

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.191:624.139.62-026.656

О. Л. ТЮТЬКІН<sup>1\*</sup>, І. С. ОСТАПЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Мости та тунелі», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 290 45 18, ел. пошта alexeytutkin@gmail.com, ORCID 0000-0003-4921-4758

<sup>2</sup> Кафедра військової підготовки спеціалістів Держспецтрансслужби, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (068) 838 67 63, ел. пошта igorostapenko.diit@gmail.com, ORCID 0000-0003-2232-7138

### ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ МОСТІВ В КОНТЕКСТІ ПРОБЛЕМНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ

**Мета.** Метою роботи є проведення аналізу існуючих вітчизняних та світових методів підсилення фундаментів автомобільних мостів з врахуванням впливу різних факторів та умов експлуатації зазначених об'єктів в контексті проблемного стану транспортно-дорожнього комплексу. **Методика.** Висвітлено проблемні питання забезпечення безперебійного функціонування транспортних напрямків в сучасних умовах. Визначені комплексні заходи, спрямовані на відновлення експлуатації транспортної інфраструктури шляхом оперативного реагування на наявні та виникаючі загрози виведення з ладу транспортних напрямків внаслідок воєнних дій, диверсій, стихійних лих, техногенних аварій. **Результати.** Узагальнення сучасних світових та вітчизняних методів підсилення фундаментів мостів надало можливості дослідження найбільш ефективних, економічно вигідних та простих у технологічному виконанні конструкцій. Запропоновано чотири напрямки розвитку підсилення фундаментів: 1) збільшення площі опирання фундаментів мілкого закладання на природних основах; 2) влаштування додаткових палових фундаментів з об'єднанням їх в загальну конструкційну систему з існуючими фундаментами та спорудженням додаткових опор; 3) підсилення існуючих палових фундаментів шляхом зміни несучої спроможності основ; 4) влаштування інших конструктивних елементів для забезпечення підсилення існуючих фундаментів мостів. **Наукова новизна.** Вона полягає в постановці задачі підсилення фундаментів автомобільних мостів в контексті проблемного стану транспортно-дорожнього комплексу. **Практична значимість.** На основі результатів проведеного аналізу можна рекомендувати найбільш економічно обґрунтовані та швидко реалізовані методи підсилення фундаментів мостів для прийняття проектних рішень при реалізації державних програм будівництва та розвитку транспортно-дорожнього комплексу України та в сучасній світовій практиці.

*Ключові слова:* транспортно-дорожній комплекс; міст; фундамент; підсилення; реконструкція; відновлення

#### Вступ

Виконуючи аналіз викликів і загроз національній безпеці, які виникають на даний час, слід зазначити, що на пріоритетних позиціях виступають виклики і загрози економічної безпеці в контексті проблемного стану транспортно-дорожнього комплексу. До них відносяться:

- незадовільний стан будівельних конструкцій (Марочка, & Бобошко, 2018);
- моральна застарілість та фізичний знос об'єктів транспортно-дорожнього комплексу (Лантух-Ляшенко, 2008);
- необхідність розвитку інфраструктури для забезпечення функціонування транспортних напрямків відповідно потреб національної еко-

© О. Л. Тютюкін, І. С. Остапенко, 2020

номіки та забезпечення захисту її територіальної цілісності та незалежності сьогодні (Шемаєв, 2018).

Ця проблематика висвітлювалася в наукових колах багато разів, але з часом, враховуючи останні глобальні процеси в світі, її актуальність лише загострюється (Горбулін, Власюк, Лібанова, & Ляшенко, (Ред.), 2015; Шемаєв, 2018). Для умов гібридної війни проти України вона детально проаналізована в роботах (Горбулін, Власюк, Лібанова, & Ляшенко, (Ред.) (2015); Горбулін, (Ред.), 2017).

