

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21.095.2:[625.745.1:625.1]

І. С. ОСТАПЕНКО

Кафедра військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту,  
Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010,  
тел. +38 (056) 793 19 09, ел. пошта kvpdsst@gmail.com, ORCID 0000-0003-2232-7138

### КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ІНВЕНТАРНОГО МОСТОВОГО МАЙНА ПІД ЧАС БУДІВНИЦТВА ТИМЧАСОВИХ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ

**Мета.** Дослідження конструктивно-технологічних рішень застосування інвентарного мостового майна при будівництві і тимчасовому відновленні мостових переходів. Розроблення рекомендацій щодо багатоцільового застосування металевих балок інвентарного мостового майна при будівництві і тимчасовому відновленні мостових переходів під нормовані навантаження. **Методика.** Для досягнення поставленої мети, проведена робота: дослідження висвітлених в літературі конструктивно-технологічних рішень застосування інвентарного мостового майна (балки Пейне) при будівництві і тимчасовому відновленні мостових переходів; вивчення та узагальнення досвіду проектування та технологічних рішень поєднання дерев'яних конструкцій і деталей з металевими балками при будівництві тимчасових мостових переходів. **Результати.** Результатом даної роботи є зібрані дані про переваги та недоліки застосування металевих прогонових будов мостів у поєднанні з дерев'яними конструкціями і елементами. Аналіз можливості використання даних конструкцій для швидкого відновлення мостових переходів і забезпечення безпечного руху транспорту. **Наукова новизна.** Вона полягає в тому, що для швидкого та якісного відновлення зруйнованої транспортної інфраструктури, зокрема автомобільних і залізничних мостів, пропонується використовувати металеві балки інвентарного мостового майна тривалого зберігання, в поєднанні із дерев'яними конструкціями і елементами, включених у сумісну роботу. Це дасть можливість раціонально використовувати наявний резерв матеріалів, високі темпи відновлення та надійне забезпечення руху відповідного транспорту. **Практична значимість.** Спираючись на отримані дані досліджень можливо зробити висновок що конструктивно-технологічні рішення застосування інвентарного мостового майна (балки Пейне) при будівництві і тимчасовому відновленні мостових переходів мають низку технологічних переваг які дають можливість забезпечити ефективне відновлення зруйнованих бойовими діями залізничних споруд в стислі терміни. Спосіб поєднання дерев'яних конструкцій і елементів з металевими балками прогонових будов проїзної частини при тимчасовому відновленні автомобільних мостів підвищує їх вантажопідйомність.

**Ключові слова:** балка; прогонова будова залізничного моста; мостові переходи; автомобільні мости; конструктивно-технологічні рішення

#### Вступ

Роботу присвячено вирішенню актуального наукового завдання з визначення теоретико-методологічного обґрунтування можливості використання інвентарних мостових конструкцій довгострокового зберігання запроектованих за нормами до 1984 року (ТУПМ-47; СН-200-620) під навантаження Н6 і виготовленими за типовими проектами для відновлення зруйнованих мостових переходів у ході ведення бойових дій з урахуванням нових норм проектування навантаження С-14.

Отже є очевидним що необхідність швидкого відновлення зруйнованої бойовими діями транспортної інфраструктури для забезпечення необхідних обсягів перевезень зумовлює розробку та прийняття відповідних рішень. Важ-

ливим резервом для будівництва тимчасових мостових переходів є металеві конструкції – мостові балки інвентарного мостового майна довгострокового зберігання.

Аналіз низки наукових публікацій, наявного науково-методичного матеріалу (Більченко, Кіслюк, Бадаєва, 2008; Kuhlmann, Breunig, Gözl, Pourostad, & Stempniewski, 2020), у яких вирішується питання відновлення мостів, безумовно враховує окремі підходи і способи виконання заходів будівництва, застосування тих чи інших конструкцій і технологій. При цьому, отриманий результат аналізу існуючих моделей, методик тощо може бути використаний як базовий для подальшої адаптації сучасним умовам ведення будівельних, відновлювальних робіт в умовах ведення бойових дій.

