

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21-048.38:338.14

С. В. КЛЮЧНИК^{1*}, М. В. ГЕРНИЧ²

^{1*} Кафедра «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38(050) 667 40 49, ел. пошта ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

² Кафедра «Військова підготовка спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38(096) 784 51 17, ел. пошта Gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

ВІДНОВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ ЯК ЕЛЕМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРАЇНИ НА ІСТОРІЇ ОДНОГО МОСТУ

Мета. Метою даної роботи є проведення аналізу збитків які зазнала наша держава від пошкоджень і руйнувань транспортних штучних споруд внаслідок бойових дій та доля мосту, що був прикладом мостобудування нашої держави в мирний час і зазнав трансформацію у воєнний час. **Методика.** Аналіз збитків завданих державі внаслідок війни, частка в них інфраструктурних об'єктів, дослідження способів технічного прикриття транспортних напрямків за рахунок будівництва тимчасових споруд на ближньому обході від пошкоджених (зруйнованих) транспортних об'єктів. **Результати.** Результатом даної роботи є зібрані данні про збитки завдані транспортній інфраструктурі, зокрема транспортним спорудам, в наслідок збройної агресії російської федерації. Проаналізовані приклади відновлення руху транспорту через водні перешкоди побудовою дамби з водопропускними трубами та мостового переходу з тимчасовим мостом на ближньому обході від пошкодженої (зруйнованої) транспортної споруди. На прикладі відремонтованого перед війною мосту розглянуто вплив військових дій на споруду та шляхи її технічного прикриття при швидкому та надійному забезпеченні руху транспорту через водну перешкоду на визначеній ділянці дороги. **Наукова новизна.** Проаналізовані збитки нашої державі, інфраструктурі, транспортним об'єктам які завдані війною. Наукова зацікавленість полягає у прийнятих рішеннях по відновленню руху автомобільного транспорту в залежності від місцевих умов, наявних матеріальних ресурсів, сил і засобів які забезпечують швидке та надійне відновлення руху транспорту через водну перешкоду. **Практична значимість.** Спираючись на досвід забезпечення руху транспорту через водні перешкоди на ділянках доріг із пошкодженими (зруйнованими) транспортними спорудами розроблені дієві способи спорудження тимчасових транспортних споруд на ближньому обході, які забезпечують швидке відновлення і безпеку руху.

Ключові слова: збитки; тимчасові споруди, відновлення руху, технічне прикриття, водна перешкода

Вступ

«Загальна сума збитків, що завдана інфраструктурі України через повномасштабне вторгнення РФ, збільшилася ще на \$6 млрд і станом на лютий 2023 року складає \$143,8 млрд.», – йдеться в повідомленні (Звіт, 2023). За статистичними підрахунками, протягом року війни в Україні було пошкоджено або зруйновано понад 150 тисяч житлових будинків. Загальна сума збитків внаслідок руйнувань житлового фонду склала \$53,6 мільярда. На другому місці за розміром завданих збитків знаходяться об'єкти інфраструктури. За оцінками національних експертів, ці збитки становлять \$36,2 мільярда. Протягом цього періоду було також пошкоджено або зруйновано понад 25 тисяч кілометрів доріг державного і місцевого значення, а

також 344 мостів та мостових переходів. Ці оцінки були розроблені спільно аналітичною командою Київської Школи Економіки (КШЕ) в співпраці з Міністерством розвитку громад і територій, Міністерством інфраструктури та Міністерством охорони здоров'я. Дослідження, що були проведені за координації Міністерства з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій та у співпраці з іншими профільними міністерствами та Національним банком, фіксують найбільшу частину збитків по житловим будівлям 37,3% або \$53,6 мільярда, а по інфраструктурі 25,2% або \$36,2 мільярда (рис. 1). Згідно з дослідженнями, втрати активів бізнесу на сьогодні становлять щонайменше \$11,3 мільярда і продовжують збільшуватися. Додатково, аграрний сектор поніс безпосередні втрати в розмірі \$8,7 мільярда через воєнні події.

