

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 042.8: 624.872

К. І. СОЛДАТОВ^{1*}, Ю. М. ГОРБАТЮК^{2*}

^{1*} Каф. «Мости», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (096) 527 26 01, ел. пошта kim-kim@i.ua

^{2*} Каф. «Мости», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (093) 339 41 28, ел. пошта Yuri.Gorbatyuk@gmail.com

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ НАПЛАВНИХ МОСТІВ

Мета. Метою даної роботи є удосконалення конструкції наплавних мостів з метою придатності їх для пропуску сучасних навантажень та застосування нових матеріалів і конструктивних форм. **Методика.** Для дослідження прийнята методика аналізу існуючих навантажень, технологій, матеріалів та форм. **Результати.** На основі аналізу даних запропоновано застосування нових полегшених матеріалів, сучасних конструктивних форм та показана придатність їх для пропуску сучасних навантажень. **Наукова новизна.** Новизна полягає в тому, що запропоновані нові конструкції понтонів та прогонових будов. **Практична значимість.** Результати роботи можуть знайти застосування при проектуванні сучасних наплавних мостів на заміну застарілих НЖМ-56.

Ключові слова: понтон; пластиковий понтон; наплавні мости; наскрізні двотаври; конструктивні форми

Вступ

Якщо оцінити існуючу, яка є на озброєнні Міністерства оборони України, конструкцію наплавного мосту НЖМ-56 [1], в цілому, то вона просто застаріла (початок розробки відноситься до 1946 року), враховуючи, що нормативний термін використання і зберігання становить 20 років.

По вантажопідйомності вона не здатна переправити навіть невелику цистерну з нафтою. Новий наплавний міст, на який взяло курс Міністерство оборони Росії, повинен витримувати 8-вісні цистерни і дозволяти переправляти не тільки колони танків і піхоти, але рухомий склад вагою до 3 тисяч тонн. Проте за оцінкою такий міст матиме вартість до 1 млрд. рублів. Це пояснюється тим, що до складу моста, крім самих понтонів, входить: 30 тягачів для перевезення конструкцій, 30 катерів для монтажу і 30 машин для перевезення різних комплектуючих і людей, які все це будуть збирати. Щоб перевезти один такий плавучий міст буде потрібно склад з 240 вагонів. Міст однаково підходить як для потягів, танків і машин. Нова конструкція моста розрахована на сучасні важкі локомотиви і матиме пропускну здатність яка у п'ять разів перевищує характеристики старого за рахунок зростання

швидкості до 50 км/год. Вже зараз (введений в експлуатацію у 2005 році) в Росії створено новий тип наплавного моста-стрічки, який має ряд переваг у порівнянні з НЖМ-56 (рис. 1).

Думаємо, що в цьому напрямку повинна відбутися модернізація і на Україні, однак з урахуванням окремих, притаманних їй, особливостей, доступних сучасних технологій і матеріальних можливостей. Але, якщо врахувати, що під час паводків та надзвичайних ситуацій ідуть великі, які не окупають себе згодом, витрати, то створення довговічних і мобільних конструкцій має сенс.

На зміну їй можуть і повинні вже зараз прийти більш досконалі конструкції, які по більшості показників будуть кращими, їх вартість може бути зменшена на 25...30 %. Крім того життя потребує таких аналогічних конструкцій не тільки для залізничного транспорту але і для автомобільного та пішохідного. Це пов'язано з тим, що у мирний час Міністерство з надзвичайних ситуацій потребує такого майна для мирних потреб з метою відновлення руху автотранспорту та людей при руйнуванні штучних споруд при повенях та інших стихійних лихах.

Такі надзвичайні ситуації в останні роки виникають практично кожен рік (особливо у західних регіонах України).

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА



Рис. 1. Загальний вигляд залізничного моста-стрічки МЛЖ-ВФ-ВТМета

Таким чином якщо поєднати потреби Міністерства оборони та Міністерства з надзвичайних ситуацій, то повинні бути розроблені прості конструкції які призначені окремо для руху залізничного транспорту, автомобільного та пішоходів. При обґрунтуванні доцільності можна проектувати такі наплавні мости в наступних комбінаціях:

- легкі автомобілі (легкові) та пішоходи;
- автомобілі різної вантажопідйомності та пішоходи;
- автомобілі різної вантажопідйомності та залізничний транспорт;
- залізничний транспорт та пішоходи;
- залізничний, автомобільний транспорт та пішоходи.