У роботі під редакцією В. П. Горбуліна (2017, С. 112) обґрунтовано витоки застосування «транспортної зброї» у гібридній війні проти

України. В цьому контексті слід визнати, що на часі дуже актуальна проблематика глобалізації світових ринків та постійної боротьби провідних держав світу за ресурси, ринки виробництва та збуту, постійний пошук нових ринків збуту та посилення присутності на існуючих. Похідною вирішення цієї задачі є забезпечення контролю з боку провідних держав основних напрямів руху ресурсів та товарів для забезпечення потреб економіки.

При дослідженні цієї задачі, на перший погляд, основною метою держав є вирішення завдань захисту своєї економіки та боротьба з конкуренцією на ринках збуту з урахуванням глобалізації світових економічних процесів. Але при більш детальному розгляді на перший план виходить політичне домінування з боку провідних держав світу на визначених територіях, яке впроваджується через забезпечення контролю над транспортними коридорами та логістичним забезпеченням. Виходячи з цього, реалізація політики провідних держав в транспортній сфері спрямована на забезпечення стійкого функціонування їхніх транспортно-логістичних систем із завданнями пріоритетного забезпечення потреб національних економік.

Відповідно при розгляді заданої проблематики на фоні пріоритетних завдань розвитку національної транспортної системи України можна впевнено визначити стратегічними пріоритетами держави забезпечення сталого розвитку національної транспортної системи не лише як запоруки економічного зростання держави та забезпечення зайнятості населення, але й як спосіб посилення міжнародного впливу і позицій України в світі. Окремо слід визначити проблему впливу на стан та умови сталого функціонування транспортно-дорожнього комплексу цілеспрямованого знищення транспортної інфраструктури Донбасу у проведенні гібридної війни проти України (Горбулін, (Ред.), 2017, С. 340).

### Мета

Мета роботи полягає в проведенні аналізу існуючих вітчизняних та світових методів підсилення фундаментів мостів з врахуванням впливу різних факторів та умов експлуатації зазначених об'єктів в контексті проблемного стану транспортно-дорожнього комплексу.

### Методика

Військова агресія на сході України та проведення антитерористичної операції в Донецькій та Луганській областях виявили низку проблемних питань в системі захисту національних інтересів в цілому, територіальної оборони та застосування сил оборони в контексті готовності, захищеності та спроможності об'єктів транспортної інфраструктури до забезпечення виконання зазначених завдань. При цьому слід зазначити, що ця проблематика є актуальною для всієї транспортної інфраструктури держави. Так, за статистикою Державної служби автомобільних доріг з 17 тисяч існуючих автомобільних мостів майже 9 тисяч (тобто 50 %) знаходяться в незадовільному або аварійному стані та потребують термінового капітального ремонту або реконструкції.

Аналогічна ситуація склалася в залізничній компоненті транспортної галузі: за даними Укрзалізниці з 17 тисяч штучних споруд (7 тис. мостів, 90 шляхопроводів, 251 пішохідний міст), що експлуатуються, різні дефекти мають 2,5 тис. споруд (14,3 %). При цьому найбільш складна ситуація саме з мостами: у 1431 з них є несправності, що складає 20,5 % загальної кількості. Дефекти штучних споруд, як і незадовільний стан колій та автомобільних шляхів, призводять до обмеження швидкості руху транспорту, зменшення вантажопідйомності та негативно впливають на пропускну спроможність транспортних напрямків.

Проведення активної фази АТО в Донецькій та Луганській областях у 2014 та 2015 роках призвело до значних руйнувань. У приведеному аналізі (Лист заступника начальника об'єднаного оперативного штабу Збройних Сил України № 313/5/2313 від 24.03.2016 р.) відмічається, що при проведенні активної фази антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей значна частина критичних об'єктів транспортної інфраструктури зазнала пошкоджень або часткових чи повних руйнувань. За наведеними довідковими даними Укрзалізниці, станом на 2020 рік в районах проведення Операції об'єднаних сил (ООС) залишилося пошкодженими понад 1610 об'єктів залізничної інфраструктури, на відновлення яких, за попередніми підрахунками, необхідно витратити близько 860 млн. грн.

