

## АНОТАЦІЯ

*Гернич М. В.* Напружено-деформований стан прогонових будов з наявного матеріального ресурсу під час відновлення зруйнованих транспортних об'єктів - кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. – Український державний університет науки і технологій, Дніпро, 2024.

Дисертація присвячена питанням відновлення штучних транспортних споруд зруйнованих (пошкоджених) внаслідок бойових дій, розширенню можливостей використання наявного матеріального майна конструкцій довготривалого зберігання. Досліджено характер руйнувань (пошкоджень) транспортних споруд внаслідок ведення бойових дій та способи відновлення руху транспорту. Проведено аналіз досвіду використання сталезалізобетонних прогонових будов мостів переобладнаних із металевих прогонових будов. Розглянуті питання можливості використання для тимчасового відновлення раніше вживаних конструкцій та конструкцій отриманих від розбирання менш важливих споруд. Досліджено роботу сталезалізобетонної прогонової будови після тривалого періоду експлуатації. На основі методу скінченних елементів розроблені моделі, що дають можливість виконувати параметричний аналіз на математичному моделюванні різних варіантів компонування прогонових будов, із зварних широкополочних балок довготривалого зберігання. За допомогою розроблених алгоритмів дослідження, отримані результати для конкретного типового проекту балок довготривалого зберігання, дають розуміння напрямків розширення сфери застосування інвентарних конструкцій, підвищення темпів відновлення, покращення експлуатаційних характеристик.

Актуальність досліджень полягає в тому, що від швидкого відновлення руху транспорту через природні або штучні перешкоди на ділянках доріг, які зазнали руйнувань (пошкоджень) транспортних споруд, залежить економічне та соціальне відновлення деокупованих територій, гуманітарне забезпечення

населення та логістичне забезпечення військових підрозділів. Раціональне використання наявного матеріального майна зварних широкополочних двотаврових балок, що перебувають на довготривалому зберіганні, забезпечить високі темпи відновлення транспортних об'єктів, при цьому буде дотримано безпеку та надійність.

Для досягнення мети проведено узагальнення досвіду обстеження зруйнованих внаслідок бойових дій транспортних об'єктів та способів відновлення руху транспорту. Проведено аналіз напружено-деформованого стану різних систем прогонових будов мостів, що можуть бути виготовлені з зварних широкополочних балок довготривалого зберігання.

Висновки аналізу підтверджують, що математичне моделювання на основі методу скінченних елементів дозволяє спрогнозувати напружено-деформований стан різних варіантів прогонових будов виготовлених із зварних широкополочних двотаврових балок.

Встановлено, що заміна дерев'яного мостового полотна на збірну залізобетонну плиту проїзної частини зменшить кількість ручної праці і як наслідок підвищить темпи відновлення транспортних споруд та експлуатаційні характеристики, при цьому запас міцності балок достатній. За рахунок недостатньої висоти балок, що розглядаються, обмежувачим критерієм їх використання при відновленні є вертикальні прогини прогонових будов. Використання прогонових будов, в яких залізобетонна плита проїзної частини об'єднана в сумісну роботу з головними металевими балками, значно покращує деформаційні характеристики і розподіляє навантаження. Зміна розрахункової схеми мосту об'єднанням прогонових будов в нерозрізну систему підвищує вантажопідйомність таких мостів до найвищої зазначеної у вітчизняній нормативній літературі.

В результаті статичних і динамічних випробувань отримані данні, які свідчать про несучу здатність та деформаційні якості сталезалізобетонної прогонової будови мосту після тривалого періоду експлуатації. Знайдені значення прогинів, частот власних вертикальних і горизонтальних коливань

вказують на те, що сумісна робота сталеві балки та залізобетонної плити забезпечена в достатній мірі та відповідає аналітичним припущенням.

Наукова новизна полягає в тому, що вперше визначено загальний характер руйнувань об'єктів національної транспортної системи внаслідок збройної агресії російської федерації проти України, узагальнено досвід забезпечення стійкого функціонування транспортної системи, технічного прикриття транспортних споруд в частині відновлення руху транспорту на ділянках доріг, що зазнали руйнувань. Проведено системне дослідження та розроблені напрямки удосконалення способів по використанню наявного матеріального ресурсу конструкцій довготривалого зберігання для практичної реалізації в інтересах підвищення ефективності відновлення зруйнованих (пошкоджених) транспортних споруд. Проведено експериментальне дослідження напружено-деформованого стану сталезалізобетонної прогонової будови після тривалої експлуатації.

