

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21.078.5-049.3

Г. М. ТОНКАЧЕСВ¹, В. П. РАШКІВСЬКИЙ^{2*}, І. В. ДУБОВИК³, Ю. В. ЗАСЦЬ⁴

¹ Кафедра будівельних технологій, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський пр., 31, Київ, Україна, тел. +38 (044) 245 48 52, ел. пошта tonkacheiev.gm@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-6589-8822

^{2*} Кафедра будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський пр., 31, Київ, Україна, тел. +38 (063) 620 19 92, ел. пошта rashkivskyi.vp@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-5369-6676

³ Кафедра будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський пр., 31, Київ, Україна, тел. +38 (044) 241 55 27, ел. пошта Iradubovik82@gmail.com, ORCID 0000-0001-7444-9159

⁴ Кафедра будівельних машин, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський пр., 31, Київ, Україна, тел. +38 (044) 241 55 52, ел. пошта Zaiets_yv@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-9711-042X

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДУЛІВ ПІД ЧАС ОБСЛУГОВУВАННЯ МОСТОВИХ ОПОР

Мета. Обстеження та експлуатація конструкцій мостів для визначення їх експлуатаційного стану є актуальною задачею в сучасних умовах на території України. **Методика.** Життєвий цикл мосту та мостових опор включає в себе основні етапи: первинне зведення мостових опор та улаштування його полотна; експлуатація мосту; ремонт опор/полотна; утилізація мосту. Збільшення рівня механізації при обслуговуванні мостів є ключовим фактором ефективності робочого процесу. Технологічні особливості при цьому суттєвим чином залежать від функцій оснащення, її конструкції та особливості роботи. Формування парку оснащення у вигляді технологічних модулів, що виконують конкретні функції є ефективним. **Результати.** Розроблений вантажопідійомний модуль для обслуговування мостових опор дозволяє суттєво зменшити використання важкої кранової техніки та значно забезпечити виконання ручних монтажних процесів. Окрім цього, запропоновано конструкцію монтажної площадки, що оснащена засобами автоматизації процесу забезпечення монтажника в робочій зоні. **Наукова новизна** Запропоновано використання механізованих технологічних засобів за модульним принципом, при якому для реалізації визначених технологічних операцій використовується модуль, що виконує окрему функцію. **Практична значимість.** Розроблено комплекс механізованого оснащення, що включає вантажопідійомний модуль та монтажну площадку. Особливості організації парку механізації будівельних процесів за принципом модульної організації зумовлює розгляд технологічного оснащення у вигляді функціональних блоків, що реалізують визначені технологічні задачі. Комплексний розгляд потреб забезпечення будівельних процесів разом з уніфікацією технологічного оснащення, надання їй функцій механізації та автоматизації дозволяють ефективно наповнювати інформаційну систему обслуговування, зокрема конструкцій мостів.

Ключові слова: вантажопідійомний технологічний модуль; міст; мостова опора; технологія будівельних процесів; трудомісткість

Вступ

Обслуговування опор моста – важливий етап життєвого циклу функціонування моста.

Сучасне обслуговування пов'язане з використанням важкої кранової техніки, складністю реалізації технологічних процесів по підсиленню, реконструкції, монтажу/демонтажу опор.

Після візуального обстеження визначається стан опор та розробляються організаційні заходи по відновленню опор та розробці рекомендацій по подальшій їх експлуатації (Колоколов, & Вейблат, 1984; Пшинько, & Руденко, 2000; Траупер, 2001).