Методика

У новому проекті можна перш за все застосувати нові матеріали для прогонових будов (замість сталі М16 застосувати сталь 15ХСНД). Вже дана заміна приведе до економії металу приблизно на коефіцієнт відношення розрахункових опорів даних матеріалів (13,6 %). Різниця у вартості цих сталей окупить себе за рахунок зменшення ваги прогонової будови (витрати на виготовлення, перевозку, монтаж тощо).

Нові полегшені конструктивні форми прогонових будов можуть бути реалізовані за рахунок застосування для прогонових будов в першу чергу дуже економічних наскрізних двотаврів (рис. 2). За результатами досліджень проведених у магістерській роботі [2] економія металу складає до 22 %.

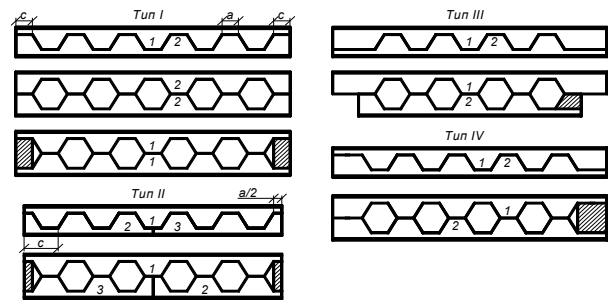


Рис. 2. Наскрізні двотаври, утворені із звичайних двотаврів

Результати

В мостобудуванні є поодинокі приклади використання наскрізних двотаврів у якості основних несучих конструкцій допоміжних конструкцій (робочі містки, естакади, риштування, підкопрові містки тощо) з умови зниження власної ваги конструкцій.

Однак наскрізні двотаври вже знайшли своє застосування для прогонових будов тимчасових мостів, зокрема під автомобільний рух [3].

Одним із прогресивних напрямків підвищення ефективності двотаврових профілів прокату є створення балок з перфорованою стінкою. Такі балки утворюються шляхом розрізу стінки двотавра по зигзагоподібній лінії за допомогою газової різки чи методом пресування. Розрізані частини балки з'єднуються в місцях примикання.

Виходить своєрідна конструктивна форма – двотавр з отворами в стінці. В технічній літературі він отримав декілька назв: двотавр з перфорованою стінкою, двотавр з розвиненим перетином, наскрізний двотавр.

Несуча здатність наскрізних двотаврів у 1,3...1,5 рази вище несучої здатності вихідного. Ефективність двотавра з перфорованою стінкою у зрівнянні з вихідним пояснюється тим, що висота першого збільшується приблизно в 1,5 рази, завдяки отворами в стінці нового двотавра із неї як би виймається до 35...40 % матеріалу. Двотаври з перфорованою стінкою забезпечують 20...30 економії металу у порівнянні з прокатними двотаврами та дешевші останніх на 10...18 %. За трудомісткістю виготовлення вони на 25...35 % ефективніші, ніж зварені двотаври, за рахунок скорочення операцій обробки та об'єму зварювання. Фігурна розрізка двотавра, стиківка його частин та вста-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

новлення ребер жорсткості в якійсь мірі знижує ефект економії металу, але тим не менш він все одно є позитивним.

Прокатні двотаврові балки за ТУ 14-2-24-72 нормальні (Б) та широкополічкові (Ш) з паралельними полічками з сталей класів С 38/23 та С 46/33 повною мірою підходять для компонування наскрізних двотаврів.

Розрахунки показують, що момент інерції таких балок збільшується у 2,2...2,3 рази у зрівнянні з двотавровими балками з суцільною стінкою, з яких вони утворені при незначній модернізації. У даній публікації обґрунтовується можливість застосування наскрізних двотаврів в мостобудуванні з точки зору економії металу, оскільки вартість металу з часом значно зростає. Економія навіть 5..7 % металу на кожній прогоновій будові загалом дає суттєвий економічний ефект.