### Мета

Метою роботи є дослідження різних підходів щодо конструктивно-технологічних рішень застосування інвентарного мостового майна при будівництві і тимчасовому відновленні мостових переходів. Розроблення рекомендацій щодо багатоцільового застосування металевих балок інвентарного мостового майна при будівництві і тимчасовому відновленні мостових переходів під нормовані навантаження.

### Методика

При розробці методики конструктивно-технологічних рішень застосування інвентарного мостового майна при будівництві і тимчасовому відновленні мостових переходів за основу взято досвід використання металевих балок інвентарного мостового майна в кінці 2000 року для відновлення мостів в Західних районах України при ліквідації наслідків повеней. Досвід будівництва цих мостів показав, що конструктивно-технологічні рішення щодо застосування металевих прогонових будов із балок інвентарного мостового майна є доволі ефективними і прогресивними. Вони мають такі переваги, як простота спорудження, низькі витрати та відносно висока тривалість використання на водних перешкодах, легкість відновлення при пошкодженнях у ході ведення бойових дій (Фтемов, 2021). Отже, постає актуальна наукова проблема, багатоцільового застосування інвентарних мостових конструкцій для будівництва тимчасових мостових переходів в комплексі з індустріалізацією технологій монтажу і застосування ефективних сучасних будівельних матеріалів що потребує дослідження і подальших наукових пошуків.

### Результати

Забезпечення стрімкості дій військ (сил) в умовах сучасної війни висунуло на перший план одну із актуальних проблем, а саме: пошук нових, більш прогресивних способів інженерної підтримки мобільності пересування військ і безперебійного функціонування всіх видів транспорту при подоланні перешкод. Існуючі підходи щодо відновлення і будівництва тимчасових штучних будов пошкоджених в ході ведення бойових дій на магістральних шляхах не дають можливості особливо в райо-

нах ведення бойових дій застосовувати великогабаритні залізобетонні конструкції, проводити роботи з будівництва і тимчасового відновлення у великих обсягах з дотриманням всіх нормативних документів з будівництва і капітального відновлення штучних будов (Ключник, 2017; Reshetnov, Solomka, & Ovchynnykov, 2017). Крім того відновлювальні роботи потребують значних фінансових, технічних, матеріальних ресурсів і часу. Тобто виникає важливе питання пошуку та обґрунтування простих конструктивно-технологічних рішень при будівництві тимчасових мостових переходів на більш прості та менш вартісні експлуатаційні конструкції. Альтернативою таких конструкцій є сталеві прогонові будови з прокатних двотаврових балок інвентарного мостового майна (Балабух, 2010). При нормальних умовах експлуатації (без корозії) сталеві конструкції можуть надійно виконувати свої функції дуже довго без зниження своєї міцності і спротиву деформаціям. Відносна легкість сталевих конструкцій характеризується відношенням міцності металу до його питомої ваги. Для сталі цей коефіцієнт дорівнює 3...5, у деревини – 2, а для бетону – 0,5...1. Позитивні властивості металевих конструкцій інвентарного мостового майна доповнюються і індустріалізацією конструктивно-технологічних рішень їх виготовлення і практичного застосування. Такі переваги, як простота спорудження, низькі витрати та відносно висока тривалість використання на водних перешкодах, легкість відновлення при пошкодженнях у ході ведення бойових дій пояснюють широку багатоцільову різноманітність застосування інвентарних мостових конструкцій при відновленні мостових переходів.

Розглянемо досвід реалізації військовими частинами Державної спеціальної служби транспорту конструктивно-технологічних рішень будівництва тимчасових мостових переходів з використанням інвентарних мостових конструкцій довгострокового зберігання запроектованих за нормами до 1984 року (ТУПМ-47; СН-200-620) під навантаження Н6.