Складність застосування існуючих рішень по відновленню, ремонту, демонтажу/монтажу опор моста полягає в наступному: 1) встановлення тимчасових опор; 2) фіксація елементів моста; 3) застосування річкових вантажопідійомних засобів не забезпечує достатнього позиціонування; 4) встановлення додаткових фундаментних опор для кранової техніки.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень

При виконанні монтажних робіт під час влаштування та обслуговування мостових залізобетонних опор та мостового полотна вагому роль виконує будівельне оснащення (*Falsework*) (Trauner, 2001). Суттєвою проблемою застосування класичних технологічних рішень є умови, в яких виконуються роботи. Як правило, роботи виконуються у водоймах, рівень яких може суттєво змінюватись посезонно, з наявністю значних хвиль, заболочення, тощо. Тож, необхідно розглянути передумови обґрунтування технології будівельних робіт при обслуговуванні мостових залізобетонних опор з урахуванням не типових конструктивних рішень та технологічних засобів.

Питання монтажу елементів мостових опор, полотна різних конструкцій докладно розглянуті в роботі (Trauner, 2001), в якій описано ряд технологічних схем виконання будівельних монтажних робіт, розглянуті методи контролю робіт, специфіка виконання робіт в різних регіонах. Такі схеми отримали широке практичне розповсюдження, проте, в ряді випадків, знижують ефективність виконання будівельних операцій, зокрема знижують точність позиціонування будівельних елементів, штучно обмежують паралельне виконання операцій, тощо.

В роботі (Колоколов, & Вейблат, 1984) визначено основні напрямки дослідження при виконанні ремонтних робіт транспортних споруд. Зокрема зауважено, про необхідність всебічного і постійного контролю за технічним станом транспортних споруд, особливо мостів, вузлів примикання їх елементів, стану їх захисних шарів, тощо.

В роботах (Рашківський, & Черненко, 2012; Тонкачєєв, & Руднева, 2021; Тонкачєєв, Г. Н. (ed.), 2012) розглянутий підхід до створення функціональних технологічних модулів, призначення, склад, форма яких формується відповідно до необхідних технологічних операцій, що впливає на технологічну схему монтажу будівельних конструкцій.

Мета

Мета роботи: обґрунтування технологічних та конструктивних заходів при обслуговуванні опор малих мостів.

Методика

Реалізація сучасних методів функціонування мостових опор полягає у всебічному застосуванні технологічних пристосувань, призначених для їх зведення, обстеження, діагностування, обслуговування, утилізації тощо (рис. 1). В кожному конкретному випадку розробляються організаційно-технологічні заходи, що дозволяють в заданих умовах реалізувати поставлену задачу.

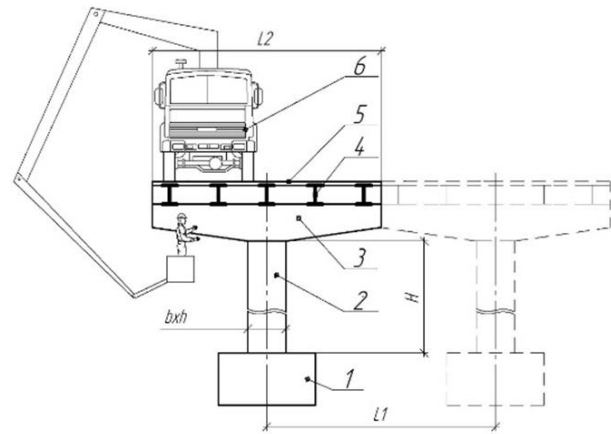


Рис. 1. Обстеження мостових конструкцій:

- 1 – фундаментний блок; 2 – мостова опора;
- 3 – поперечна балка моста; 4 – поздовжня балка моста;
- 5 – дорожня плита; 6 – установка з платформою для ремонту мостів

Життєвий цикл мосту та мостових опор включає в себе основні етапи: первинне зведення мостових опор та улаштування його полотна; експлуатація мосту; ремонт опор/полотна; утилізація мосту.

Обслуговування мостових опор умовно можна поділити на категорії:

- незначне відхилення стану опор від норми, що полягає, наприклад, у відновленні зовнішнього шару опор (відшарування захисного шару бетону);
- значне відхилення стану опор від норми, що потребує застосування методів підсилення опор;
- аварійний стан опор, що потребує демонтажу опор та монтажу нових.