Загальні прямі втрати від пошкоджень та руйнувань об'єктів громадського сектору, включаючи соціальні, освітні, наукові, охоронні, культурні та спортивні споруди, адміністративні будівлі тощо, оцінюються на близько \$13,69 мільярда (Звіт про прямі збитки, 2023).

Слід відзначити, що об'єкти інфраструктури стали однією з основних цілей агресора під час повномасштабної війни проти України, особливо в зимній період. У перших тижнях конфлікту російські війська активно обстрілювали авіаційну інфраструктуру, зокрема аеродроми, як військові, так і цивільні, включаючи ті, які мали подвійне призначення. Пізніше об'єктами масових атак стали залізничні колії та споруди і особливо електричні підстанції.



Рис. 1. Питомі витрати за типами майна, \$ млрд

Однією з найбільших сфер інфраструктури, що зазнали руйнувань, як з точки зору обсягів, так і з фінансового виміру, є дорожня інфраструктура. Це стало обумовлене кількома чинниками. По-перше, дороги природньо стали об'єктами артилерійських обстрілів під час конфлікту. По-друге, російські танки активно користуються українськими дорогами під час всього періоду воєнної агресії.

Зокрема, автомобільні дороги використовувалися для створення ліній зв'язку між російськими військами в Україні та їхнім зв'язком з тилом в росії та білорусі.

Методика

Проведення аналізу інформаційних видань, вивчення та узагальнення досвіду застосування підрозділів Держспецтрансслужби при відбудові транспортної інфраструктури держави.

Результати

З самого початку воєнних подій в Україні зазнали пошкоджень 19 аеропортів і цивільних аеродромів, а також щонайменше 126 залізничних вокзалів і станцій (Дороги vs війна, 2023). Україна надалі активно протистоїть ворогові на передовій. У той час як бойові дії тривають, в країні продовжуються наполегливі роботи щодо відновлення інфраструктури, яка має важливе значення для обороноздатності України.

Дороги відіграють ключову роль в евакуації цивільного населення та транспортуванні гуманітарної допомоги вже з перших днів великомасштабного конфлікту. Під час воєнного стану активно проводять системний ремонт аварійних штучних споруд, таких як мости, шляхопроводи та водопропускні труби, які є критично важливими для безпечного руху на дорогах країни.

За даними Укравтодору, середньозважена вартість реконструкції доріг у 2021 році (різних категорій доріг) становила приблизно 29 мільйонів гривень на кілометр дороги (не враховуючи вартість відновлення мостових переходів). З цими відомостями попередня оцінка загальних збитків внаслідок прямого руйнування доріг може становити близько \$26,7 мільярда в еквіваленті у цінах на кінець 2021 року. До цієї суми додається оцінка пошкоджень та руйнувань мостів та мостових переходів, що становить додаткові \$2,6 мільярда збитків в сфері інфраструктури.

Після початку воєнних дій були проведені інтенсивні роботи щодо відновлення доріг та мостів в Україні. Зокрема, в 2022 році було успішно відновлено проїзд на 78 штучних спорудах на дорогах державного значення. Найбільше робіт було виконано в областях, таких як Київська (20), Чернігівська (20) та Харківська (17). У 2023 році вже відновлено ще 2 моста, тоді як ще 3 мости знаходяться в процесі відновлення.

Додатково, було проведено прибирання на 2,2 тисячі кілометрів державних та комунальних доріг в 2022 році, включаючи 612 км в Харківській, 588 км в Миколаївській та 516 км в Київській областях. У випадках, коли мости були зруйновані, стали практикувати будівництво об'їзних доріг, що паралельно заміщають втрачені мости. Незважаючи на це, ці об'їзні

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

дороги все одно мають обмеження вантажопідйомності і відзначаються як ті, що підходять для легкового транспорту.

У випадках, коли міст можливо відновити досить швидко за допомогою тимчасової споруди, обирається такий варіант (Живучість транспортних споруд, 2022). Деякі тимчасові металеві мости були встановлені для швидкого відновлення проїзду на місці зруйнованих мостів, а такі конструкції були отримані в рамках гуманітарної допомоги від Чехії. Металеві мости можна швидко зібрати та встановити, що значно полегшує проїзд.

