МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.873:625.1.09.012.35

М. В. ГЕРНИЧ[1*], С. В. КЛЮЧНИК[2]

[1*] 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
[2] 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

ВИКОРИСТАННЯ МАЙНА НАПЛАВНОГО МОСТУ НЖМ-56 ЗВАЖАЮЧИ НА ВИКЛИКИ ВІЙСЬКОВОГО СЬОГОДЕННЯ

Мета. Метою даної роботи є вивчення досвіду використання майна наплавного залізничного мосту НЖМ-56 для технічного прикриття важливих транспортних споруд та швидкого відновлення руху автомобільного транспорту через водні перешкоди на постраждалих в наслідок ведення бойових дій територіях України, з огляду на виклики військового сьогодення. **Методика.** Вивчення досвіду наведення та експлуатації автомобільних понтонних переправ споруджених з майна наплавного залізничного мосту (НЖМ-56) підрозділами Державної спеціальної служби транспорту через річку Десна в Чернігівській області. **Результати.** Результатом даної роботи є зібрані данні про переваги та проблемні питання, що виникли при наведені та експлуатації наплавних автомобільних мостів споруджених із майна наплавного залізничного мосту. Використання наявного матеріального ресурсу, а саме майна наплавного залізничного мосту (НЖМ-56), для побудови на ближньому обході від зруйнованих в наслідок ведення бойових дій мостів мостових переходів з наплавними мостами дало можливість в стислі терміни відновити рух автомобільного транспорту на дорогах державного значення. Виявлені слабкі сторони при експлуатації наплавних мостів, це дерев'яне мостове полотно, яке не витримує інтенсивне колісне навантаження та незначна відстань між плавучими опорами (понтонами) по фасаду, що вимагає безперервного догляду за переправою. Відпрацьовані напрямки подальших досліджень для покращення технічних та експлуатаційних характеристик. Запропоновано розглянути можливість використання сталезалізобетонних прогонових будов високого відсотку заводського виготовлення для перекриття прогонів наплавних мостів. **Наукова новизна.** Наукова зацікавленість полягає в тому, що для швидкого та якісного відновлення руху через широкі та глибокі водні перешкоди, був використаний наявний матеріальний ресурс, майно наплавного залізничного мосту (НЖМ-56), для наведення автодорожніх переправ, що значно покращило транспортну логістику постраждалих в наслідок бойових дій регіонів України. **Практична значимість.** Спираючись на вивчений досвід наведення наплавних (понтонних) мостів (переправ) можливо зробити висновок, що наплавні мости є ефективним способом забезпечення транспортної логістики в складних місцевих умовах повноводних річок із суттєво змінним протягом року рівнем води, мають низьку переваг, тому використання даних конструкцій може забезпечити швидкісне та якісне відновлення руху.

Ключові слова: наплавні мости; понтони; автодорожній проїзд; технічне прикриття; сталезалізобетонні прогонові будови

Вступ

Війна вже спричинила найбільші руйнування в Європі з часів Другої Світової війни та продовжує нищити національну інфраструктуру. Окреме місце в цих збитках займають наші транспортні споруди. Найбільших втрат зазнали регіони: Київщина, Чернігівщина, Сумщина, Харківщина, Одещина та Запорізька область.

Після визволення від окупації постає питання налагодження транспортної логістики для допомоги постраждалим регіонам та їх економічну відновленню.

В Україні введенні в дію правові та організаційні основи функціонування єдиної транспортної системи в особливий період (Закон, 1998). До заходів технічного прикриття, зокрема, відноситься створення дублюючих мостових переходів і організація переправ через важливі водні перешкоди.

Найшвидші темпи відновлення руху через широкі та глибокі річки може забезпечити наведення тимчасових наплавних мостів. При наявності необхідної техніки і навченого особового складу час наведення наплавного мосту

Creative Commons Attribution 4.0 International © М. В. Гернич, С. В. Ключник, 2022

ISSN 2413-6212 (Online), ISSN 2227-1252 (Print)
Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 2022, № 22

залежить від ширини водного потоку і обчислюється добами.