Крім того з метою економії можна застосувати для несучих конструкцій різні марки сталі. Наприклад, у розрізній прогінній будівлі з дерев'яною проїжджою частиною верхній стиснутий пояс з умови забезпечення його загальної стійкості можна прийняти з двотавра типу Ш, сталі 16Д, а нижній розтягнутий пояс – з балки типу Б та сталі 15ХСНД. Для прогінних будівель наплавних мостів знайдуть наскрізні двотаври, виготовлені з прокатних № 55, 60, 70, 80, 90, 100 типів Б и Ш. Принципи проектування і методика розрахунку розв'язаних по висоті наскрізних двотаврів розроблені «ЦНИИПроектстальконструкцией» і внесені в СНиП II-23-81 [4].

У сукупності ці дві пропозиції можуть дати економію металу до 22...25 % та економію на кожній прогоновій будові, наприклад СРП-33.6 – 263 000 грн. (з врахуванням ціни на 1 тону готового виробу 29 000 грн.).

Іншим елементом наплавного мосту є підтримуючі конструкції – понтони. В цьому напрямку також можна значно спростити конструкцію а головне зробити її більш дешевою за рахунок застосування понтонів з полімерів (скловолокно та інше), комбінованих (полімери + метал) або інші варіанти. Наприклад для наплавного мосту під легкі автомобілі та пішохідний рух можна використовувати понтони з полімерів, під автомобільний рух – комбіновані (полімери підсилені металом), а для залізничного транспорту металеві: по проїзній частині –

металеві і додатково з боків у якості підтримуючих – з полімерів. Тим більш, що зараз понтони з полімерів все частіше використовують як в мостобудуванні так і в берегоукріпленні та у якості причальних пристроїв. Прикладами таких понтонів можуть бути наведені на рис. 3-8. Модульні пластикові понтони та споруди з них надійні у період повеней. Один модуль понтона витримує навантаження до 600 кг. Понтони виготовлені з високоякісного первинного полімеру LLDPE марки ELEX. Понтони ремонтпридатні.

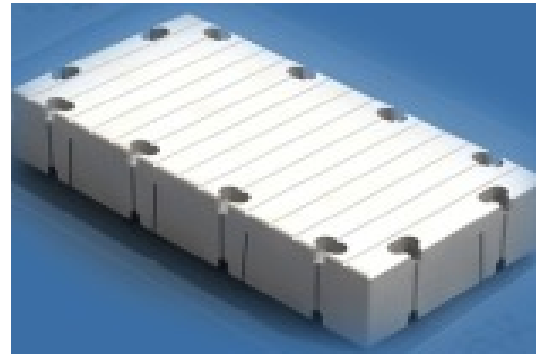


Рис. 3. Модульний пластиковий понтон виготовлений з полімеру LLDPE марки ELEX



Рис. 4. Понтон Компанії «RUSPONTON»



Рис. 5. Понтонний міст під рух автотранспорту та пішоходів

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА



Рис. 6. Варіант з'єднання понтонів



Рис. 7. Понтонний міст під рух автотранспорту та пішоходів



Рис. 8. Наплавний залізничний міст (НЖМ-56), дослідження

Що стосується баштових конструкцій ІМІ-60, які призначені для влаштування тимчасових опор, то вони можуть бути замінені більш ефективними інвентарними конструкціями МІК-С та МІК-П (які вже витіснили менш ефективні інвентарні конструкції з кутиків – УІКМ), оскільки вони також мають меншу вагу (наприклад стійка ІМІ-60 має вагу 1 п.м. – 68,7...82,0 кг і має несучу здатність на стиск – 121,8 тс, в той час як 1 п.м. МІК-С важить

56,5 кг і має несучу здатність на стиск – 100 тс).

Як приклад можна навести конструкції готових наплавних мостів, які пропонує і інтенсивно впроваджує Російська Федерація. Міст складається з окремих частин і берегових опор. Наплавна частина включає мостові ділянки понтонного типу загальною довжиною від 46 до 200 м і забезпечують кисть пропуск автомобілів масою до 40 тонн. Мостові ділянки за допомогою спеціальних зчіпних замків збираються в міст необхідної довжини.

Одна з мостових ділянок виготовляється пролітного типу, що забезпечує пропуск маломирного флоту. Верхня надбудова для проїзду автотранспорту і проходу пішоходів забезпечує довговічність конструкції моста. Настил верхньої будови проїжджої частини моста викладений з дерев'яного бруса і забезпечує хороше зчеплення коліс автотранспорту.