Останнім і найбільш витратним методом відновлення проїзду є капітальна відбудова мостів (Kliuchnyk, Spivak, & Goryushkin, 2022). Цей метод використовується у виняткових випадках, з огляду на безпекову ситуацію, на ключових дорогах України. Такий підхід не тільки забезпечує «виживання» інфраструктури, але й сприяє стратегічному підсиленню дорожньої мережі (Дороги vs війна, 2023).

Для спостереження обрано автодорожній залізобетонний автомобільний міст через річку Інгулець по дорозі загального користування місцевого значення 0220409 Кочубеївка-Давидів Брід, КМ 30+919 у Херсонській області (Технічний звіт, 2014), що збудовано в 1938 році. В 2013 році на мосту було виконано реконструкція зі збільшенням підмостового габариту, габариту проїзду та отвору моста. Міст, загальною довжиною 98,2 м, має схему: 3,305+14,3+12,42+12,83+2×13,03+14,125 (рис. 2).



Рис. 2. Фасад мосту

Після реконструкції проєктне навантаження становить А11 та НК-80 за діючими будівельними нормами ДБН В.2.3-14:2006 Споруди

транспорту. «Мости та труби. Правила проєктування».

Часто теорія та практика не завжди співпадають в плані якості. Але в даному випадку після ремонтних робіт міст міг приймати участь у «конкурсах краси між штучними спорудами», бо теоретичні вимоги сучасних підручників та нормативних документів були виконані майже ідеально.

Отвір мосту перекрито балочно-розрізними ребристими прогоновими будовами індивідуального проєктування Містпроєкт (57/09. ШС-ЗКР-ЗВ). В усіх прогонах встановлено ребристі залізобетонні прогонові будови. Повні довжини прогонів складають 14,125 м, 13,03 м, 12,83 м, 12,42 м, 14,3 м, 13,305 м.

В поперечному перерізі прогонових будов п'ять бездіафрагмових балок з ребрами П - подібного перерізу, розташованих з кроком 2,545 м та об'єднаних плитою (рис. 3). Висота балок 79 см, товщина ребер 19 см. Товщина полиць 20 см.

Обпирання балок на опори та стояни здійснено на опорні частини РОЧ-1. Відвід води з проїзної частини здійснюється за рахунок водовідвідних трубок Ø 120 мм, що направлені на спеціальні стокові лотки, укладені в укріплення насипу стоянів (рис. 3).



Рис. 3. Відведення води з проїзної частини

Проміжні старі опори № 3-№ 7 – залізобетонні масивні, висотою 8,5 м. Розміри масивної частини опори складають 2,94×9,8 м. Переріз нового ригеля опори 1,1×1,4 м, довжина ригеля 12,7 м (рис. 4).

Нова опора № 2 – залізобетонна стоякова на оболонках. Ця опора складається з 2 стійок Ø 1,0 м, і об'єднаних у верхній частині ригелем, перерізом 1,1×1,4 м та довжиною 12,7 м. (рис. 5).



Рис. 4. Загальний вигляд проміжних опор № 3-№ 7



Рис. 5. Загальний вигляд проміжної опори №2

Габарит автомобільного проїзду по прогоновим будовам мосту Г-10 м з двома пішохідними тротуарами шириною 1,0 м. Проїзна частина від тротуарів відгороджена металевим бар'єрним огородженням висотою 0,75 м по обидва боки споруди а також на підходах перед та за спорудою.

Сполучення проїжджої частини штучної споруди та підхідних насипів виконано за допомогою конусів. Конуса укріплені монолітними залізобетонними плитами. Для забезпечення плавного в'їзду автотранспорту на підходах укладені перехідні плити. Для зручності пішохідів та обслуговування споруди з обох боків річки влаштовано сходи.

І все це якісно відновлено (підферменники, деформаційні шви та ін.) та пофарбовано. Але прийшов лютий місяць 2022 року і вся красота була понівечена! (рис. 6).

Перед початком виконання робіт по відновленню руху транспорту був проведений комплекс заходів з обстеження пошкодженого мосту, району виконання робіт та вироблення якісних рішень по подоланню водної перешкоди (Гернич, Плотніков, 2023).