У районі проведення бойових дій на сході України зазнали руйнувань понад 1700 кілометрів автодоріг загального користування, зруйновано 33 мости і шляхопроводи загальною довжиною понад 2800 погонних метрів. Орієнтовна сума збитків, завданих дорожньому господарству, оцінюється в 4,8 млрд. грн. При цьому слід зазначити, що наведені показники не остаточні, адже повністю оцінити вартість зруйнованих об'єктів транспортної інфраструктури можна буде після доступу до всіх зруйнованих об'єктів, значна частина яких перебуває в окремих районах Донецької та Луганської областей, непідконтрольних уряду України, що безпосередньо позначається на показниках роботи транспортної галузі.

Більша частина штучних споруд продовжує експлуатуватися, знаходячись в незадовільному стані внаслідок експлуатації в умовах ненормованих навантажень, фізичного зносу, впливу кліматичних факторів та пошкоджень внаслідок ведення бойових дій та диверсійної діяльності.

Сучасний досвід проектування та відновлення мостів, зруйнованих внаслідок ведення бойових дій на сході України, надає нам можливість висвітлити наступні проблемні питання забезпечення безперебійного функціонування транспортних напрямків в сучасних умовах:

– недосконалість нормативного законодавства стосовно визначення критеріїв короткотермінового, тимчасового та капітального відновлення штучних споруд з врахуванням сучасних вимог до умов експлуатації та навантажень (відсутність національних нормативних актів, визначаючих порядок та способи виконання відновлення об'єктів транспортної інфраструктури за тимчасовими та короткотерміновими способами, що в свою чергу унеможлиблює проектування та швидке виконання відновлення об'єктів зазначеними способами);

– необхідність типових методів відновлення мостів та шляхопроводів з урахуванням сучасних норм постійних та тимчасових навантажень, з використанням існуючих конструкцій та фундаментів з метою зменшення вартості відновлювальних робіт та термінів їх виконання;

– потреба в обстеженні стратегічних (критичних) об'єктів транспортної інфраструктури із визначенням завчасних обсягів робіт технічно-

го прикриття, а саме завчасне підсилення фундаментів опор, підсилення несучих конструкцій з метою збільшення несучої спроможності об'єктів.

Розгляд зазначених проблемних питань підсилення фундаментів опор автомобільних мостів, як об'єктів критичної інфраструктури, які є найменше захищеними та відповідно є найбільшої імовірності ураження, забезпечить створення в державі комплексних заходів, спрямованих на безперебійне функціонування транспортної інфраструктури шляхом оперативного реагування на наявні та виникаючі загрози виведення з ладу транспортних напрямків внаслідок воєнних дій, диверсій, стихійних лих, техногенних аварій.

### Результати

Виходячи із зазначених факторів впливу транспортно-дорожнього комплексу на економічну складову національної безпеки, пропонується виділити та розглянути окремо мости як споруди критичної інфраструктури (Лантух-Лященко, 2004), будівництво, відновлення та реконструкція яких є достатньо складний, економічно затратний та тривалий в часі процес. Окремо слід зазначити, що цільове знищення або виведення з ладу (приведення у непридатний стан для подальшої експлуатації) одного або декількох зазначених об'єктів фактично завжди призводить до значного зменшення функціональності транспортного напрямку.

Проблематика моніторингу мостів як об'єктів критичної інфраструктури актуальна протягом всього періоду незалежності нашої держави. За дослідженнями (Безбабічева, Кірієнко, Черепньов, & Топчій, 2016) в Україні експлуатуються понад 28000 мостів загальною протяжністю більше 805,8 км. Більшість мостів побудовані зі збірних залізобетонних конструкцій. 63 % таких мостів будувалися ще за нормами 1962 року, або попередніх та в більшості не задовольняють вимогам діючих норм за вантажопідйомністю та габаритами. До того ж протягом у 2006 та 2009 р. були введені в дію нові нормативи з проектування, що передбачають більші проектні навантаження (А15 та НК-80) (ДБН В. 1.2-15:2009, 2009). У рішенні Міжвідомчої комісії з питань науково-технологічної безпеки при Раді національної безпеки і оборони України від 13 жовтня 2009 зверталась увага

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

на те, що «...критичний стан автодорожніх мостів та транспортних споруд як складових систем життєзабезпечення на території України підвищує ризик виникнення Надзвичайних ситуацій техногенного та природного характерів и становить Відповідно до статті 7 Закону України «Про основи національної безпеки України» загрозу національній безпеці в економічній та екологічній сферах...».

