язку з їх руйнуванням у ході війни та після катастроф природного, техногенного і воєнного характеру (Радкевич, Лісняк, Горбатюк, & Лихопьок, 2018).

При руйнуванні мосту вибір варіанта відновлення (на старій осі або ближньому обході) виконується з урахуванням:

- обсягів руйнування мосту й насипів на підходах;
- розмірів мосту й ріки;
- термінів відновлення;
- величини підмостових габаритів;
- пори року.

Вид відновлення (тимчасове, короткотермінове) визначається термінами, що відводяться на відновлення ділянки, наявності сил, засобів і конструкцій (Радкевич, Лісняк, Горбатюк, & Лихопьок, 2018).

### Результати

Роботи по відновленню автомобільного руху через річку Ірпінь, який знаходиться на автодорозі загального користування державного значення Іб технічної категорії М-06 Київ-Чоп (на м. Будапешт через м. Львів, Мукачеве, Ужгород), км 21+140 виконувалось по розпорядженню на виконання завдання – «Рішення ГК 300/3072 від 07.04.2022 року». Технічні роботи розпочато з 06.04.2022 року. Загальна кількість особового складу – 80 військовослужбовців. Техніки для відновлення використано 25 одиниць.

Міст через р. Ірпінь розташований на автомобільній дорозі загального користування державного значення Іб технічної категорії М-06 Київ-Чоп (на м. Будапешт через м. Львів, Мукачеве, Ужгород), км 21+140. Найближчий населений пункт с. Катеринівка.

Отримав паспорт моста у грудні 2021 р з загальною оцінкою стану споруди: справний. Загальна експертна оцінка споруди (рейтинг) – 82. Характеристика безпеки – 3,4.

Міст побудований у 1977 році, реконструйований після 2004 р. Схема мосту – залізобетонна, (18,0+13,25+2×12,25+13,65+18,0) м (лівий проїзд); 5×18,0 м (правий проїзд), температурно-нерозрізна по плиті мостового полотна. Довжина мосту – 90,92 м.

Проектне тимчасове навантаження Н-30, НК-80.

Споруда складається з двох окремих мостів під правий та лівий проїзд.

У прогоні кожного мосту улаштовано 16 збірних залізобетонних плит з пустотами циліндричної форми за ТП 384/43 шириною 0,98 м та висотою 0,75 м. Об'єднання плит – поздовжні шпонкові шви та монолітна плита мостового

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

полотна. Габарит мосту – Г-2×13,0 м з двома тротуарами шириною 1,5 м ліворуч та 1,25 м праворуч. Тротуари – монолітні залізобетонні. Огородження безпеки металеве стоякове бар'єрного типу з профільною стрічкою w-подібного перерізу висотою 1,1 м до покриття проїзної частини. Перильне огороження металеве стоякове висотою 1,2 м. Дорожній одяг на проїзній частині середньою товщиною 11,5 см вкладений на монолітну плиту мостового полотна товщиною 18 см і має асфальтобетонне покриття. Покриття тротуарів зносостійке тонкошарове.

Водовідвід з проїзної частини передбачений за рахунок поперечних та поздовжніх ухилів через водовідвідні та дренажні трубки в поздовжні водовідвідні лотки.

За результатами обстеження споруди основні елементи мосту зазнали руйнування від механічного пошкодження у військовий час.

Руйнування зазнало по правому автопроїзду:

- плити прогонових будов ПБ 3-4 та ПБ 4-5 по 16 плит в кожному прогоні (рис. 1);



Рис. 1. Руйнування ПБ 3-4

По лівому автопроїзду:

- зруйновані плити прогонових будов ПБ 3-4 та ПБ 4-5 та ПБ 5-6 по 16 плит в кожному прогоні (рис. 2);
- проміжна опора Оп. №4 та Оп. №5.

Характеристика руйнувань не сприяє відновленню штучної споруди на існуючій осі споруди.

Відновлення мосту виконано на ближньому обході – за 50 м нижче по течії річки Ірпінь. На рис. 3 наведено ситуаційний план (з дрону) будівельного майданчика.



Рис. 2. Зруйновані плити ПБ 3-4 та ПБ 4-5



Рис. 3. Ситуаційний план

Будівництво мостового переходу виконано в термін з 08.04.2022 по 15.04.2022 року силами і засобами військової частини Т0330.