Проведення заходів технічної розвідки підрозділами Держспецтрансслужби з оцінки об'ємів і ступенів руйнування мостових переходів в ході ведення бойових дій, надали можливість розробки найбільш ефективних, економічно вигідних та простих у технологічному

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

виконанні проектно-технологічних рішень щодо будівництва тимчасових мостових переходів з метою швидкого та якісного відновлення зруйнованої транспортної інфраструктури.

Досліджуючи характери руйнування штучних будов вдалося з'ясувати певні закономірності:

– практично в усіх випадках підірвані прогонові будови переважно обрушувалися на берега (на початку і в кінці мосту) разом з береговими прогінними спорудами або в русло річки і деформувалися, при цьому разом з уламками підірваних опор вони захарщували русло водотоків;

– зафіксовано випадки часткового руйнування мостів де один або обидва кінці прогонових будов утримувалися на опорах і супроводжувалися перекосом і деформаціями частин прогонової будови, що удержувалася на опорах;

– мали місце випадки підривання берегових опор мостів що призводило до руйнування земляного полотна на підходах до нього та обрушення прольотної надбудови;

– при руйнуванні малих мостів зарядами за стоянами утворювалися проломи, довжина яких була значно більше довжини підірваних мостів.

Таким чином, узагальнений характер руйнувань штучних будов на різних напрямках транспортних артерій надав можливість виділити найбільш ефективні, економічно вигідні та прості у технологічному виконанні інженерні рішення щодо будівництва тимчасових мостів.

Як свідчать дані дослідження, будова практично всіх тимчасових автомобільно-залізничних мостових переходів здійснювалася на ближніх обходах без збереження профілю проїзду, з використанням інвентарних мостових конструкцій СРП 18,53 м; ІМІ 60; МІК-С, прогонових будов виготовлених із зварних широкополичних двотаврових балок  $L_p = 18,53$  м із сталі 15ХСНД. Повна довжина балок 18,53 м, розрахункова довжина 18,0 м. Розрахункове навантаження Н6 (навантаження залізничне), проектне тимчасове навантаження автомобільне Н30, НК-80 (рис 1).

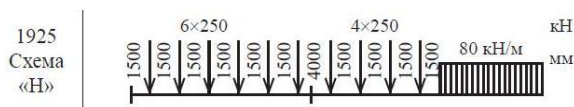


Рис. 1. Схема навантаження Н1

З метою індустріалізації робіт, збірка основних елементів, будов, конструкцій (СРП-18; 23, ІМІ 60; МІК-С), виконувалася як правило в пунктах постійної дислокації, полігонах і будівельних майданчиках поряд з об'єктами відновлення що сприяло перетворенню основних процесів робіт на швидкісні процеси монтажу. Для реалізації проектних рішень у зв'язку з незначною висотою мостів було прийнято рішення використовувати дерев'яні палеві опори. Забивка дерев'яних палей здійснювалася за відповідними технологічними схемами за допомогою агрегату УСА з навісним обладнанням на автокрані дизель-молотом УР-1250 (рис. 2).



Рис. 2. Забивка дерев'яних палей за допомогою агрегату УСА з навісним обладнанням на автокрані дизель-молотом УР-1250

При відновленні мостів по старій осі реалізовані інженерні рішення щодо влаштування додаткових палевих фундаментів з об'єднанням їх в загальну конструкційну систему з існуючими фундаментами (Тарасенко, 1972а та 1972б). Палі об'єднувались в сумісну роботу за допомогою монолітного залізобетонного ростверку (рис. 3).



Рис. 3. Реалізація інженерних рішень щодо влаштування додаткових палевих фундаментів

В якості основи для опор з майна ІМІ-60 (МІК-С) в основному використовувалися існуючі фундаменти, які підсилювалися додатковими залізобетонними палями. Варто зазначити що проїзна частина мостів в основному була збудована з дерев'яного настилу за проектним габаритом Г8 який влаштовувався на прогонових будовах із зварних широкополочних двотаврових балок  $L_p = 18,53$  м на який за допомогою лапчастого болта кріпились дерев'яні поперечини  $200 \times 240$  мм довжиною 3,2 м та 4 м.

