https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.27.168

УДК 624.21

Каськів В. І., *канд. техн. наук, доц., https://orcid.org/0000-0002-8074-6798*
Завгородній С. С., *https://orcid.org/0000-0003-1928-4544*
Борисенко М. А., *https://orcid.org/0000-0001-9772-3536*

Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»), м. Київ, Україна

ОБСТЕЖЕННЯ МОСТІВ, ПОШКОДЖЕНИХ І ЗРУЙНОВАНИХ ВИБУХАМИ

Анотація

Вступ. Обстеження мостів пошкоджених і зруйнованих у наслідок військових дій є важливим і відповідальним етапом у процесі відновлення цих споруд, так як від інформації наведеної в технічній документації з обстеження і її об'єктивності, буде залежати якість прийнятих рішень під час проєктування та будівельних робіт.

Проблематика. У ході протистояння Україні повномасштабному збройному наступу російської федерації відбулось руйнування та пошкодження сотень мостів на автомобільних дорогах різного адміністративного підпорядкування. Законодавче і нормативне урегулювання на момент введення воєнного стану в Україні не передбачало алгоритму проведення заходів із обстеження та відновлення зруйнованих будівель і споруд.

Мета. Висвітлення досвіду проведення обстежень зруйнованих і пошкоджених мостів, а також висвітлення змін у законодавстві після введення воєнного стану, які націлені на регулювання процесів із фіксації, обстеження та відновлення пошкоджень і зруйнованих транспортних споруд на автомобільних дорогах загального користування, вулицях і дорогах міст та інших населених пунктів.

Результати. Фахівцями ДП «ДерждорНДІ» протягом воєнного стану на території України було проведено обстеження близько 40 пошкоджених і зруйнованих споруд на дорогах державного значення в регіонах на яких відбувались військові дії. Зазначені особливості обстеження мостів зруйнованих у наслідок контрольованого підриву, ураження артилерійськими снарядами, авіаційними бомбами та ракетами. Також важливим фактором, який впливає на характер руйнування конструкцій мостів є їхня статична схема, конструкція опор і прогонових будов.

Висновки. Отриманий досвід з обстеження близько 40 мостів пошкоджених у результаті збройного вторгнення російської федерації на територію України дозволяє зробити висновки у двох напрямках. Перше, виконання обстежень споруд потребує професійного та відповідального підходу як від виконавців, так і від балансоутримувачів (власників) у розрізі формування завдання на обстеження і приймання відповідної технічної документації за результатами обстеження. Друге, назріла потреба у розроблені й оновленні нормативно-правових, нормативних і технічних документів, які б ураховували накопичений досвід і були направлені на зменшення потенційної загрози руйнування мостів та зменшення витрат на подальше їх відновлення.

Ключові слова: автомобільна дорога, вибух, міст, обстеження, руйнування, транспортна споруда, шляхопровід.

Вступ

У процесі протистояння України російській військовій агресії відбувається руйнування та пошкодження транспортних споруд на дорогах країни. Орієнтовна кількість зруйнованих і пошкоджених мостів на теперішній час складає близько 400 одиниць та їхня кількість постійно

зростає. Першим етапом із відновлення мостів на звільнених територіях є проведення робіт з обстеження споруд і надання інформації та рекомендацій для подальших робіт із розроблення проєктної документації і проведення будівельних робіт.

Обстеження мостів і шляхопроводів є важливим елементом, який гарантує безпечні умови експлуатування цих споруд на автомобільних дорогах і залізницях і, відповідно, дозволяє забезпечити безперебійний транспортний зв'язок, зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій та забезпечити тривалий строк експлуатації споруди. Хочемо акцентувати увагу на необхідності виконання обстежень транспортних споруд із встановленою нормами періодичністю [1], а за потреби і в більш коротші строки, адже обстеження дозволяє завчасно виявити та усунути можливі дефекти, такі як тріщини в елементах конструкції, захисному покритті армування, корозію арматури, деформації та інші види деградації, що можуть призвести до руйнування моста або шляхопроводу також під час обстеження встановлюють технічний та експлуатаційний стан, як споруди в цілому, так і її окремих відповідальних елементів. Крім того вчасно проведене обстеження дозволяє прийняти правильні управлінські рішення щодо призначення ремонтних заходів.