До переваг наплавних мостів також відноситься можливість багаторазового використання. Наплавні мости мають можливість маневру, їх можна розвести та звести у необхідний час, це велика перевага враховуючи наявність у ворога високоточної зброї.

Основні елементи наплавного мосту це плавучі опори (понтони) та прогонові споруди. В якості понтонів можуть бути використані наявні місцеві герметичні конструкції, але найчастіше це інвентарні конструкції виготовлені за типовими проектами. В основному зустрічаються інвентарні металеві понтони замкнутого типу КС-63, УП-78, П-12 та понтони мосту НЖМ-56. Більше уваги приділимо використанню майна НЖМ-56, яке зберігається та використовується Державною спеціальною службою транспорту.

Майно НЖМ-56 призначене для наведення залізничних наплавних мостів і влаштування поромних переправ через широкі та глибокі водні перешкоди. Мости з НЖМ-56 можуть експлуатуватися при швидкості течії води до 2 м/с і швидкості вітру до 12 м/с (НЖМ-56, 1977).

Мета

Метою даної роботи є дослідження досвіду використання майна наплавного залізничного мосту НЖМ-56 для технічного прикриття важливих транспортних споруд та швидкого відновлення руху автомобільного транспорту. Узагальнити досвід наведення переправ та їх експлуатації. Позначити напрямки подальших досліджень для покращення експлуатаційних характеристик подібних наплавних мостів та водопропускної здатності при достатній вантажопідйомності.

Методика

Вивчення досвіду наведення понтонних переправ з майна НЖМ-56 підрозділами Державної спеціальної служби транспорту в Чернігівській області.

Результати

Враховуючи виклики військового сьогодення постає питання раціонального використання наявного матеріального ресурсу. Так в м. Чернігів через р. Десна поруч із зруйнованим автомобільним мостом був наведений наплавний міст з майна НЖМ-56 під два автомобільних проїзди, це дозволило забезпечити безперервний рух автотранспорту на визначеній ділянці (рис. 1, 2).

Рис. 1. Наведення наплавного мосту біля зруйнованого автомобільного мосту через р. Десна біля м. Чернігів

Рис. 2. Автодорожній наплавний міст через р. Десна біля м. Чернігів

Особливістю даного мосту є те, що замість прогонових будов під залізницю був змонтований ще один автодорожній проїзд. Для наведення мосту було використано 26 плавучих опор з майна НЖМ-56 (рис. 3).

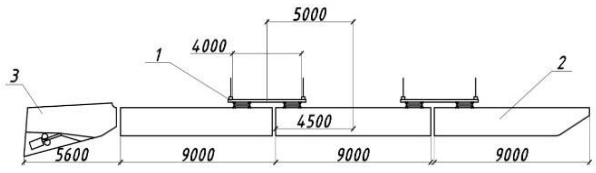

Рис. 3. Поперечний переріз наплавного мосту з майна НЖМ-56:
1 – автодорожній прогін, 2 – понтон (з трьох секцій), 3 – катер – штовхач (самохідна секція понтона)

Прогонові будови автодорожнього проїзду були використані інвентарні об’єднані в нерозрізну балку за допомогою фланцевих стиків з восьма болтами (рис. 4).

© М. В. Гернич, С. В. Ключник, 2022 Creative Commons Attribution 4.0 International

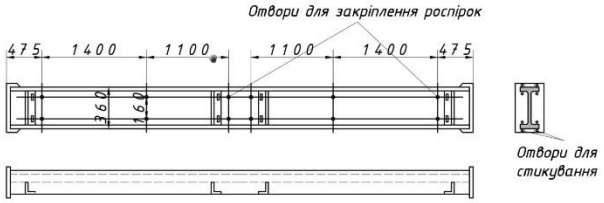

Рис. 4. Елементи автопроїзду з майна НЖМ-56

Початкова довжина мосту була зумовлена весняним повноводдям і становила 160 м. Потім рівень води в річці Десна впав майже на 4 м і довжина мосту скоротилась до 120 м. Таким чином було вивільнено 7 понтонів кожен з яких складається з трьох секцій: носова, середня, кормова. Доукомплектування наявного ресурсу понтонами та прогонами автопроїзду дало можливість спроектувати та навести наплавний автомобільний міст через р. Десна біля с. Велике Устя Чернігівської області на 500 м вище за течею від зруйнованого автомобільного мосту (рис. 5) загальною довжиною 112,5 м (рис. 6).