На кінцівках моста встановлюються апарелі для зручного заїзду автотранспорту і проходу пішоходів під час зниження рівня води. Кріплення апарелі може бути виконано одним з двох варіантів:

- ковзне обпирання на берегових опорах з шарнірним з'єднанням з мостом;
- шарнірне з'єднання апаратилів на берегових опорах і ковзаючим обпиранням на міст.

Берегові опори виконуються у вигляді металевих коробів (на березі річки з засипанням каменем і додатковим кріпленням за допомогою анкерних тяг) або за індивідуальним проектом у вигляді пальового споруди. Нижче в табл. 1 наведено дані за типовими наплавним мостам, розроблених проектувальник Російської Федерації.

Висновки

Запропонована модернізація прогонових будов та понтонів може бути підкріплена цілою низкою додаткових пропозицій, які у сукупності значно зменшують трудомісткість з наведення наплавного моста. До них можна віднести:

1. Існуючі конструкції наплавних мостів мають велику кількість болтових з'єднань, передбачені застарілі рейки типу Р50 (зняті з виробництва), мають дерев'яний настил. Треба в новій конструкції значно зменшити кількість болтових з'єднань, встановити рейки типу Р65, а настил замінити на металевий з обладнанням сполученого проїзду по мосту.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

2. Застосування для фундаментів підйомних опор гвинтових паль забезпечить високий темп спорудження берегових частин та багаторазове їх застосування, тобто вони використовуються як інвентарні конструкції.

3. Заміна конструкції стикових вузлів з використанням чотирьох палубних замків дасть змогу прискорити процес збірки прогонових будов та зменшити кількість робочих задіяних на даних роботах.

4. Типову довжину наплавного мосту бажано проектувати модульну, тобто окремі секції річкової частини (при необхідності судноплавства одна з них виконує роль вивідної ланки) можуть без перешкод вилучатись або додаватись до конструкції. Модуль можна встановити таким, щоб він дорівнював довжині двох або трьох прогонових будов.

Цю роботу можуть виконати у короткій термін проектні організації, які вже попередньо дали згоду. Така попередня згода отримана і від заводів металевих конструкцій, що розташовані на Україні.

На даному етапі первинним документом повинно бути технічне завдання, яке надає замовник (у даному випадку Міністерства оборони та Міністерство з надзвичайних ситуацій).

Проведені попередні обговорення з даного питання і надані багатьма проектними та експлуатаційними організаціями обґрунтування свідчать на користь розробки нового вітчизняного проекту. Що стосується необхідності розробки спеціальних норм щодо правил проектування наплавних мостів, то вона не є необхідною, оскільки існуючі норми та додаткові матеріали [5-8] є достатніми для проектування.

Таблиця 1

Техніко-економічна характеристика наплавних (понтонних) мостів

| Будівельний номер по порядку | Вага 1 погонного метра моста, т | Допустиме автомобільне навантаження, т | Довжина наплавного моста, м | Довжина моста з береговими опорами, м | Ширина проїжджої частини моста, м | Робочий перепад рівнів води, м | Термін експлуатації до капітального ремонту, роки | Будівництво погонного метра моста (без ПДВ) тис. руб. |
|------------------------------|---------------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---|---|
| НМ-1 | 2,493 | 30 | 45,85 | 54,05 | 3,5 | 2,0 | 15 | 150 |
| НМ-2 | 2,444 | 30 | 87,72 | 97,72 | 3,5 | 2,0 | 20 | 150 |
| НМ-3 | 2,623 | 30 | 113,76 | 121,80 | 4,5 | 2,7 | 30 | 205 |
| НМ-4 | 2,851 | 40 | 149,60 | 160,84 | 4,5 | 2,6 | 30 | 268 |
| НМ-5 | 2,807 | 40 | 82,00 | 100,80 | 4,5 | 4,2 | 30 | 194 |
| НМ-6 (1) | 2,484 | 30 | 72,00 | 91,80 | 4,5 | 4,2 | 30 | 180 |
| НМ-6 (2) | 2,876 | 30 | 72,00 | 91,80 | 4,5 | 4,2 | 30 | 205 |
| НМ-6 (3) | 2,941 | 30 | 72,00 | 91,80 | 4,5 | 4,2 | 30 | 209 |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Наплавной железнодорожный мост НЖМ-56 : пособие [Текст]. – Москва : Воениздат, 1997. – 344 с.
2. Бардась, С. О. Дослідження ефективності застосування наскрізних двотаврів для прогонових будов залізничних мостів [Текст] : магістерська робота. – Днепропетровск, 2005. – 69 с.
3. Кручинкин, А. В. Сборно-разборные временные мосты [Текст] / А. В. Кручинкин. – Москва : Транспорт. – 1987. – 191 с.
4. СНиП II-23-81 Часть II, Глава 23 Стальные конструкции [Текст]. – Взамен СНиП II-В.3-72; СНиП II-И.9-62; СН 376-67 ; Введен в действие 1982-01-01. – Москва : Центр. ин-т типового проектирования, 2011. – с. 170.
5. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы [Текст]. – Введ. 1986-01-01. – Москва : Госстрой России, 2001. – 214 с.
6. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – Чинні від 2007-02-01. – Київ : Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