Виклад основного матеріалу

На теперішній час найбільш актуальними, з точки зору обстеження, є мости, які зазнали руйнувань у вигляді контрольованих підривів, ракетних, авіаційних та артилерійських ударів, пошкоджень конструкцій мостів внаслідок влучання протитанкових снарядів та окремих пошкоджень, які виникли під час ведення ближнього бою [2]. Умовно можна виділити наступні види пошкоджень і руйнувань мостів під час ведення військових дій:

– підготовлений підрив несних конструкцій мосту;
– руйнування від ракетних обстрілів та авіаційних ударів;
– руйнування нанесені в ході ближнього бою;
– руйнування елементів мостів від наїзду та зіткнення з важкою технікою.

Роботи з обстеження мостів, згідно з чинним законодавством, можуть проводити спеціалізовані організації із сертифікованими експертами з технічного обстеження [3]. Обстеження мостів виконують, як правило, на замовлення балансоутримувача (на автомобільних дорогах державного значення – Служби відновлення та розвитку інфраструктури, на автомобільних дорогах місцевого значення – відповідні структури Обласної адміністрації, на вулицях і дорогах населених пунктів – міські комунальні підприємства, які відповідають за транспортні споруди).

Зважаючи на великі обсяги руйнувань будівель і споруд, які зазнала Україна постановою Кабінету Міністрів України від 5 квітня 2022 р. № 423 [3] були внесені зміни до Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Згідно введених змін в розрізі обстеження мостів в умовах дії на території України правового режиму воєнного стану відповідно до Закону України «Про правовий режим воєнного стану» та протягом 90 календарних днів після припинення або скасування воєнного стану, обстеження пошкоджених об'єктів можуть виконувати також виконавці, які пройшли професійну атестацію за наступними напрямками:

– інженер-проектувальник із кваліфікаційним рівнем «провідний» або «І категорія», який має кваліфікаційний сертифікат за спеціалізацією «інженерно-будівельне проектування у частині забезпечення механічного опору та стійкості»;

– експерт будівельний із кваліфікаційним рівнем «провідний» або «І категорія», який має кваліфікаційний сертифікат за спеціалізацією «експертиза проектної документації у частині забезпечення механічного опору та стійкості»;

– інженер-консультант (будівництво) із кваліфікаційним рівнем «провідний» або «І категорія».

Наказом Міністерства розвитку громад та територій України 06 серпня 2022 року № 144 [4] затверджено «Методику обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів», яка визначає особливості проведення та оформлення результатів обстеження об'єктів з метою визначення фактичного стану об'єкта та оцінки його відповідності основним вимогам до будівель і споруд, визначеним законодавством, і вжиття заходів для забезпечення надійності та безпеки під час його експлуатації. Методикою визначається:

– організація, етапи та послідовність виконання обстеження об'єктів;
– підготовка до проведення обстеження;
– особливості проведення окремих етапів обстеження;
– особливості оцінювання технічного стану конструкцій та об'єкта в цілому;
– особливості оформлення звітної документації;
– особливості проведення обстеження об'єктів, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів.

Роботи з обстеження зруйнованих і пошкоджених мостів класифікуються як спеціальні обстеження та включають у себе такі основні заходи:

– попередній огляд;
– візуальне та інструментальне дослідження конструкцій споруди;
– визначення механічних характеристик матеріалів основних елементів споруди (прогонова будова, опори та за необхідності фундаменти);
– геодезична зйомка споруди та окремих елементів.

Після виконання польових робіт приступають до формування технічного звіту. Згідно з чинних вимог у технічному звіті надається наступна інформація:

– загальна інформація про споруду;
– результати обстеження;
– результат інструментальних вимірювань;
– аналіз результатів обстеження (розрахунок вантажопідйомності, призначення експлуатаційного стану споруді та вцілілим елементам, прогнозування залишкового ресурсу елементів моста, аналіз виникнення та розвитку дефектів тощо);
– відомість дефектів зі схемами дефектів;
– обмірні креслення;
– висновки (у висновках надаються рекомендації з відновлення споруди, орієнтовні затрати на відновлення та призначення невідкладних заходів).