Рис. 5. Зруйнований автомобільний міст через р. Десна біля с. Велике Устя Чернігівської області

Рис. 6. Автомобільний наплавний міст через р. Десна біля с. Велике Устя Чернігівської області

Особливістю цього мосту є те що кожна плавуча опора була зібрана з двох секцій понтонів майна НЖМ-56 (рис. 7) на які був влаштований інвентарний автодорожній проїзд (рис. 8).

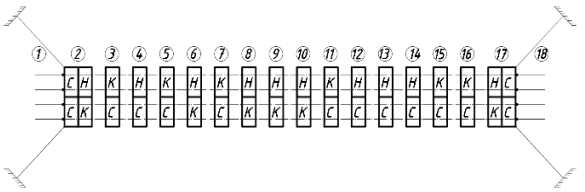

Рис. 7. Схема збирання понтонів з секцій понтонів майна НЗМ-56:
Н – носова, С – середня, К – кормова

Вантажопідйомність розглянутих вище конструктивних рішень визначено в технічних умовах (НЖМ-56, 1977), класичний наплавний міст з майна НЖМ-56 (плавуча опора складається з трьох секцій понтонів з залізничним і одним автодорожнім проїздом) за відсутності на мосту поїзда автодорожнім проїздом можуть пропускатися гусеничні машини масою до 50 т з дистанцією 50 м або колона автомобілів масою до 17 т без обмеження дистанцій. Також визначено, що у разі необхідності по носовим секціям понтонів може бути укладений другий автодорожній проїзд виготовлений із місцевих матеріалів під навантаження 25 т.

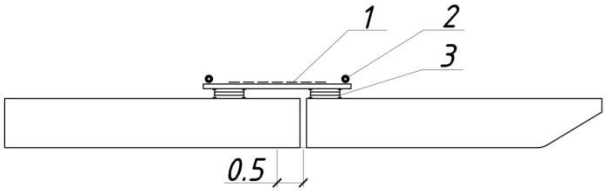

Рис. 8. Розташування прогонів автопроїзду на плавучій опорі з двох секцій понтонів НЖМ-56:
1 – дошки автопроїзду; 2 – колесовідбійник;
3 – прогонова будова

У разі наведення наплавного мосту, у якого плавуча опора складається з двох секцій понтонів і одного інвентарного автодорожнього проїзду (рис. 7), вантажопідйомність такого мосту буде складати 21 т.

Обмеження вантажопідйомності вищезазначених конструкцій виникає за рахунок вичерпування ресурсу металевих балок прогонових будов автодорожнього проїзду. Плавучі опори (понтони) розраховані для сприйняття залізничного навантаження тому мають значний запас в перерахунку на автомобільне навантаження, при цьому дозволяють збільшити довжину прогону (Горбатюк, Радкевич, & Солдатов, 2013; Pinkney, Dagenais, & Wight, 2022; Fenerci, Kvåle, Xiang, & Øiseth, 2022).

Creative Commons Attribution 4.0 International © М. В. Гернич, С. В. Ключник, 2022

ISSN 2413-6212 (Online), ISSN 2227-1252 (Print)
Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 2022, № 22

Одним із способів збільшити пропускну можливість подібних наплавних мостів може бути переобладнання інвентарних залізничних прогонових будов майна НЖМ-56 під автодорожній проїзд, чи заміна інвентарного автодорожнього проїзду на прогонові будови більшої вантажопідйомності. Для цього пропонується на інвентарні металеві балки додати бетонну плиту, що включається у сумісну роботу (сталезалізобетонна конструкція). Збільшення вантажопідйомності такої конструкції дозволяє збільшити величину прогону, а бетонна плита має значно більшу витривалість до зносу ніж дерев'яний настил.