Будівельні роботи виконано по робочим кресленням Держслужбовців Адміністрації ДССТ.

Для виконання будівельних робіт автодорожнього мосту запропоновано використання залізничних прогонових будов з резерву: балки Пейна в зборі, типової конструкції СРП 18.53 м. Повна довжина балок 18,53 м, розрахункова довжина 18,0 м. Технічні умови проектування – інструкція ПВКМ-79. Нормативне тимчасове навантаження від рухомого складу – за схемою «В», показано на рис. 4. При перерахунку навантаження зі схеми «В» на цивільне, розрахункове навантаження становить Н6 (навантаження залізничне), клас 6 від навантаження Н1, що показано на рис. 5.

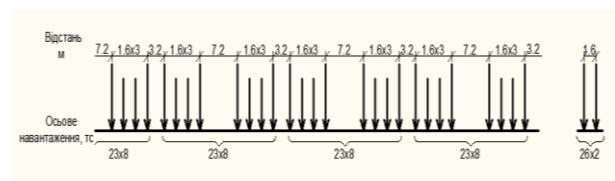


Рис. 4. Схема навантаження В

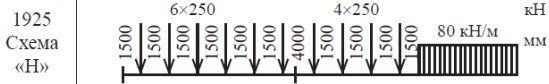


Рис. 5. Схема навантаження Н1

Балки Пейна типової конструкції СРП 18,53 м, при розрахунковій довжині 18,0 м мають еквівалентне залізничне навантаження 79,8 кН/м на дві балки (на одну балку 39,9 кН/м).

Реальні вітчизняні транспортні засоби розподілені на чотири групи в залежності від їх маси та тиску на вісь (Страхова, Голубев, Ковальов, & Тодирика, 2002):

- 1 група – маса до 12 т;
- 2 група – маса до 20 т;
- 3 група – маса до 27 т;
- 4 група – маса більше 27 т.

Еквівалентне автомобільне навантаження при розрахунковому прогоні 18,0 м на одну балку становить:

- для автомобілів 1 та 2 групи (МАЗ-53352, КАМАЗ-53212, ЗИЛ-133) відповідно – 9,86 кН/м; 16,68 кН/м; 19,06 кН/м;
- для автомобілів 3 групи (Краз-25651, Краз 260, Ікарус 280) відповідно – 21,9 кН/м; 19,06 кН/м; 12,5 кН/м;
- для автомобілів 4 групи (Белаз 540А, Белаз 548А, Белаз 549) відповідно – 47,14 кН/м; 67,04 кН/м; 136,3 кН/м.

Варіант відновлення – однопрогоновий міст для двох смуг проїзду, габаритом Г-8. Розрахункове навантаження автомобільне Н30.

Балки прогонової будови з сталі 15ХСНД. Профіль балок – двотаври широкополочні ширина полку 450 мм, висота балок 1040 мм.

Кількість балок в прогоновій будові – 4 шт. з кроком 1600 мм. Мостове полотно дерев'яне з сосни.

Проект відновлення виконано за спрощеною схемою (без визначення вартості та довгострокових експлуатаційних характеристик). Будівництво мосту проводилось по робочим кресленням (рис. 5, 6).

**Будівельні роботи.** Після підготовчих робіт по влаштуванню під'їздів до місту будівництва на ближньому підході виконано попередню розбивку осі автодороги.

Забивка дерев'яних паль по проектній схемі виконано за допомогою агрегату УСА з навісним обладнанням на автокрані дизель-молотом

УР-1250.

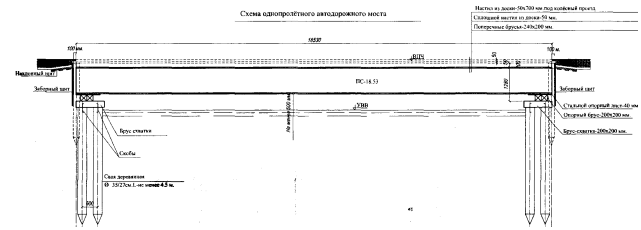


Рис. 5. Фасад мосту

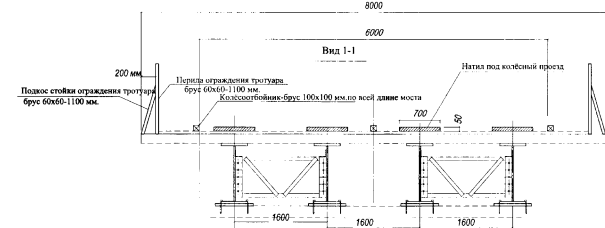


Рис. 6. Поперечний переріз мосту

Запропоновані залізничні прогонові будови з резерву балки Пейна типової конструкції СРП 18,53 м було доставлено в зборі (попарне об'єднання балок в'язями). На верхні пояси на березі було встановлено дерев'яні бруси перерізом 24×20 см з підрізкою та підгонкою по місцю встановлення.