Умовою оптимізації технологічних процесів при обслуговуванні мостових опор прийнятно мінімізацію використання важкої кранової техніки, особливо для операцій з мостовими опорами. Також, доцільним було б розвантаження

опори мосту до 30 % робочого навантаження при виконанні ремонтних робіт (Trauner, 2001).

В роботі (Колоколов, & Вейблат, 1984) розглянуто принципи формування комплектів технологічного оснащення, для ефективного виконання будівельних операцій та запропоновано групування такого оснащення в технологічні модулі.

На основі проведеного аналізу функцій технологічного оснащення відзначено наступні групи функцій:

$$F_i = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6\},$$

де F_1 – дії з конструкціями в процесі ремонту; F_2 – організація робочих місць та огороження небезпечних зон; F_3 – забезпечення працездатності вантажопідйомних механізмів; F_4 – зниження негативного впливу середовища; F_5 – дії з оснащенням при експлуатації; F_6 – взаємодія оснащення з зовнішнім середовищем.

В ході виникнення потреби ремонту мостової опори, необхідно виконати ряд технологічних операцій (ДБН В.2.3-22:2009, 2009):

1. влаштування утримуючої колони навколо існуючої мостової опори;
2. виконання ремонтних робіт мостової опори;
3. демонтаж утримуючої колони.

Монтаж утримуючої колони необхідний для забезпечення таких функцій:

- 1.1 обмеження опори моста;

1.2 фіксація опори моста;

1.3 утримання повздовжніх балок моста та дорожнього полотна.

Також разом з утримуючою колоною монтується підйомнозбиральний модуль (ПЗМ) та монтажні площадки (рис. 2).

Для монтажу утримуючої колони використовується підйомнозбиральний модуль (Тонкачєв, & Рашківський, 2009; Tonkacheiev, Rashkivskiy, Lepska, Sharapa, & Sobko, 2022), що дозволяє зменшити використання важкої кранової техніки. При цьому реалізуються наступні функції:

- розвантаження опори моста;
- обмеження оснащення;
- фіксація оснащення;
- переміщення оснащення;
- утримання оснащення;
- навантаження опори моста.

Монтажна площадка дозволяє забезпечити наступні функції (ДБН А.3.1-5:2016, 2016):

- розміщення людей та матеріалів;
- переміщення людей та матеріалів;
- огороження небезпечних зон.

Попередньо, звичайними монтажними засобами монтується траверса, довжина якої дещо більша ширини одного дорожнього прольоту (рис. 2, а). в центральній частині траверси виконані провусини для закріплення підйомнозбирального модуля (рис. 2, б).

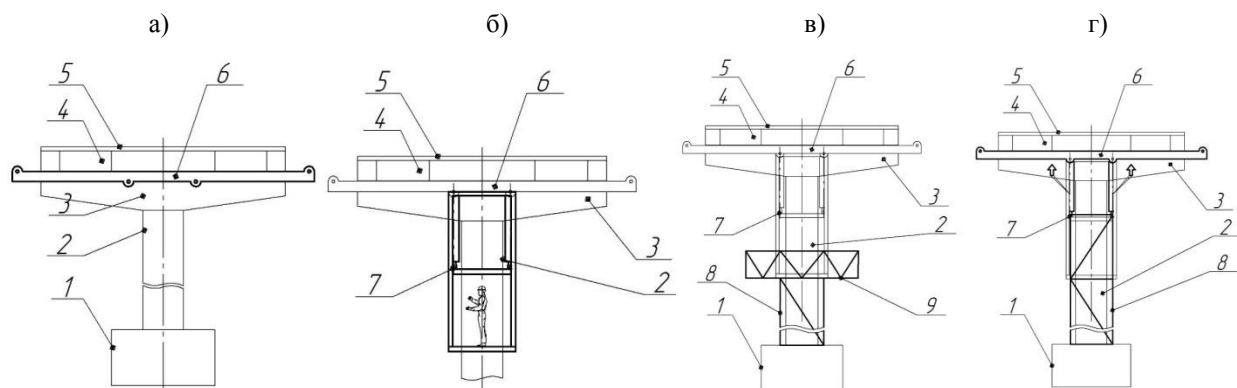


Рис. 2. Послідовність монтажу утримуючої колони:

а) монтаж траверси; б) встановлення підйомнозбирального модуля на траверсі;

в) монтаж площадок обслуговування; г) монтаж утримуючої колони з наступним підвантажуванням траверси;

1 – фундаментний блок; 2 – мостова опора; 3 – поперечна балка моста; 4 – повздовжня балка моста; 5 – дорожня плита;

6 – траверса; 7 – підйомнозбиральний модуль; 8 – утримуюча колона; 9 – монтажна площадка.

Підйомнозбиральний модуль є системою з легким вантажопідйомним механізмом для подачі елементів утримуючої колони та монтаж-

них площадок на проектні відмітки а також дократний комплекс для збирання утримуючої колони та розвантаження мостової опори.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Утримуюча колона являє собою секційну збірну конструкцію, кожна секція якої складається з 4-х основних стійок, що охоплюють опору мосту по периметру (рис. 3, а). Між собою трубні елементи з'єднуються стрижнями з муфтами, через які за допомогою тяг утримуюча колона вирівнюється, а її складові фіксуються.

Рекомендації щодо вибору розмірів утримуючої колони:

– довжина горизонтальних в'язей повинна бути такою, щоб забезпечити «обхват» опори моста з розмірами $b \times h$ та наявність технологічного зазору для виконання ремонтних робіт;

– висота трубних елементів визначає висоту секції утримуючої колони і для виконання ремонтних робіт повинна забезпечувати доступ робітника до опори моста (рекомендується до 2 м).

Монтаж секції колони СПП відбувається наступним чином.

Стойки утримуючої колони кріпляться на штоках гідроциліндрів підйомнозбирального модуля, закріплюються між собою в'язями. Опускання секції відбувається завдяки синхронному витягуванню штоків гідроциліндрів підйомнозбирального модуля, після чого відбувається по черговому від'єднання стійки від штоку гідроциліндру, втягування штоку, встановлення наступної стійки, її фіксація. Після набуття проектного положення утримуючу колону фіксують на фундаменті опори моста. На останньому етапі виконується піддомкращування мостової опори через ВПМ. Це виконується для розвантаження вузла обпирання опори моста.

Демонтаж утримуючої колони відбувається у зворотному напрямку.

На одну мостову опору достатньо одного ПЗМ, який зможе виконувати симетричний підйом/опускання повздовжніх балок мосту.

Необхідно забезпечити постійну наявність живлення для системи гідроприводу ВПМ а також системи контролю точності монтажу. Для обслуговування колони в тимчасовій колоні влаштовуються прямокутні секції (рис. 3, б)

Конструкція підйомнозбирального модуля розроблена таким чином, що основна частина операцій, які він виконує може виконуватись автоматично з використанням будівельних роботів чи маніпуляторів. Наявність силового гідравлічного приводу та циклічних однотипних

операцій дозволяють розроблювати рекомендації по дистанційному керуванню процесом улаштування підготовки об'єкту до ремонтних робіт.