Під час експлуатації наплавних понтонних мостів виникли певні проблемні питання. Ускладнений пропуск руслом річки великих за розміром плавучих елементів (сміття), переважно дерев, які створюють додатковий тиск на міст, це питання частково вирішено натягуванням тросу вище за течією, але цей спосіб потребує постійного нагляду та виконання робіт по вилученню дерев з води. Також при експлуатації наплавних мостів протягом двох місяців є значне зношення дощатого покриття проїзної частини за рахунок великої інтенсивності руху автотранспорту.

Таким чином, для покращення пропускної спроможності під мостом (руслом річки) бажано збільшити відстань між плавучими опорами, тобто збільшити довжину прогону, хоча б у русловій частині мосту (рис. 9). Це зменшить кількість прогонів мосту, трудовитрати та час наведення переправи.

Рис. 9. Збільшення відстані між понтонами за рахунок використання більших прогонів

Важливим резервом металу для будівництва мостів є металеві конструкції тривалого зберігання – мостові балки мобілізаційного резерву (Гернич, Ключник, & Співак, 2021). В Україні є позитивний досвід використання металевих балок тривалого зберігання для відновлення значної кількості автодорожніх мостів у стислі терміни після руйнівних повеней 1998 та 2000 років у Закарпатській області. Цікавим є те, що використовуючи металеві балки мобілізаційного резерву були створені сталезалізобетонні прогонові будови (Балабух, 2010).

З огляду на перспективи використання наведених переправ прогнозується їх експлуатація до відновлення зруйнованих мостів, а це може зайняти тривалий період. Також наплавні мости планується використовувати як допоміжні при відновленні зруйнованих мостів, що збільшить транспортний потік, зокрема, будівельної техніки. Тому є потреба розглянути питання заміни дерев'яного покриття проїзної частини на покриття з кращими експлуатаційними характеристиками, наприклад, залізобетонні плити.

Вивчаючи досвід світового мостобудування (Hällmark, Collin, & Nilsson, 2013) помітні тенденції на перехід до збірних сталезалізобетонних конструкцій, зокрема прогонових будов із високим відсотком заводського виготовлення, це має ряд конструктивних переваг та скорочення термінів будівництва (Стороженко, et al., 2008; Лучко, & Панасюк, (eds.), 2005).

Використання металевих балок тривалого зберігання об'єднаних в сумісну роботу з залізобетонною плитою проїжджої частини (сталезалізобетонних прогонових будов) значно покращило би експлуатаційні характеристики як проїжджої частини так і пропускної спроможності під мостом. Враховуючи найважливішу перевагу наплавних мостів таку як короткі терміни наведення, сталезалізобетонні прогонові будови повинні бути виготовлені заздалегідь та перебувати на зберіганні. Це питання потребує додаткового вивчення та дослідження.

Наукова новизна та практична значимість

Наукова зацікавленість полягає в тому, що для швидкого та якісного відновлення руху через широкі та глибокі водні перешкоди, був використаний наявний матеріальний ресурс (НЖМ-56) для наведення автодорожніх переправ, що значно покращило транспортну логістику постраждалих в наслідок бойових дій регіонів України. У зв'язку із значним запасом плавучості понтонів майна НЖМ-56 при використанні їх для відновлення руху автомобільного транспорту є можливість збільшення довжини прогону (відстані між понтонами по осі мосту) із застосуванням металевих балок виготовлених за типовими проектами. В свою чергу встановлення на металеві балки залізобетонної

© М. В. Гернич, С. В. Ключник, 2022 Creative Commons Attribution 4.0 International

плити об'єднавши їх у сумісну роботу, перетворивши на сталезалізобетонні прогонові будови, дасть можливість підвищити вантажопідйомність прогонових будов та покращити експлуатаційні характеристики проїзної частини мосту. Практично доведено, що наплавні мости є ефективним способом забезпечення транспортної логістики, мають низьку переправ, в наявності є відповідні конструкції та навчений особовий склад здатний швидко і якісно виконувати роботи з наведення переправ.