Важливим моментом під час обстеження споруд, які були пошкоджені в ході військових дій є забезпечення безпеки для виконавців цих робіт. Обов'язковим є проведення заходів із розмінування ділянки обстеження мостів і, за необхідності, проведення первинного демонтажу конструкцій, які можуть обрушитись.

Вибух створює значну кількість енергії, яка швидко поширюється чинить тиск на елементи конструкції мосту у вигляді удару. Наслідком якого є зміщення, деформації та руйнування прогонових будов, опор і фундаментів. Залежно від сили вибуху, пошкодження бувають локальними або поширеними. Також дія вибуху може призвести до прихованих руйнувань фундаментів споруди, які на перший погляд непомітні, але, водночас, досить небезпечні, якщо їх вчасно не виявити, адже вони в подальшому можуть стати причиною руйнування відновленого мосту. Опосередковано їх можна виявити через ознаки нестабільної роботи конструкції, такі як нахил опори, поява тріщин і деформацій в опорі. Для проведення дослідження опор необхідно проводити детальну геодезичну зйомку, дослідження наявних тріщин і пошкоджень, визначення фізико-механічних властивостей матеріалу опор. Щодо фундаментів, то їхнє дослідження зазвичай ускладнюється

наявними завалами та відсутністю можливості провести часткові розкопування для проведення обстеження. На практиці обстеження фундаментів проводять після виконання основних робіт з обстеження в рамках додаткового обстеження або науково-технічного супроводу проєктування чи будівництва із забезпеченням підрядною організацією розкопування конструкції фундаменту, яке зможе забезпечити повноцінний огляд.

У теперішній час найбільш розповсюдженим видом руйнування мостів є контрольований підрив конструкцій споруди. Складність проведення обстеження на таких транспортних спорудах зазвичай полягає в обмеженому доступі до конструкцій через необхідність розчищення завалів і в необхідності проведення демонтажу пошкоджених елементів, які певним чином ще зберігають стійкість. Особливу увагу під час обстежень підірваних мостів необхідно приділяти прогонам на яких безпосередньо відбувся підрив і на конструкціях, що межують з ними (**рис. 1** і **рис. 2**).

Рисунок 1 — Руйнування моста у Київській області шляхом контрольованого підриву

Рисунок 2 — Руйнування моста у Харківській області шляхом контрольованого підриву

Важливим фактором, який впливає на характер руйнування мостів під час контрольованого підриву, є їхня статична схема. На **рис. 1** наведено приклад руйнування моста із температурно-нерозрізною ланкою на п'ять прогонів. Дана конструкція була зруйнована контрольованим підривом в одному прогоні, але відбулось обрушення всіх п'яти прогонів цієї нерозрізної ланки. Відмінним варіантом є ситуація з контрольованим підривом споруд із розрізною статичною схемою (**рис. 2**). У такому випадку зазвичай відбувається обрушення елементу мосту на який монтувалась вибухівка та сусідніх прогонів.

Пошкодження споруд внаслідок влучання ракет та артилерійських снарядів дещо відрізняється від пошкоджень мостів, які зазнали свого руйнування від зазначеного вище чинника. Як правило це точкові руйнування елементів мостового полотна та прогонових будов (в окремих випадках руйнування опор).

На мостах біля яких безпосередньо відбувались бойові військові дії часто зустрічаються осколкові пошкодження конструкцій споруди. Осколкові ураження елементів мосту це дефекти у вигляді сколів бетону (**рис. 3**) та зазвичай не несуть великої загрози стійкості конструкції, так як пошкодження обмежуються захисним шаром бетону. Наявність таких пошкоджень, як правило можна усунути збиванням пошкодженого захисного шару бетону та його відновленням. Характер таких пошкоджень внаслідок бойових дій може бути менше небезпечним для стійок опор, оскільки у них використовується каркасне армування, у той час, як такі пошкодження можуть бути суттєвими і мати серйозні наслідки для прогонових будов з попередньо-напружених залізобетонних балок.