**Спорудження ростверку.** Голови занурених паль обрізано по заданому рівню та обладнано горизонтальним ригелем (насадкою) з двох брусів 24×20 см які закріпили металевими стержнями та скобами до паль (рис. 7). З врахуванням повної довжини прогонової будови влаштовано закладний щит з п'яти додаткових паль та дерев'яної стінки. На палюву опору встановлено опорні частини у вигляді металевих листів (рис. 7).



Рис. 7. Вид на берегову опору

Монтаж прогонових будов виконано за допомогою двох колісних автокранів вантажопідйомністю 32 та 50 т (рис. 8). Прогонову будову прикріпили до опори костилями (шурупами).



Рис. 8. Монтаж прогонових будов

На встановлених прогонових будовах влаштовано дерев'яну проїзну частину за проектним габаритом Г8 з двома тротуарами 0,5 м. Перилне огороження виконано з брусів перерізом 50×50 мм та поручнів 40×50 мм. Кріплення стійок забезпечено за допомогою металевих кутиків. Замість перехідних плит використано поверхові залізобетонні плити.

#### Наукова новизна та практична значимість

Сьогодні є актуальним необхідність відновлення штучних споруд виникає у зв'язку з їх руйнуванням у ході війни та після катастроф природного, техногенного і воєнного характеру. Нагальною потребою є вивчення та впровадження досвіду відновлення транспортної інфраструктури та будівництва фортифікаційних споруд, його поширення серед особового складу, широкого впровадження вивчених уроків в навчальний процес підготовки підрозділів Державної спеціальної служби транспорту.

Отриманий практичний результат використання резервних прогонових будов малих та середніх залізничних мостів, який підтверджує універсальну можливість застосування конструкцій інвентарного мостового майна, не тільки для ведення відновлювальних робіт на залізниці, але і для відновлення і будови тимчасових автомобільних мостів.

#### Висновки

Для тимчасового відновлення автомобільних мостів можливо використовувати металеві

резервні балки під залізничне навантаження. Відновлення автопроїзду на ближньому обході виконано за допомогою резервних залізничних балок Пейна типової конструкції СРП 18.53 з забезпеченням тимчасового проїзду для легкових та середньої ваги автомобілів рухом в двох напрямках габаритом Г8. Використання деревини та збірних прогонових будов для тимчасової споруди забезпечило найкоротші терміни будівництва. По вантажопідйомності (Kliuchnyk, Spivak, & Goryushkin, 2022) запропонована конструкція автомобільного мосту забезпечує пропуск автомобілів 1, 2 та 3 групи вітчизняного транспорту. Автомобілі 3 групи відповідають розрахунковому навантаженню Н-30, що було введено для розрахунків з 1962 р. по нормам СН 200-62.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Kliuchnyk, S., Spivak, D., & Goryushkin, I. (2022). Determining features of the deformed state of reinforced concrete beams of road bridges when strengthening the span structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/7(116), 22-28.
- Korostelina, K. (2010). War of textbooks: History education in Russia and Ukraine. *Communist and Post-Communist Studies*, 43(2), 129-137.
- Pereira, P., Bašić, F., Bogunovic, I., & Barcelo, D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*, 837(1), 155865.
- Економічна правда (2022). В Україні через бойові дії зруйновано понад 20 тисяч кілометрів доріг. Електронний ресурс: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/04/3/685143/>
- Звіт (2022). *Звіт «Узагальнення досвіду застосування підрозділів Державної спеціальної служби транспорту із відбудови зруйнованого автомобільного мосту через р. Ірпін в районі н.п. Стоянка»*, Дніпро.
- Радкевич, А. В., Лісняк, М. О., Горбатюк, Ю. М., & Лихопьок, П. А. (2018). *Відновлення штучних будов (навчальний посібник)*. Дніпро: Видавництво ДНУЗТу.
- Страхова, Н. Є., Голубев, В. О., Ковальов, П. М., & Тодиріка, В. В. (2002). *Експлуатація і реконструкція мостів*. Київ: Видавництво НТУ.