Висновки

Було досліджено досвід використання наявного майна, наплавного мосту НЖМ-56 для відновлення руху автомобільного транспорту через р. Десна у Чернігівській області. У результаті проведених досліджень можна зробити висновки:

1. Наплавні мости мають певні переваги при швидкому відновлені руху.

2. Незважаючи на свій вік, розробка середини 20-го століття, НЖМ-56 дозволяє забезпечувати технічне прикриття важливих транспортних сполучень.

3. Відновлення транспортної інфраструктури із застосуванням інвентарних конструкцій є ефективним використанням наявного матеріального ресурсу.

4. За досвідом експлуатації встановлено, що потребують покрашення елементи проїжджої частини та збільшення відстані між понтонами. Ці недоліки можна усунути використанням сталезалізобетонних прогонових будов із високим відсотком заводського виготовлення.

5. Доцільно дослідити використання металевих балок тривалого зберігання перетворених в сталезалізобетонні прогонові будови при наведені наплавних мостів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Fenerci, A., Kvåle, K. A., Xiang, X., & Øiseth, O. (2022). Hydrodynamic interaction of floating bridge pontoons and its effect on the bridge dynamic responses. *Marine Structures*, 83, 103174.

Hällmark, R., Collin, P., & Nilsson, M. (2013). Large-scale tests on a composite bridge with prefabricated concrete deck and dry deck joints. *Stahlbau*, 82(2), 122-133.

Pinkney, B., Dagenais, M.-A., & Wight, G. (2022). Dynamic load testing of a modular truss bridge using military vehicles. *Engineering Structures*, 254(1), 113822.

Балабух, Я. А. (2010). *Міцність, деформації та експлуатаційні якості сталезалізобетонних мостів* : дис. канд. техн. наук. Львів: Львівська політехніка.

Гернич, М. В., Ключник, С. В., & Співак, Д. С. (2021). Аналіз сталезалізобетонних прогонових будови мостів під залізницю, можливість їх використання для постконфліктного відновлення зруйнованої транспортної інфраструктури. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 19, 28-37.

Горбатюк, Ю. М., Радкевич, А. В., & Солдатов, К. І. (2013). Научно-теоретические и практические направления усовершенствования конструкций наплавных мостов. *Строительство и восстановление искусственных сооружений*, 45-49.

Закон (1998). Закон України «Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період» (із змінами і доповненнями). *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, 52, 318.

Лучко, Й. Й., & Панасюк, В. В. (eds.) (2005). *Мости: конструкції та надійність*. Львів: Каменяр.

НЖМ-56 (1977). *Наплавной железнодорожный мост НЖМ-56. Техническое описание и инструкция по монтажу, перевозке, хранению и эксплуатации*. Москва: Воениздат.

Стороженко, Л. І., et al. (2008). *Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій*. Полтава: АСМІ.

M. V. HERNICH[1*], S. V. KLIUCHNYK[2*]

[1*] 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
[2] 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

USE OF PROPERTY OF FLOATING BRIDGE NZHM-56 CONSIDERING TODAY'S MILITARY CHALLENGES

Creative Commons Attribution 4.0 International © М. В. Гернич, С. В. Ключник, 2022