Рисунок 3 — Осколкові ураження стійок опори

На **рис. 4** наведено фрагмент конструкції прогонової будови з балками виконаних за типовим проєктом ВТП-16 із струнобетону. Внаслідок осколкових уражень у нижню частину балок прогонових будов було розірвано значну кількість елементів армування балок, які унеможливлюють подальшу експлуатацію цих балок. Вразливість до значних руйнувань від осколкових уражень даних попередньо-напружених балок зумовлена тонким захисним шаром бетону та особливостями армування.

На **рис. 5** і **рис. 6** наведено фрагмент моста, пошкодження якого виникли через влучання ворожої ракети, внаслідок чого відбулось руйнування монолітної накладної плити та руйнування плит прогонової будови споруди за типовим проєктом ВТП-21. Характер пошкодження у цьому випадку – наскрізне руйнування конструкції прогонової будови та утворення прихованих дефектів

у плитах прогонової будови, які знаходяться поруч із епіцентром вибуху. У випадку наведеному на **рис. 5** влучання ракети повністю зруйнувало чотири плити прогонової будови, а також відбулось утворення силових тріщин у сусідніх плитах на бокових гранях, які були виявлені лише в ході демонтажу. Аналогічна ситуація відбулась і у випадку, що наведений на **рис. 6**, розповсюдження прихованих дефектів (силових тріщин на бокових гранях плит прогонової будови) відбулось на сусідні три плити з кожної сторони від зруйнованих плит прогонової будови.

Рисунок 4 — Осколкові ураження балок прогонової будови

Рисунок 5 — Руйнування плит прогонової будови виконаних за типовим проєктом ВТП-21 внаслідок влучання ракети ворожої авіації

На **рис. 7** і **рис. 8** наведено руйнування споруди, яке відбулось у зв'язку з ураженням авіаційними бомбами. Вибухові пошкодження прогонових будов наявні у трьох місцях на споруді, внаслідок чого деякі балки повністю зруйновані, а в сусідніх з ними балках наявні силові тріщини, розвиток яких свідчить про неможливість подальшої експлуатації цих балок.

Рисунок 6 — Руйнування елементів мостового полотна

Рисунок 7 — Пошкодження балок прогонових будов споруди внаслідок влучання авіаційної бомби

Рисунок 8 — Руйнування елементів мостового полотна та прогонової будови споруди

Висновки

Обстеження зруйнованих мостів це важливий і відповідальний етап у процесі їхнього відновлення, від якого залежить якість прийнятих проєктних рішень та розмір капітальних вкладень на етапі будівельних робіт і робіт з відновлення. Тому виконання обстежень споруд потребує професійного та відповідального підходу як від виконавців, так і від балансоутримувачів (власників) у розрізі формування завдання на обстеження і приймання відповідної технічної документації за результатами обстеження. Замовники повинні спонукати виконавців використовувати сучасні методи дослідження конструкцій споруди у рамках обстеження, що дозволить більш об'єктивно визначати технічний стан її елементів та збільшить вірогідність фіксування прихованих дефектів.

Опираючись на досвід проведення обстежень мостів пошкоджених у результаті збройного вторгнення російської федерації на територію України вважаємо, що назріла потреба у розроблені й оновленні нормативно-правових, нормативних і технічних документів. Зокрема це розроблення порядку визначення черговості обстеження пошкоджених і зруйнованих транспортних споруд, а також відповідних критеріїв. Оновлення нормативної бази щодо проведення робіт з обстеження мостів, потрібно розширити перелік видів дефектів і пошкоджень конструкцій споруд, розробити алгоритм обстеження з врахуванням специфіки виконання робіт, як наслідок буде підвищення якості технічної документації.

Існує також необхідність у розробленні рекомендацій, які б ураховували накопичений досвід і були направлені на зменшення потенційної загрози руйнування мостів та їхніх елементів внаслідок дії вибухів. Впровадження цих рекомендацій під час проєктування нового будівництва чи будівництва мостів дозволить суттєво зменшити витрати на подальше відновлення цих споруд.