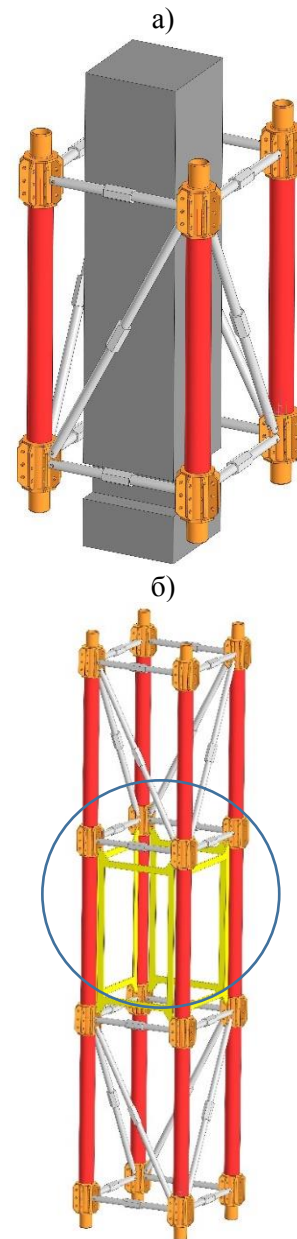


Рис. 3. Схема улаштування утримуючої колони навколо мостової опори:

а) секція утримуючої колони;

б) улаштування зон обслуговування мостової опори

Автоматизація виконання робіт

Можливість застосування вантажопідйомним модулем монтажної площадки дозволяє автоматизувати процес убезпечення монтажника в робочій зоні.

Монтажна площадка (рис. 4) складається з двох паралельних балок 1, які в передній частині з'єднані поперечиною 2. На балках 1 і поперечині 2 закріплена площадка 3 з огорожею 4, причому огорожа 4 має можливість вертикального висування. В задній частині балки 1 з'єднані між собою зажимом 5 з упорами 6 за допомогою кріплення 7.

На кожну з балок 1 на пружних елементах 8 в задній частині встановлена задня рухома опора 9 та в передній частині – передня рухома опора 10, які з'єднуються між собою кріпленням 11. В передній частині кожної з балок 1 встановлено фіксатор 12 вертикального висування огорожі 4, який керується блокувальним механізмом 13, зв'язаним з датчиками передньої 14 та задньої 15 опорних площадок.

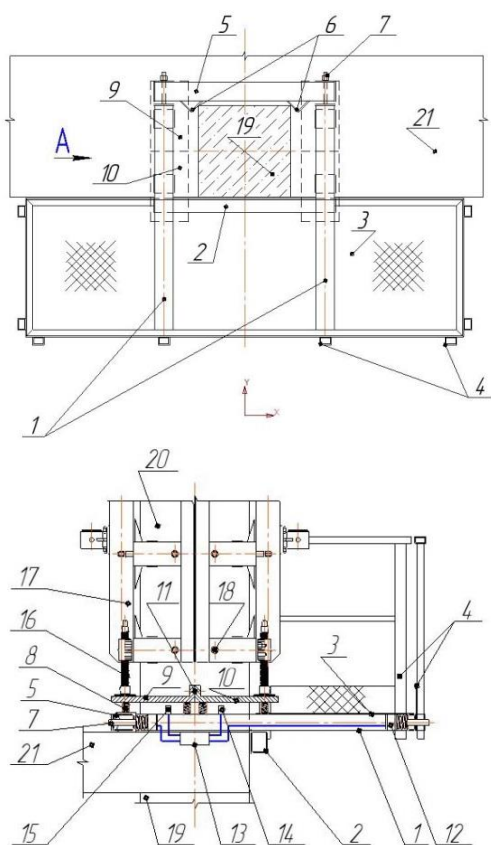


Рис. 4. Монтажна площадка

На рухомій опорі 9 та 10 опорами 16 встановлено секцію утримуючої колони 17, яку захватами 18 закріплено на колоні нижнього ярусу 19. Площадка для монтажу встановлена та закріплена на колону нижнього ярусу 19 так, щоб забезпечити доступ з на площадку 3.

Наукова новизна та практична значимість

Запропонований комплекс технологічного оснащення дозволяє суттєво зменшити використання важкої кранової техніки під час обслуговування мостових конструкцій; модульна організація оснащення дозволяє формувати необхідний комплект технологічного забезпечення, який враховуватиме специфіку об'єкту обслуговування; комплексний підхід, що враховує специфіку об'єкту обслуговування, технічні можливості обладнання, можливість надати оснащення механізованих, автоматизованих та автономних функцій позитивно впливає на процес обслуговування, зокрема мостів.