7. ВСН 136-78 Инструкция по проектированию вспомогательных сооружений и устройств для строительства мостов [Текст]. – Москва : Минтрансстрой, 1978. – 300 с.
8. СТП 136-99 Специальные вспомогательные сооружения и устройства для строительства мостов. Нормы и правила [Текст]. – Москва : ОАО Гипротрансмост, 1999. – 300 с.
9. Державна спеціальна служба транспорту – історія і сьогодення. Перспективи та пріоритети розвитку [Текст] : Монографія колективу авторів / Наук. редактор доктор технічних наук, професор А. В. Радкевич. – Дніпропетровськ : Вид-во Маковецький, 2013. – 204 с.

К. И. СОЛДАТОВ^{1*}, Ю. Н. ГОРБАТЮК^{2*}

^{1*} Каф. «Мосты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (096) 527 26 01, эл. почта kim-kim@i.ua

^{2*} Каф. «Мосты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (093) 339 41 28, эл. почта Yuri.Gorbatyuk@gmail.com

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ НАПЛАВНЫХ МОСТОВ

Цель. Целью данной работы является совершенствование конструкции наплавных мостов с целью пригодности их для пропуска современных нагрузок и применения новых материалов и конструктивных форм. **Методика.** Для исследования принята методика анализа существующих нагрузок, технологий, материалов и форм. **Результаты.** На основе анализа данных предложено применение новых облегченных материалов, современных конструктивных форм и показана их пригодность для пропуска современных нагрузок. **Научная новизна.** Новизна заключается в том, что предложены новые конструкции понтонов и пролетных строений. **Практическая значимость.** Результаты работы могут найти применение при проектировании современных наплавных мостов на замену устаревших НЖМ-56.

Ключевые слова: понтон; пластиковый понтон; наплавные мосты; сквозные двутавры; конструктивные формы

KIM SOLDATOV^{1*}, YURI GORBATYUK^{2*}

^{1*} Dept. of Bridges, Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (096) 527 26 01, e-mail kim-kim@i.ua

^{2*} Dept. of Bridges, Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryana Str., Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (093) 339 41 28, e-mail Yuri.Gorbatyuk@gmail.com

WAYS TO IMPROVE THE CONSTRUCTION OF FLOATING BRIDGE

Purpose. The aim of this work is to improve the design of floating bridges with a view to their suitability for the passage of modern loads and application of new materials and structural forms. **Methodology.** To investigate the accepted method of analysis of the existing loads, technologies, materials and shapes. **Findings.** Based on the analysis of the data suggested the use of new lightweight materials, modern-design forms and variables shown their suitability for the passage of modern loads. **Originality.** The novelty lies in the fact that the proposed new structure of the pontoons and span. **Practical value.** The results can find application in the design of modern floating bridges to replace outdated NZHM-56.

Keywords: pontoon; Plastic pontoon; pontoon bridges; constructive forms

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. А. В. Радкевичем (Україна), д.т.н., проф. А. І. Лантухом-Лященко (Україна).

Надійшла до редколегії 20.06.2014.

Прийнята до друку 02.07.2014.