Рис. 6. Характер руйнувань мосту

Роботи по відновленню були початі в листопаді 2022 року. Для швидкого забезпечення військової логістики (Гернич, Козак, & Шалаєв, 2022) та пропуску автомобільного руху запропоновано водопропускні труби, що засипано насипом (рис. 7).



Рис. 7. Тимчасова переправа з водопропускних труб

Згодом побудовано типовий тимчасовий низьководний автодорожній міст (з їздою поверху на дві смуги руху по схемі мосту 2×18,53 м, довжиною 38 м (рис. 8).



Рис. 8. Тимчасовий міст на ближньому обході

По дерев'яним паловим опорам змонтовано 4 прогонові металеві будови 18,53 м. (по дві балки в кожній МА 18,53 м та 4 комплекти металевих елементів міжпрогонових з'єднань та металеві опорні частини).

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Дорожнє полотно, автопроїзд, колесовідбій, тротуари та огорожувальні конструкції – дерев'яні. Устої мосту влаштовані на пальовій основі з дерев'яних паль, обв'язку ростверку виконано дерев'яним брусом з влаштуванням дерев'яної шафової стінки та похилого щиту в'їзду на міст, в'їзд на міст по дорожнім залізобетонним плитам. Відновлення руху з 17.01.2023 р.

Наукова новизна та практична значимість

Наукова зацікавленість та особливо практичність в період воєнних дій в державі полягає в тому, що для швидкого відновлення та забезпечення руху транспорту на ділянці дороги із зруйнованим мостом спочатку була зведена дамба з водопропускними трубами, потім в найкоротші терміни збудований мостовий перехід на ближньому обході із тимчасовим мостом. Це є прикладом раціонального використання наявних матеріальних ресурсів, сил і засобів для забезпечення стійкого функціонування національної транспортної системи в умовах війни.

Висновки

Більше 25 % об'єктів інфраструктури було понівечено або зовсім зруйновано. Збитки інфраструктурної сфери на початок 2023 року становить \$36,2 млрд. В умовах воєнного стану для забезпечення логістичних потреб силами воєнізованих спеціальних частин та Укравтодору штучні споруди відновлюються.

Було розглянуто досвід технічного прикриття транспортних об'єктів:

1. Відпрацьовані дієві методи відновлення руху транспорту на ділянках доріг з пошкодженнями (зруйнованими) транспортними спорудами.

2. Тимчасові споруди дозволяють як найшвидше відновити рух транспорту.

3. Відновлення руху транспорту побудовою мостового переходу на ближньому обході не

S. V. KLIUCHNYK^{1*}, M. V. HERNICH²

заважає, а навпаки забезпечує зручне відновлення капітальної споруди.

4. Доцільно продовжити дослідження відбудови пошкоджених (зруйнованих) транспортних споруд.

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.

Гернич, М. В., & Козак, Б. Ю. (2022). Живучість транспортних споруд в контексті забезпечення військової логістики. *Тези Всеукраїнської наук. конф. «Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз»*, 122-126.

Гернич, М. В., Плотніков, І. О., & Шалаєв, В. О. (2023). Проведення інженерних вишукувань зруйнованих (пошкоджених) транспортних споруд. *Тези II Всеукраїнської наук. конф. «Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз»*, 136-140.

Ключник, С. В., & Горбатюк, Ю. М. (2022). Досвід відновлення зруйнованих автомобільних штучних споруд. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 22, 49-54.

Гернич, М. В., & Ключник, С. В. (2022). Використання майна наплавного мосту НЖМ-56 зважаючи на виклики військового сьогодення. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 22, 27-32.

Дороги vs війна: як «Укравтодор» відновлює зруйновані мости та URL: <https://mind.ua/openmind/20250188-dorogi-vs-vijna-yak-ukravtodor-vidnovlyue-zrujnovani-mosti-ta-dorogi>

Звіт (2023). Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення (2023).

Технічний звіт (2014). Технічний звіт за результатами обстеження мосту через річку Інгулець на а/д 0220409 загального користування місцевого значення Кочубеївка-Давидів Брід, КМ 30+919.