Ключові слова: технічне прикриття, відновлення, тимчасові мости, сталезалізобетонні прогонові будови, параметричний аналіз, напружено-деформований стан, метод скінченних елементів.

Список публікацій здобувача.

*Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати:*

1. Гернич М. В., Ключник С. В., Співак Д. С. Сталезалізобетонні прогонові будови мостів для постконфліктного відновлення зруйнованої транспортної інфраструктури. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2021. № 19. С. 28–37. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2021/233872> (фахове видання)

2. Гернич М. В., Ключник С. В. Використання майна наплавного мосту НЖМ-56 зважаючи на виклики військового сьогодення. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2022. № 22. С. 27–32. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2022/268185> (фахове видання)

3. Гернич М. В., Ключник С. В. Результати натурних досліджень напружено-деформованого стану сталезалізобетонної прогонової будови

залізничного мосту. *Наука та прогрес транспорту*. 2022. № 3-4 (99-100). С. 70–77. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2022/276534> (фахове видання)

4. Гернич М. В., Ключник С. В. Відновлення об'єктів інфраструктури як елемент сталого розвитку країни на історії одного мосту. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2023. № 24. С. 31–36. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2023/291780> (фахове видання)

*Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:*

5. Гернич М. В., Ключник С. В. Використання сталезалізобетонних прогонових будов для постконфліктного відновлення зруйнованої транспортної інфраструктури. *Міжнародна науково-практична конференція «Наука, техніка і технології: актуальні питання та дослідження»* (Прага, 12–13 березня 2021 р.). Прага, 2021. С. 209–213. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-046-9-51> (тези конференції)

6. Гернич М. В., Ключник С. В. Відновлення залізничних споруд використовуючи балки тривалого зберігання (мобілізаційний резерв). *Матеріали 81 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту»* (Дніпро, 22–23 квітня 2021 р.). Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпро, 2021. С. 181–182. (тези конференції)

7. Гернич М. В., Козак Б. Ю. Живучість транспортних споруд в контексті забезпечення військової логістики. *Матеріали всеукраїнської наукової конференції «Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз»* (Дніпро, 28 жовтня 2022 р.). Український державний університет науки і технологій. Дніпро, 2022. С. 155–158. (тези конференції)

8. Гернич М. В., Ключник С. В. Виклики які постають перед транспортними спорудами у військовий час. *Матеріали 82 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту»* (Дніпро, 20–21 квітня 2023 р.). Український

державний університет науки і технологій. Дніпро, 2022. С. 333–334. (**тези конференції**)

9. Гернич М. В., Табала С. В. Узагальнення досвіту організації виконання робіт з монтажу прогонових будов тимчасових мостів. *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Логістика і транспортна безпека: проблеми та перспективи розвитку в контексті аналізу сучасних викликів, загроз»* (Дніпро, 9 лист. 2023 р.). Український державний університет науки і технологій, 2023 р. С. 188–193. (**тези конференції**)

*Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:*

10. Акт впровадження результатів дисертації при відновленні автомобільних мостів військовою частиною Т0330 м. Конотоп.

11. Звіт про виконання оперативного завдання “Обґрунтування технічних вимог до стандартизації короткотермінового та тимчасового відновлення штучних споруд в районі проведення (операцій) бойових дій та деокупованих районах” [Текст]. М. В. Гернич, С. В. Ключник, І. С. Остапенко.

12. Звіт роботи групи вивчення та впровадження досвіду на відновленні об’єктів транспортної інфраструктури підрозділами Державної спеціальної служби транспорту, серпень 2022 року.

13. Звіт роботи групи вивчення та впровадження досвіду на відновленні об’єктів транспортної інфраструктури підрозділами Державної спеціальної служби транспорту, жовтень 2022 року.