Проїзна частина відокремлювалась від тротуару колесо відбійником – брус  $100 \times 100$  мм по всій довжині мосту (рис. 4).



Рис. 4. Інженерні рішення щодо влаштування проїзної частини

Необхідно відмітити що в ході будівництва тимчасових мостових переходів в залежності від різних умов будівництва і проектних рішень поряд з дерев'яними покриттями проїзної частини мостів застосовувались деякі традиційні типові конструкції одягу проїзної частини із залізобетону.

У контексті забезпечення реалізації проектного рішення при проведенні будівельних робіт тимчасового автомобільного мостового переходу через р. Сейм біля с. Мути́н Сумської області на км 18+776 а.д.з/к д/з Р-60 Кролевець-Конотоп – Ромни – Пирятин проїзна частина прийнята монолітною із залізобетону  $h=20$  см. У ході реалізації відповідного інженерного рішення значна увага приділялася влаштуванню суцільної залізобетонної плити по всій площі споруди, що дозволило збільшити його несучу здатність і довговічність (Радзиховский, Ройтбурд, & Тененбаум, 1976; Радзиховский, Ройтбурд, Тененбаум, et al., 1980). При цьому вирішувалося питання про спільну роботу плити з інвентарними мостовими конструкціями прогонових будов виготовлених із зварних широкополочних двотаврових балок  $L_p = 18,53$  м із сталі 15ХСНД. Всі роботи на об'єкті виконувалися

відповідно до технологічних карт; міцність бетону контролювалася на об'єкті «склерометром». Максимальне відхилення міцності бетону склало близько 9 %. Особлива увага приділялась питанням влаштуванню дренажу, системі водовідведення та влаштуванню гідроізоляції, оскільки ці роботи гарантують розрахункову довговічність несучих конструкцій і стабільність властивостей бетону і арматури в часі.

Отже, є очевидним що застосування приведених методів будівництва тимчасових мостових переходів дозволили в короткі терміни з мінімальними витратами привести будівельні роботи (ДБН 6.2.3-26:2010, 2011).

Безсумнівним є також і те, що якісне і технічно грамотне проведення заходів технічної розвідки, оцінка ступенів об'ємів руйнувань, визначення найбільш ефективних технологічних рішень щодо будівельних робіт залежить від ряду факторів, які необхідно в кожному конкретному випадку піддавати ґрунтовному аналізу, а саме: вивчення стану відновлювального об'єкту, аналіз його роботи за весь період експлуатації, рівень фізичного стану конструктивних елементів, ступінь серйозності пошкоджень, можливих конструктивних недоліків, техніко-економічний аналіз та аналіз майбутніх перспектив з умов доцільності прийняття конкретних інженерних рішень.

Необхідно передусім також зазначити, що вантажопідйомність (несуча здатність), пропускна здатність, безпека руху – це ті корінні фактори, на яких базується будівництво, зокрема мостів. Обов'язковим доповненням вказаних факторів є експлуатаційні показники: а) нормований строк служби моста згідно вимог ДБН (ДБН В.2.3-22:2009); б) техніко-економічна ефективність, експлуатаційні видатки; в) короткі строки виконання робіт порівняно з повноцінним будівництвом.

Результати досліджень підтверджують також той факт що при вирішенні задач будівництва тимчасових мостових переходів додатковою, але досить важливою умовою є максимальне використання існуючих інвентарних мостових конструкцій, і збереження наявних конструкцій (але не на шкоду якості), що гарантує мінімальну вартість відновлювальних (будівельних) робіт і строки виконання робіт.

Приведені методи будівництва тимчасових мостових переходів дозволяють в короткі терміни з мінімальними витратами привести будівельні роботи.

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

**Наукова новизна та практична значимість**

Отриманий практичний результат, який підтверджує універсальну можливість застосування конструкцій інвентарного мостового майна для відновлення і будови тимчасових мостових переходів.