Purpose. The purpose of this work is to analyze the use of the property of the floating railway bridge NZM-56 for the technical cover of important transport facilities and the rapid restoration of road traffic through water obstacles in the territories of Ukraine affected by the hostilities, taking into account the challenges of the military today. **Methodology.** Studying the experience of guiding and operating automobile pontoon crossings from the property of the floating railway bridge (NZM-56) by units of the State Special Service of Transport across the Desna River in the Chernihiv region. **Findings**. The result of this work is collected data on the advantages and problematic issues that arose during the construction and operation of floating bridges, development of directions for further research to improve technical and operational characteristics. The use of available material resources, namely the property of the floating railway bridge (NZM- 56), for the construction of bridge crossings with floating bridges on the short bypass of the bridges destroyed as a result of the hostilities made it possible to quickly restore the movement of road transport on the roads of state importance. The identified weaknesses in the operation of floating bridges are the wooden bridge deck, which cannot withstand the intense wheel load and the small distance between the floating supports (pontoons) along the facade, which requires continuous maintenance of the crossing. Development of directions for further research to improve technical and operational characteristics. It is proposed to consider the possibility of using steel-reinforced-concrete span structures with a high percentage of factory production to cover the spans of floating bridges. **Originality**. The scientific interest lies in the fact that for the quick and high-quality restoration of traffic through wide and deep water obstacles, the available material resource (NZM-56) was used to guide road crossings, which significantly improved the transport logistics of the regions of Ukraine affected by the hostilities. **Practical value.** Based on the learned experience of floating (pontoon) bridges, it is possible to conclude that floating bridges are an effective way of providing transport logistics, have low advantages, therefore the use of these structures can ensure effective restoration of traffic.

Keywords: steel reinforced concrete superstructures; restoration; stresses; deflections; European standards

REFERENCES

Fenerci, A., Kvåle, K. A., Xiang, X., & Øiseth, O. (2022). Hydrodynamic interaction of floating bridge pontoons and its effect on the bridge dynamic responses. *Marine Structures*, 83, 103174. (in English)

Hällmark, R., Collin, P., & Nilsson, M. (2013). Large-scale tests on a composite bridge with prefabricated concrete deck and dry deck joints. *Stahlbau*, 82(2), 122-133. (in English)

Pinkney, B., Dagenais, M.-A., & Wight, G. (2022). Dynamic load testing of a modular truss bridge using military vehicles. *Engineering Structures*, 254(1), 113822. (in English)

Balabukh, Ya. A. (2010). *Mitsnist, deformatsii ta ekspluatatsiini yakosti stalezalizobetonnykh mostiv* : dys. kand. tekhn. nauk. Lviv: Lvivska politekhnika. (in Ukrainian)

Hernych, M. V., Kliuchnyk, S. V., & Spivak, D. S. (2021). Analiz stalezalizobetonnykh prohonovykh budovy mostiv pid zaliznytsiu, mozhlyvist yikh vykorystannia dlia postkonfliktnoho vidnovlennia zruinovanoi transportnoi infrastruktury. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 19, 28-37. (in Ukrainian)

Gorbatyuk, Yu. M., Radkevich, A. V., & Soldatov, K. I. (2013). Nauchno-teoreticheskie i prakticheskie napravleniya usovershenstvovaniya konstruktsiy naplavnykh mostov. *Stroitelstvo i vosstanovlenie iskusstvennykh sooruzheniy*, 45-49. (in Russian)

Zakon (1998). Zakon Ukrainy «Pro funktsionuvannia yedynoi transportnoi systemy Ukrainy v osoblyvyi period» (iz zminamy i dopovnenniamy). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR)*, 52, 318. (in Ukrainian)

Luchko, Y. Y., & Panasiuk, V. V. (eds.) (2005). *Mosty: konstruktsii ta nadiinist*. Lviv: Kameniar. (in Ukrainian)

NZhM-56 (1977). *Naplavnoy zheleznodorozhnyy most NZhM-56. Tekhnicheskoe opisanie i instruktsiya po montazhu, perevozke, khraneniyu i ekspluatatsii*. Moskva: Voenizdat. (in Russian)

Storozhenko, L. I., et al. (2008). *Doslidzhennia i proektuvannia stalezalizobetonnykh strukturnykh konstruktsii*. Poltava: ASMI. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 09.09.2022.
Прийнята до друку 14.10.2022.

© М. В. Гернич, С. В. Ключник, 2022 Creative Commons Attribution 4.0 International