Внесок автора в наукові публікації, що написані у співавторстві: у фахових статтях [1] і [2] окреслені напрямки подальших досліджень з питань відновлення руху транспорту на ділянках доріг що зазнали руйнувань, з використанням наявного матеріального ресурсу; у фаховій статті [3] викладені результати натурних досліджень напружено-деформованого стану сталезалізобетонної прогонової будови мосту після тривалого періоду експлуатації, визначені переваги даної конструкції прогонової будови; у фаховій статті [4] узагальнено досвід відновлення руху транспорту будівництвом тимчасового мосту на ближньому обході від зруйнованого мосту;

в матеріалах конференцій [5], [6] висвітлені пропозиції стосовно використання наявного майна інвентарних конструкцій для відновлення транспортних споруд; в [7], [8] виклав вимоги до транспортних споруд та особливості забезпечення військової логістики в умовах війни; в тезах конференції [9] були досліджені питання забезпечення стійкого функціонування транспортної системи; акт впровадження результатів дисертації [10] засвідчує актуальність та практичну значимість проведених досліджень; при виконанні оперативного завдання [11] відпрацьовано технічні вимоги до короткотермінового та тимчасового відновлення штучних споруд; в звітах роботи групи з вивчення і впровадження досвіду застосування підрозділів Держспецтрансслужби [12], [13] провів узагальнення досвіду пошкоджень транспортних об'єктів та технологій їх відновлення.

## ABSTRACT

*Mykola Hernych.* Stress-deformed state of bridge structures from available material resources during the restoration of destroyed transport facilities.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 192 – Building Industry and Civil Engineering. – Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, 2024.

The dissertation is devoted to the issues of restoring artificial transport structures destroyed (damaged) as a result of hostilities, expanding the possibilities of using existing material assets of long-term storage structures. The nature of destruction (damage) of transport structures as a result of hostilities and methods of restoring traffic are investigated. The experience of using prefabricated reinforced concrete bridge spans converted from metal spans is analyzed. The issues of the possibility of using previously used structures and structures obtained from the dismantling of less important structures for temporary restoration are considered. The work of a reinforced concrete beam structure after a long period of operation was investigated. Based on the finite element method, models were developed that allow for parametric analysis of mathematical modeling of various variants of beam structures made of welded wide-flange beams of long-term storage. The results obtained for a specific typical project of long-term storage beams using the developed research algorithms provide an understanding of the directions of expanding the scope of application of inventory structures, increasing the pace of restoration, and improving operational characteristics.

The relevance of the research is that the economic and social recovery of de-occupied territories, humanitarian support for the population, and logistical support for military units depend on the rapid restoration of traffic through natural or artificial obstacles on road sections that have undergone destruction (damage) of transport facilities. Rational use of existing material assets of welded wide-flange I-beams, which are in long-term storage, will ensure high rates of restoration of transport facilities, while safety and reliability will be ensured.

To achieve the goal, a generalization of the experience of surveying transport facilities destroyed as a result of hostilities and methods of restoring traffic was

carried out. An analysis of the stress-strain state of various systems of bridge spans that can be made of welded wide-flange beams of long-term storage was carried out.

The conclusions of the analysis confirm that mathematical modeling based on the finite element method allows predicting the stress-strain state of various variants of beam structures made of welded wide-flange I-beams.

It was found that replacing the wooden bridge deck with a reinforced concrete roadway slab will increase the rate of restoration of transport facilities and operational characteristics, while the beam strength margin is sufficient. Due to the insufficient height of the beams under consideration, the limiting criterion for their use during restoration is the vertical deflections of the beam structures. The application of beam structures, in which the reinforced concrete slab of the roadway is integrated into common work with the main steel beams, significantly improves deformation characteristics and distributes loads. Changing the design scheme by combining beam structures into an indistinguishable system greatly increases the load-bearing capacity of bridges to the highest levels specified in domestic regulatory literature.

As a result of static and dynamic tests, data were obtained that indicate the bearing capacity and deformation properties of the reinforced concrete bridge beam structure after a long period of operation. The found values of deflections, frequencies of natural vertical and horizontal vibrations indicate that the joint operation of the steel beam and the reinforced concrete slab is sufficiently ensured and corresponds to analytical assumptions.

The scientific novelty lies in the fact that for the first time the general nature of the destruction of objects of the national transport system as a result of the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine was determined, the experience of restoring traffic on road sections that have undergone destruction was summarized. A systematic study was carried out and directions were developed for improving approaches to the use of available material resources of long-term storage structures for practical implementation in the interests of increasing the efficiency of restoring destroyed (damaged) transport facilities.

Keywords: technical cover, restoration, temporary bridges, reinforced concrete beam structures, parametric analysis, stress-strain state, finite element method