Поза сумнівом, представлені вище інженерно-конструктивні рішення і методи відновлення (будівництва) мостів, конструкціями інвентарного мостового майна є апробованими і такими що зарекомендували себе як ефективні. Проте розглянуті інженерно-конструктивні рішення і методи, які мають високу практичну цінність, вимагають усебічного наукового обґрунтування. Розробка основ застосування інвентарних прогонових будов із застосуванням комплексних будівельних технологій індустріалізації монтажних робіт, нових способів і методів ведення підготовчих робіт визначає наукову новизну статті.

**Висновки**

У статті запропонований ряд нових інженерно-конструктивних рішень відновлення (будівництва) тимчасових мостових переходів шляхом застосування інвентарного мостового майна СРП 18,53 м; ІМІ 60; МІК-С, прогонових будов виготовлених із зварних широкополочних двотаврових балок. Надалі ці рішення і пропозиції уточнюватимуть на основі теоретичних досліджень, а також будуть запропоновані нові алгоритми відновлення (будівництва) тимчасових мостових переходів.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- Kuhlmann, U., Breunig, S., Götz, L.-M., Pourostad, V., & Stempniewski, L. (2020). New developments in steel and composite bridges. *Journal of Constructional Steel Research*, 174, 106277.
- Reshetnov, A. Yu., Solomka, V. I., & Ovchynnykov, P. A. (2017). Parameters of typical continuous steel

truss spans under a high-speed movement. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 11, 88-101.

- Балабух, Я. А. (2010). *Міцність, деформації та експлуатаційні якості сталезалізобетонних мостів: дис. канд. техн. наук*. Львів: Львівська політехніка.
- Більченко, А. В., Кіслов, О. Г., & Бадаєва, О. В. (2008). Концепція розвитку будівництва, експлуатації і ремонту мостових споруд до 2012 р. в м. Харкові. *Науковий вісник будівництва*, 48, 71-73.
- ДБН 6.2.3-26:2010 (2011). *Мости і труби сталеві конструкції. Правила*. Київ: Мінрегіонбуд України.
- Ключник, С. В. (2017). Аналіз сучасного стану металевих прогонових будов залізничних мостів. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 12, 29-40.
- Радзиховский Ю. А., Ройтбурд, З. Г., & Тененбаум, Э. М. (1976). Влияние состояния верхнего строения пути на процесс взаимодействия системы «мост-экипаж». *Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта*, 178/20, 30-35.
- Радзиховский, Ю. А., Ройтбурд, З. Г., Тененбаум, Э. М. et al. (1980). Взаимодействие опытного состава с многопролетным мостом. *Вопросы динамики мостов и теории колебаний*, 207/24, 50-58.
- Тарасенко, В. П. (1972а). К вопросу о колебаниях балок, нагруженных системой сосредоточенных грузов. *Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта*, 126, 127-138.
- Тарасенко, В. П. (1972б). Исследование пространственных колебаний пролетных строений металлических балочных мостов. *Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта*, 127, 87-97.
- Фтемов, Ю. О. (2021). Основні етапи організації інженерної підтримки мобільності військ (сил). *Застосування Сухопутних військ Збройних Сил України у конфліктах сучасності*. Львів, НАСВ, 144.

I. S. OSTAPENKO\*

\*Department of Military Training of Specialists of the State Special Service of Transport, Ukrainian State University of Science and Technology, Lazaryana Street, 2, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 793 19 09, e-mail kvpdsst@gmail.com, ORCID 0000-0003-2232-7138

## **STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF STRUCTURES OF BRIDGE PROPERTY INVENTORY IN THE CONSTRUCTION OF TEMPORARY BRIDGE CROSSINGS**