^{1*} Department «Transport infrastructure», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana Str., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (050) 667 40 49, e-mail ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

² Department «Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana Str., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (096) 784 51 17, e-mail Gernich.nikolau@gmail.com, ORCID 0000-0002-5069-4798

RESTORATION OF INFRASTRUCTURE FACILITIES AS AN ELEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE COUNTRY IN THE HISTORY OF ONE BRIDGE

Purpose. The purpose of this work is to analyze the damage suffered by our state from damage and destruction of artificial transport structures as a result of hostilities and the fate of the bridge, which was an example of bridge construction in our state in peacetime and underwent transformation in wartime. **Methodology.** Analysis of losses incurred by the state as a result of war, the proportion of these losses attributed to infrastructure objects, and the investigation of methods for providing technical cover for transport routes through the construction of temporary structures on the immediate bypass of damaged (ruined) transportation objects. **Findings.** The outcome of this work consists of collected data on losses inflicted upon the transportation infrastructure, specifically transportation structures, due to the armed aggression of the Russian Federation. Analyzed examples of restoring transport movement across water obstacles include the construction of dams with water passage pipes and temporary bridge crossings on the immediate bypass of damaged (ruined) transportation structures. Using the example of a bridge repaired before the war, the impact of military actions on the structure and methods for its technical protection in ensuring fast and reliable transport movement across a water obstacle in a specified road section were examined. **Originality.** The losses incurred by our state, infrastructure, and transportation assets due to the war have been analyzed. The scientific interest lies in the decisions made regarding the restoration of automobile transport movement, taking into account local conditions, available material resources, and the forces and means that ensure a rapid and reliable restoration of transport movement across a water obstacle. **Practical value.** Drawing upon the experience of ensuring transport movement across water obstacles on road sections with damaged (ruined) transportation structures, effective methods for constructing temporary transportation facilities on the immediate bypass have been developed, ensuring a swift restoration and safe traffic flow.

Keywords: losses, temporary structures, traffic restoration, technical cover, water obstacle

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)
- Hernych, M. V., & Kozak, B. Yu. (2022). Zhyvuchist transportnykh sporud v konteksti zabezpechennia viiskovoi lohistyky. *Tezy Vseukrainskoi nauk. konf. «Lohistyka i transportna bezpeka: problemy ta perspektyvy rozvytku v konteksti analizu suchasnykh vyklykiv, zahroz»*, 122-126. (in Ukrainian)
- Hernych, M. V., Plotnikov, I. O., & Shalaiev, V. O. (2023). Provedennia inzhenernykh vyshukuvan zruinovanykh (poshkodzhenykh) transportnykh sporud. *Tezy II Vseukrainskoi nauk. konf. «Lohistyka i transportna bezpeka: problemy ta perspektyvy rozvytku v konteksti analizu suchasnykh vyklykiv, zahroz»*, 136-140. (in Ukrainian)
- Kliuchnyk, S. V., & Horbatiuk, Yu. M. (2022). Dosvid vidnovlennia zruinovanykh avtomobilnykh shtuchnykh sporud. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 22, 49-54. (in Ukrainian)
- Hernych, M. V., & Kliuchnyk, S. V. (2022). Vykorystannia maina naplavnoho mostu NZhM-56 zvazhaiuchy na vyklyky viiskovoho sohodennia. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 22, 27-32. (in Ukrainian)
- Dorohy vs viina: yak «Ukravtodor» vidnovliuie zruinovani mosty ta URL: <https://mind.ua/openmind/20250188-dorohy-vs-vijna-yak-ukravtodor-vidnovlyue-zruinovani-mosty-ta-dorohi> (in Ukrainian)
- Zvit (2023). Zvit pro priami zbytky infrastruktury vid ruinovan vnaslidok viiskovoi ahresii rosii proty Ukrainy za rik vid pochatku povnomasshtabnoho vtorhnennia (2023). (in Ukrainian)
- Tekhnichniy zvit (2014). Tekhnichniy zvit za rezultatamy obstezhennia mostu cherez richku Inhulets na a/d 0220409 zahalnoho korystuvannia mistsevoho znachennia Kochubeivka-Davydiv Brid, KM 30+919. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 02.10.2023.

Прийнята до друку 21.11.2023.