Відновленню та реконструкції мостів приділялося достатньо уваги як в вітчизняних наукових колах, так і в світовому науковому товаристві. Так, авторами дослідження (Кваша, & Салійчук, 2013) реконструкції автомобільних мостів, пошкоджених внаслідок повеней в Львівській та Закарпатській областях зазначено, що при відновленні об'єктів інфраструктури, які зазнали пошкодження внаслідок впливу природних або техногенних факторів доцільно приймати проєктні рішення підсилення існуючих фундаментів та конструкцій мосту, що дозволяє значно зменшити вартість відновлювальних робіт в порівнянні з новим будівництвом або капітальним ремонтом із заміною старих конструкцій на нові.

Основними видами реконструкції мостів є збільшення габаритних розмірів мостового полотна, підсилення несучої спроможності мостового полотна шляхом влаштування монолітної залізобетонної плити, підсилення конструктивних елементів прогонових споруд та опор, підсилення фундаментів опор. В наведеному дослідженні (Кваша, & Салійчук, 2013) проведено аналіз прийнятих проєктних рішень при відновленні пошкоджених повенями мостів в західних регіонах України та наведено висновки щодо економічної доцільності збереження існуючих конструкцій мостів при їх реконструкції.

В даній роботі пропонується розглянути питання підсилення фундаментів мостів як найбільш складної конструкційної складової при реконструкції (відновленні) мостів. Проблема цього питання обумовлена наступними факторами:

- фундаменти опор мостів, як правило, розміщені в важкодоступних та складних для виконання робіт умовах місцевості з сильно пересіченими рельєфами місцевості;
- виконання робіт з підсилення конструкційних елементів фундаментів проводяться з

врахуванням впливу на конструкції постійних навантажень та неможливості їх розвантаження;

- виконання робіт по підсиленню фундаментів мостів обумовлено технологічною складністю робіт, що виконуються, внаслідок обмеженого простору обумовленого наявними конструкціями прольотів мосту;

- виконання робіт з підсилення фундаментів мостів потребує завчасних вишукувальних та підготовчих робіт, що в свою чергу збільшує часові показники виконання робіт.

Враховуючи наведені фактори логічно прийти до висновку, що підсилення фундаментів мостів є достатньо складним технологічним процесом, виконання якого потребує значної витрати часу та інших ресурсів.

Сучасні вітчизняні та світові наукові школи мостобудування визначають наступні способи підсилення фундаментів мостів (Gega, & Bozo, 2017; Марочка, & Бобошко, 2018; Davis, Hoornaan, Agrawal, Sanayei, & Jalinoos, 2019):

- збільшення площі обпирання фундаментів мілкового закладання на природних основах;
- влаштування додаткових пальових фундаментів з буронабивних, гвинтових та інших типів паль з об'єднанням їх в загальну конструкційну систему з існуючими фундаментами та спорудженням додаткових опор;
- підсилення існуючих пальових фундаментів шляхом зміни несучої спроможності основ за рахунок влаштування додаткових палевих фундаментів або окремих паль;
- влаштування інших конструктивних елементів для забезпечення підсилення існуючих фундаментів мостів.

Перелічені способи не є остаточними та допускають різні варіанти поєднання конструкційних рішень. Об'єктами окремих досліджень є взаємодія існуючих конструкцій з новими, взаємодія фундаментів з основами під впливом різних груп навантажень.