Висновки

1. Вирішення пріоритетних задач при обслуговуванні мостових опор полягає в ефективному синтезі технологічних, конструктивних та організаційних рішень, що полягає у адаптації технологічних рішень та засобів до зовнішніх умов функціонування будівельної конструкції (стан; наявність ускладнених умов: вода, вітер; строки виконання обслуговування).

2. Зменшення питомої частки використання важкої кранової техніки дозволяє забезпечити більшу точність монтажу, гнучкість технологічного процесу а також дає можливість зменшити питому частку використання людської праці, наприклад для позиціонування конструкцій.

3. Запропонована система функціональних технологічних модулів «фіксація», «утримання», «підйом» в різних поєднаннях дозволяє оптимізувати процес забезпечення працездатності мостових опор в життєвому циклі функціонування моста.

3. Використання механізованого технологічного оснащення дозволяє в розробити рекомендації щодо створення автоматизованих систем для управління таким оснащенням, контролю монтажних робіт та збільшення показника механізації на монтажній ділянці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Tonkacheiev, H., Rashkivskiy, V., Lepska, L., Sharapa, S., & Sobko, Y. (2022). Prerequisites for the creation of lifting and collecting technological module for the installation of structural blocks of the coating. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, 12(1), Special Issue XXVII, 204-206.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- Trayner, D. (2001). Bridge Construction Methods [Електронний ресурс] https://globaltraining.edu.au/global_training_institut_e/Resource_Library/Civil_Kit/Construction_Skills_QLD_Training_Materials/EBooks/Bridge%20Construction%20Methods.pdf
- ДБН В.2.3-22:2009 (2009). *Мости та труби. Основні вимоги проектування*. Київ: Мінрегіонбуд України.
- ДБН А.3.1-5:2016 (2016). *Організація будівельного виробництва*. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України.
- Колоколов, Н. М., & Вейблат, Б. М. (1984). *Строительство мостов*. Москва: Транспорт.
- Пшинько, А. Н., & Руденко, Н. Н. (2000). Проблемы ремонта инженерных транспортных сооружений. *Залізничний транспорт України*, 3, 12-14.
- Тонкачев, Г. Н. (ed.) (2012). *Функционально-модульная система формирования комплектов строительной оснастки*. Киев: ЧП «Блудчий М.І.».
- Тонкачев, Г. М., & Рашківський, В. П. (2009). *Площадка для монтажу колон*. Патент України № 88729 У. Бюл. № 5, 10.11.2009.
- Тонкачев, Г., & Руднева, І. (2021). Дослідження факторів, що впливають на вибір підмостей для здійснення процесів підсилення будівельних конструкцій при реконструкції. *Містобудування та територіальне планування*, 78, 493-507.
- Рашківський, В. П., & Черненко, К. В. (2012). Вантажопідійомний крокуючий модуль (ВПКМ-1) та технологія його використання при монтажі покриттів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, 13(2), 62-64.

G. M. TONKACHEEV¹, V. P. RASHKIVSKIY^{2*}, I. V. DUBOVYK³, JU. V. ZAYETS⁴

¹ Department building technologies Kyiv national university of construction and architecture, tel. +38 (044) 245 48 52, e-mail tonkacheiev.gm@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-6589-8822

^{2*} Department building machinery Kyiv national university of construction and architecture, tel. +38 (063) 620 19 92, e-mail rashkivskiy.vp@knnuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-5369-6676

³ Department building machinery Kyiv national university of construction and architecture, tel. +38 (044) 241 55 27, e-mail Iradubovik82@gmail.com, ORCID 0000-0001-7444-9159

⁴ department building machinery Kyiv national university of construction and architecture, tel. +38 (044) 241 55 52, e-mail Zaiets_yv@knuba.edu.ua, ORCID 0000-0002-9711-042X