Список літератури

1. ДБН В.2.3-6-2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування. Київ, 2010. 47 с. (Інформація та документація).

2. Про порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд: Постанова Кабінету міністрів України від 19.04. 2022 р. № 473 (чинна в редакції від 27.09.2022 №1073) // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-2022-%D0%BF#Text (дата звернення: 05.03.2023).

3. Про порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва: Постанова Кабінету міністрів України від від 12.04.2017 р. №257 (чинна в редакції від 05.04.2022 №423// База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-п#Text (дата звернення: 05.03.2023).

4. Про методику проведення обстеження та оформлення його результатів: Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06.08.2022 № 144.

References

1. DBN V.2.3-6:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennia i vyprobuvannia [State Building Norms (DBN V.2.3-6:2009) Transport facilities. Bridges and pipes. Inspection and testing]. Kyiv, 2009. 73 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

2. Pro poriadok vykonannia nevidkladnykh robit shchodo likvidatsii naslidkiv zbroinoi ahresii rosiiskoi federatsii, poviazanykh iz poshkodzhenniam budivel ta sporud: Decree of Cabinet of Ministers of Ukraine of 19.04. 2022 N 473 (editorial office of 27.09.2022 N1073) // Database of Legislation of Ukraine

/ Verkhovna Rada of Ukraine.URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-2022-%D0%BF#Text (Last accessed: 05.03.2023) [in Ukrainian].

3. Pro poriadok provedennia obstezhennia pryiniatykh v ekspluatatsiiu obiektiv budivnytstva: Decree of Cabinet of Ministers of Ukraine of 12.04.2017 N 257 (editorial office of 05.04.2022 N423) // Database of Legislation of Ukraine / Verkhovna Rada of Ukraine.URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-п#Text (Last accessed: 05.03.2023) [in Ukrainian].

4. Pro metodyku provedennia obstezhennia ta oformlennia yoho rezultativ: Order of Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine of 06.08.2022 № 144 [in Ukrainian].

Volodymyr Kaskiv, *Ph.D., Associate Prof., https://orcid.org/0000-0002-8074-6798*
Serhii Zavhorodnii, *https://orcid.org/0000-0003-1928-4544*
Maksym Borysenko, *https://orcid.org/0000-0001-9772-3536*

M.P. Shulgin State Road Research Institute – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

INVESTIGATION OF BRIDGES DAMAGED AND DESTROYED BY EXPLOSIONS

Abstract

Introduction. Conducting inspections of destroyed and damaged bridges is crucial for the process of restoring these structures as the quality and objectivity of the decisions made during the design and construction works will depend.

Problem Statement. In the course of Ukraine's confrontation with the full-scale armed offensive of the russian federation, hundreds of bridges on roads of various administrative subordination were destroyed and damaged. The legislative and regulatory framework in Ukraine did not provide an algorithm for conducting inspections and restoration of destroyed buildings and structures at the time of the introduction of martial law.

Purpose. The purpose of the article is to highlight the experience of conducting inspections of destroyed and damaged bridges, as well as to highlight changes in legislation after the introduction of martial law aimed at regulating the processes of fixing, inspecting and restoring damaged and destroyed transport facilities.

Results. The article presents the results of inspections of about 40 damaged and destroyed structures on the roads of national importance in the regions where military operations took place during the martial law in Ukraine. The destruction of bridge structures is affected by various factors such as the nature of the explosion, the design of supports and spans, and the static scheme of the bridge.

Conclusions. The experience gained from the inspection of about 40 bridges damaged as a result of the armed invasion of Ukraine by the Russian Federation allows us to draw conclusions in two directions. First, the inspection of structures requires a professional and responsible approach from both the contractors and the balance holders (owners) in terms of formulating the inspection task and accepting the relevant technical documentation based on the inspection results. Secondly, there is a need to develop and update legal, regulatory and technical documents that would take into account the experience gained and be aimed at reducing the potential threat of bridge collapse and reducing the costs of their subsequent restoration.

Keywords: highway, explosion, bridge, inspection, destruction, transport structure, overpass.