Особливої актуальності розгляд питань підсилення конструктивних елементів та фундаментів мостів набув при вирішенні завдань із забезпечення розгортання і проведення антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей. Так, при забезпеченні розгортання сил антитерористичної операції, першочерговим питанням стало збільшення вантажопідйомності автомобільних мостів для

пропуску важкої техніки, що було вирішено шляхом влаштування додаткових тимчасових опор на лежневих фундаментах із застосуванням інвентарних металевих конструкцій та типових елементів із збірного залізобетону (блоки, плити, балки та інше). Але слід зазначити, що в більшості випадків всі ці заходи виконувалися ситуаційно та не мали системного підходу, потребували додаткового часу для їх виконання та додаткових витрат. Мали місце випадки влаштування додаткових мостових переправ на ближньому обході з застосуванням парків важких механізованих мостів та інвентарних низько водних мостів внаслідок незадовільного стану капітальних мостів та їх неспроможності забезпечити пропуск важкої техніки.

Але влаштування ближніх обходів є достатньо витратним заходом та поряд з цим наявний ресурс інвентарних тимчасових мостів досить обмежений. Поряд з цим застосування інвентарних та важких механізованих мостів є короткотермінове, використовувати їх протягом тривалого часу без постійного обслуговування неможливе.

#### Наукова новизна та практична значимість

На основі результатів проведеного аналізу можна рекомендувати найбільш економічно обґрунтовані та швидко реалізовані методи підсилення фундаментів мостів для прийняття проектних рішень при реалізації державних програм будівництва та розвитку транспортно-дорожнього комплексу України та в сучасній світовій практиці. Подальші дослідження заплановано для влаштування додаткових пальових фундаментів з об'єднанням їх в загальну конструкційну систему з існуючими фундаментами та визначенням аналітичних закономірностей напружено-деформованого стану підсилення фундаментів при варіації параметрів підсилення.

#### Висновки

Виходячи з наведеного, визначено, що основними об'єктами забезпечення переправ через водні перешкоди та суходоли при переміщенні військ у 2014 – 2015 роках були автомобільні мости на дорогах загального та місцевого значення у Донецькій та Луганській областях. Внаслідок активних бойових дій значна частина об'єктів на напрямках просування

сил АТО зазнали значних пошкоджень або були знищені.

Питання тимчасового відновлення цих об'єктів та забезпечення пропуску транспорту слід оперативно вирішувати експлуатаційними підрозділами Укравтодору, підрозділами ДСНС та Держспецтрансслужби. Слід зазначити, що виконання робіт ускладнювалося загрозою вогневого впливу з боку незаконних збройних формувань та необхідністю постійної перевірки місцевості та об'єктів на наявність вибухових речовин. Також ускладнювало виконання робіт відсутність технічної документації майже на всі об'єкти та брак часу на проведення камеральних досліджень. Але основним недоліком є відсутність обґрунтованого та простого рішення підсилення фундаментів автомобільного мосту. Таким чином, актуальність поставленої проблеми підсилення фундаментів мостів є на часі та потребує термінового розгляду.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Davis, N. T., Hoomaan, E., Agrawal, A. K., Sanayei, M., & Jalinoos, F. (2019). Foundation Reuse in Accelerated Bridge Construction. *Journal of Bridge Engineering*, 24(10).
- Gega, M. & Bozo, L. (2017). Analysis of Bridge Foundation Damage in Albania. *Procedia Engineering*, (189), 275-282.
- Безбабічева, О. І., Кірієнко, М. М., Черепньов, І. А., & Топчій, В. Л. (2016). Безпечна експлуатація та надійність мостових споруд на дорогах України як необхідні елементи транспортної логістики. *Інженерія природокористування*, 1(5), 29-39.
- Горбулін, В. П. (Ред.) (2017). *Світова гібридна війна: український фронт*. Київ: НІСД.
- Горбулін, В. П., Власюк, О. С., Лібанова, Е. М., & Ляшенко, О. М. (Ред.) (2015). *Донбас і Крим: ціна повернення*. Київ: НІСД.
- ДБН В.1.2-15:2009 (2009). *Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи*. Київ: Мінрегіонбуд України.
- Кваша, В. Г., & Салійчук, Л. В. (2013). Підсилення опор при реконструкції мостів. *Ресурсоекономічні матеріали, конструкції та будівлі*, 25, 739-753.
- Лантух-Ляшенко, А. І. (2004). *Технічний стан мостів і транспортних споруд України: Аналітична довідка Міжвідомчої комісії з питань науково технологічної безпеки*.
- Лантух-Ляшенко, А. І. (2008). Уточнення оцінки експлуатаційного стану мостів. *Дороги і мости*, 9, 12-18.
- Лист заступника начальника об'єднаного оператив-