APPLICATION OF FUNCTIONAL TECHNOLOGICAL MODULES IN THE MAINTENANCE OF BRIDGE SUPPORTS

Purpose. Inspection and operation of bridge structures to determine their operational condition is an urgent task in modern conditions on the territory of Ukraine. **Methodology.** The life cycle of a bridge and bridge piers includes the main stages: initial erection of bridge piers and arrangement of its web; operation of the bridge; repair of supports/canvas; disposal of the bridge. Increasing the level of mechanization in bridge maintenance is a key factor in the efficiency of the work process. At the same time, the technological features significantly depend on the functions of the equipment, its design, and the features of the work. The formation of a park of equipment in the form of technological modules that perform specific functions is effective. **Findings.** The developed load-lifting module for maintenance of bridge piers allows you to significantly reduce the use of heavy crane equipment and significantly ensure the performance of manual assembly processes. In addition, the construction of the assembly platform, equipped with means of automating the process of securing the installer in the working area, is proposed. **Originality.** It is proposed to use mechanized technological means according to the modular principle, in which a module performing a separate function is used to implement certain technological operations. **Practical value** of the developed complex of mechanized equipment, which includes a load-lifting module and an assembly platform. Peculiarities of the organization of the park of mechanization of construction processes based on the principle of modular organization dictate the consideration of technological equipment in the form of functional blocks that realize certain technological tasks. Comprehensive consideration of the needs of construction process support along with the unification of technological equipment, giving it the functions of mechanization and automation allow to effectively fill the information system of service, in particular, of bridge structures.

Keywords: load-lifting technological module; bridge; bridge support; technology of construction processes; labor intensity

REFERENCES

- Tonkacheiev, H., Rashkivskiy, V., Lepska, L., Sharapa, S., & Sobko, Y. (2022). Prerequisites for the creation of lifting and collecting technological module for the installation of structural blocks of the coating. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, 12(1), Special Issue XXVII, 204-206. (in English)
- Trayner, D. (2001). Bridge Construction Methods [Електронний ресурс] https://globaltraining.edu.au/global_training_institute/Resource_Library/Civil_Kit/Construction_Skills_QLD_Training_Materials/EBooks/Bridge%20Construction%20Methods.pdf (in English)
- DBN V.2.3-22:2009 (2009). *Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
- DBN A.3.1-5:2016 (2016). *Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva*. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy. (in Ukrainian)
- Kolokolov, N. M., & Veyblat, B. M. (1984). *Stroitelstvo mostov*. Moskva: Transport. (in Russian)
- Pshinko, A. N., & Rudenko, N. N. (2000). Problemy remonta inzhenernykh transportnykh sooruzheniy. *Zaliznychnyi transport Ukrainy*, 3, 12-14. (in Russian)
- Tonkacheev, G. N. (ed.) (2012). *Funktionalno-modulnaya sistema formirovaniya komplektov stroitelnoy osnastki*. Kiev: ChP «Bludchiy M. I.». (in Russian)
- Tonkacheiev, H. M., & Rashkivskiy, V. P. (2009). *Ploshchadka dlia montazhu kolon*. Patent Ukrainy # 88729 U. Biul. # 5, 10.11.2009. (in Ukrainian)
- Tonkacheiev, H., & Rudnieva, I. (2021). Doslidzhennia faktoriv, shcho vplyvaiut na vybir pidmostei dlia zdiisнення protsesiv pidsylenня budivelnykh konstruksii pry rekonstruksii. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 78, 493-507. (in Ukrainian)
- Rashkivskiy, V. P., & Chernenko, K. V. (2012). Vantazhopidomnyi krokuiuchy modul (VPKM-1) ta tekhnolohiia yoho vykorystannia pry montazhi pokryttiv. *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruksii v budivnytstvi*, 13(2), 62-64. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 09.08.2022.

Прийнята до друку 10.10.2022.