**Purpose.** Research of constructive and technological solutions for the use of inventory bridge property during the construction and temporary restoration of bridge crossings. Development of recommendations regarding the multi-purpose use of metal beams of inventory bridge property during the construction and temporary restoration of bridge crossings under normalized loads. **Method.** To achieve the set goal, the work was carried out: the study of structural and technological solutions for the use of inventory bridge property (Peyne beams) in the construction and temporary restoration of bridge crossings, highlighted in the literature; study and generalization of design experience and technological solutions of combining wooden structures and details with metal beams in the construction of temporary bridge crossings. **The results.** The result of this work is collected data on the advantages and disadvantages of using metal span structures of bridges in combination with wooden structures and elements. Analysis of the possibility of using these structures for quick restoration of bridge crossings and ensuring safe traffic. **Originality.** It consists in the fact that for the quick and high-quality restoration of the destroyed transport infrastructure, in particular, road and railway bridges, it is proposed to use metal beams of long-term storage inventory bridge property in combination with wooden structures and elements included in the joint work. This will make it possible to rationally use the existing reserve of materials, high rates of recovery and reliable provision of traffic of the corresponding transport. **Practical value.** Based on the obtained research data, it is possible to conclude that the constructive and technological solutions of the use of inventory bridge property (Peine beams) in the construction and temporary restoration of bridge crossings have a number of technological advantages that make it possible to ensure the effective restoration of railway structures destroyed by military actions in a short time. The method of combining wooden structures and elements with metal beams of span structures of the carriageway during the temporary restoration of road bridges increases their carrying capacity.

**Keywords:** beam; span structure of a railway bridge; bridge crossings; automobile bridges; constructive and technological solutions

#### REFERENCES

- Kuhlmann, U., Breunig, S., Gölz, L.-M., Pourostad, V., & Stempniewski, L. (2020). New developments in steel and composite bridges. *Journal of Constructional Steel Research*, 174, 106277. (in English)
- Reshetnov, A. Yu., Solomka, V. I., & Ovchynnykov, P. A. (2017). Parameters of typical continuous steel truss spans under a high-speed movement. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 11, 88-101. (in English)
- Balabukh, Ya. A. (2010). *Mitsnist, deformatsii ta ekspluatatsiini yakosti stalezalizobetonnykh mostiv: dys. kand. tekhn. nauk*. Lviv: Lvivska politekhnika. (in Ukrainian)
- Bilchenko, A. V., Kislov, O. H., & Badaieva, O. V. (2008). Kontseptsiiia rozvytku budivnytstva, ekspluatatsii i remontu mostovykh sporud do 2012 r. v m. Kharkovi. *Naukovyi visnyk budivnytstva*, 48, 71-73. (in Ukrainian)
- DBN 6.2.3-26:2010 (2011). *Mosty i truby stalevi konstruktsii. Pravyla*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
- Kliuchnyk, S. V. (2017). Analiz suchasnoho stanu metalevykh prohonovykh budov zaliznychnykh mostiv. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 12, 29-40. (in Ukrainian)
- Radzikhovskiy Yu. A., Roytburd, 3. G., & Tenenbaum, E. M. (1976). Vliyanie sostoyaniya verkhnego stroeniya puti na protsess vzaimodeystviya sistemy «most-ekipazh». *Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta*, 178/20, 30-35. (in Russian)
- Radzikhovskiy, Yu. A., Roytburd, 3. G., Tennenbaum, E. M. et al. (1980). Vzaimodeystvie opytnogo sostava s mnogoproletnym mostom. *Voprosy dinamiki mostov i teorii kolebaniy*, 207/24, 50-58. (in Russian)
- Tarasenko, V. P. (1972a). K voprosu o kolebaniyakh balok, zagruzhennykh sistemoy sosredotochennykh gruzov. *Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta*, 126, 127-138. (in Russian)
- Tarasenko, V. P. (1972b). Issledovanie prostranstvennykh kolebaniy proletnykh stroeniy metallicheskikh balochnykh mostov. *Trudy Dnepropetrovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta*, 127, 87-97. (in Russian)
- Ftemov, Yu. O. (2021). Osnovni etapy orhanizatsii inzhenernoi pidtrymky mobilnosti viisk (syl). *Zastosuvannia Sukhoputnykh viisk Zbroinykh Syl Ukrainy u konfliktakh suchasnosti*. Lviv, NASV, 144. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 26.09.2022.

Прийнята до друку 28.10.2022.