ного штабу Збройних Сил України № 313/5/2313 від 24.03.2016 р. «Щодо кількості зруйнованих постійних мостових споруд та знищених механізованих мостів, які використовуються у Збройних Силах України для забезпечення подолання перешкод за час проведення антитерористичної операції на території Донецької та Луганської областей».

Марочка, В. В., & Бобошко, С. Г. (2018). Современные методы реконструкции мостовых сооружений. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*, 14, 15-21.

Шемаєв, В. В. (2018). *Теоретико-методологічні засади та пріоритети розвитку транспортної інфраструктури в системі економічної безпеки України*. Київ: НУОУ.

А. Л. ТЮТЬКИН<sup>1\*</sup>, И. С. ОСТАПЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Кафедра «Мости и тоннели», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (066) 290 45 18, эл. почта alexeytutkin@gmail.com, ORCID 0000-0003-4921-4758

<sup>2</sup> Кафедра военной подготовки специалистов Госспецтрансслужбы, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (068) 838 67 63, эл. почта igorostapenko.diit@gmail.com, ORCID 0000-0003-2232-7138

## УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ МОСТОВ В КОНТЕКСТЕ ПРОБЛЕМНОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНОГО КОМПЛЕКСА

**Цель.** Целью работы является проведение анализа существующих отечественных и мировых методов усиления фундаментов автомобильных мостов с учетом влияния различных факторов и условий эксплуатации указанных объектов в контексте проблемного состояния транспортно-дорожного комплекса. **Методика.** Освещены проблемные вопросы обеспечения бесперебойного функционирования транспортных направлений в современных условиях. Определены комплексные меры, направленные на восстановление эксплуатации транспортной инфраструктуры путем оперативного реагирования на имеющиеся и возникающие угрозы вывода из строя транспортных направлений в результате военных действий, диверсий, стихийных бедствий, техногенных аварий. **Результаты.** Обобщение современных мировых и отечественных методов усиления фундаментов мостов предоставило возможность исследования наиболее эффективных, экономически выгодных и простых в технологическом исполнении конструкций. Предложены четыре направления развития усиления фундаментов: 1) увеличение площади опирания фундаментов мелкого заложения на естественных основаниях; 2) устройство дополнительных свайных фундаментов с объединением их в общую конструктивную систему с существующими фундаментами и сооружением дополнительных опор; 3) усиление существующих свайных фундаментов путем изменения несущей способности оснований; 4) устройство других конструктивных элементов для обеспечения усиления существующих фундаментов мостов. **Научная новизна.** Она заключается в постановке задачи усиления фундаментов автомобильных мостов в контексте проблемного состояния транспортно-дорожного комплекса. **Практическая значимость.** На основе результатов проведенного анализа можно рекомендовать наиболее экономически обоснованные и быстро реализуемые методы усиления фундаментов мостов для принятия проектных решений при реализации государственных программ строительства и развития транспортно-дорожного комплекса Украины и в современной мировой практике.