S. V. KLIUCHNYK<sup>1\*</sup>, YU. M. GORBATYUK<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Department «Transport infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (0562) 33 58 12, e-mail ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

<sup>2</sup>Department «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, e-mail Yuriy.gorbatyk@gmail.com, ORCID 0000-0001-8949-864X

## EXPERIENCE IN RESTORING DESTROYED AUTOMOBILE ARTIFICIAL STRUCTURES

**Purpose.** The issue of resuming automobile traffic is an important task for the resumption of logistical state and local movements. The purpose of the work is to study and implement the experience of restoring transport infrastructure and construction of fortifications, its distribution, and the wide implementation of lessons learned in the training process of units of the State Special Service of Transport and other bridge construction specialists. The experience of using reserve beams under railway load for a road bridge is shown on the example of the restoration of automobile traffic across the Irpin River for passenger cars without load capacity restrictions. An example of restoration of man-made structures on the detour next to the bridge is given. **Methodology.** The issue of resuming automobile traffic is an important task for the resumption of logistical state and local movements. Examples of restoration of artificial structures are given. It also shows the use of modern technologies, mechanisms, and methods of restoring structures on the bypass or on the old axis of the bridge. **Findings.** The main elements of the bridge over the Irpin river located on the public highway of state importance Ib technical category M-06 Kyiv-Chop (to the city of Budapest via the cities of Lviv, Mukacheve, Uzhhorod) were destroyed by mechanical damage as a result of hostilities in Ukraine. The characteristics of the destruction do not contribute to the restoration of the artificial structure on the existing axis of the structure. The restoration of the bridge was carried out on a short detour – 50 m downstream of the Irpin River. **Originality.** Today, the need to restore artificial structures arises in connection with their destruction during the war and after disasters of a natural, man-made, and military nature. There is an urgent need to study and implement the experience of restoring the transport infrastructure and construction of fortifications, its distribution among the personnel, the wide implementation of the lessons learned in the training process of the units of the State Special Transport Service. **Practical value.** The practical result of the use of reserve span structures of small and medium-sized railway bridges was obtained, which confirms the universal possibility of using the structures of the inventory bridge property, not only for conducting restoration works on the railway, but also for the restoration and construction of a temporary road bridge.

**Keywords:** bridge destruction, metal beam; span structure of a railway bridge; restoration of transport infrastructure

### REFERENCES

- Kliuchnyk, S., Spivak, D., & Goryushkin, I. (2022). Determining features of the deformed state of reinforced concrete beams of road bridges when strengthening the span structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/7(116), 22-28. (in English)
- Korostelina, K. (2010). War of textbooks: History education in Russia and Ukraine. *Communist and Post-Communist Studies*, 43(2), 129-137. (in English)
- Pereira, P., Bašić, F., Bogunovic, I., & Barcelo, D. (2022). Russian-Ukrainian war impacts the total environment. *Science of The Total Environment*, 837(1), 155865. (in English)
- Ekonomichna pravda (2022). V Ukraini cherez boiovi dii zruinovano ponad 20 tysiach kilometriv dorih. Elektronnyi resurs: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/04/3/685143/>(in Ukrainian)
- Zvit (2022). Zvit «Uzahalnennia dosvidu zastosuvannia pidrozdiliv Derzhavnoi spetsialnoi sluzhby transpor-tu iz vidbudovy zruinovanoho avtomobilnoho mostu cherez r. Irpin v raioni n.p. Stoianka», Dnipro. (in Ukrainian)
- Radkevych, A. V., Lisniak, M. O., Horbatiuk, Yu. M., & Lykhopok, P. A. (2018). *Vidnovlennia shtuchnykh budov (na-vchalnyi posibnyk)*. Dnipro: Vydavnytstvo DNUZTu. (in Ukrainian)
- Strakhova, N. Ye., Holubiev, V. O., Kovalov, P. M., & Todyryka, V. V. (2002). *Ekspluatatsiia i rekonstruktsiia mostiv*. Kyiv: Vydavnytstvo NTU. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 10.10.2022.

Прийнята до друку 11.11.2022.