**Ключевые слова:** транспортно-дорожный комплекс; мост; фундамент; усиление; реконструкция; восстановление

О. Л. ТИУТКИН<sup>1\*</sup>, І. С. ОСТАПЕНКО<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Department «Bridges and Tunnels» of Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (066) 290 45 18, e-mail alexeytutkin@gmail.com, ORCID 0000-0003-4921-4758

<sup>2</sup> Department of Military Training of specialists of the State Special Transport Service Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (068) 838 67 63, e-mail igorostapenko.diit@gmail.com, ORCID 0000-0003-2232-7138

## STRENGTHENING OF THE FOUNDATIONS OF HIGHWAY BRIDGES IN THE CONTEXT OF THE PROBLEMATIC STATE OF THE TRANSPORTATION AND ROAD COMPLEX

**Purpose.** The aim of the work is to analyze the existing domestic and foreign methods of strengthening the foundations of road bridges, taking into account the influence of various factors and operating conditions of these objects in the context of the problematic state of the transport and road complex. **Methodology.** The problematic issues of ensuring the smooth functioning of transport routes in modern conditions are highlighted. Complex measures aimed at restoring the operation of the transport infrastructure by promptly responding to existing and emerging threats of disabling transport routes as a result of military operations, sabotage, natural disasters, and man-made accidents have been identified. **Findings.** Generalization of modern foreign and domestic methods of strengthening the foundations of bridges made it possible to study the most effective, cost-effective and simple in technological design structures. Four directions of development of strengthening of foundations are proposed: 1) increasing the support area of shallow foundations on natural bases; 2) installation of additional pile foundations with their integration into a common structural system with existing foundations and the construction of additional supports; 3) strengthening the existing pile foundations by changing the bearing capacity of the foundations; 4) constructing other structural elements to ensure the reinforcement of the existing foundations of bridges. **Originality.** It consists in setting the task of strengthening the foundations of road bridges in the context of the problematic state of the transport and road complex. **Practical value.** Based on the results of the analysis, it is possible to recommend the most economically justified and quickly implemented methods of strengthening the foundations of bridges for making design decisions in the implementation of state programs for the construction and development of the transport and road complex of Ukraine and in modern world practice.

**Keywords:** transport and road complex; bridge; foundation; strengthening; reconstruction; restoration

### REFERENCES

- Davis, N. T., Hoomaan, E., Agrawal, A. K., Sanayei, M., & Jalinoos, F. (2019). Foundation Reuse in Accelerated Bridge Construction. *Journal of Bridge Engineering*, 24(10). (in English)
- Gega, M. & Bozo, L. (2017). Analysis of Bridge Foundation Damage in Albania. *Procedia Engineering*, (189), 275-282. (in English)
- Bezbabicheva, O. I., Kirienko, M. M., Cherepnov, I. A., & Topchii, V. L. (2016). Bezpechna ekspluatatsiia ta nadiinist mostovykh sporud na dorohakh Ukrainy yak neobkhidni elementy transportnoi lohistyky. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia*, 1(5), 29-39. (in Ukrainian)
- Horbulin, V. P. (Red.) (2017). *Svitova hibrydna viina: ukrainskyi front*. Kyiv: NISD. (in Ukrainian)
- Horbulin, V. P., Vlasiuk, O. S., Libanova, E. M., & Liashenko, O. M. (Red.) (2015). *Donbas i Krym: tsina povernennia*. Kyiv: NISD. (in Ukrainian)
- DBN V.1.2-15:2009 (2009). *Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennia i vplyvy*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy. (in Ukrainian)
- Kvasha, V. H., & Saliichuk, L. V. (2013). Pidsylennia opor pry rekonstruktsii mostiv. *Resursoekonomni materialy, konstruktsii ta budivli*, 25, 739-753. (in Ukrainian)
- Lantukh-Liashchenko, A. I. (2004). *Tekhnichniy stan mostiv i transportnykh sporud Ukrainy: Analitichna dovidka Mizhvidomchoi komisii z pytan naukovo tekhnolohichnoi bezpeky*. (in Ukrainian)
- Lantukh-Liashchenko, A. I. (2008). Utochnennia otsinky ekspluatatsiinoho stanu mostiv. *Dorohy i mosty*, 9, 12-18. (in Ukrainian)
- Lyst zastupnyka nachalnyka obiednanoho operatyvnogo shtabu Zbroinykh Syl Ukrainy № 313/5/2313 vid 24.03.2016 r. «Shchodo kilkosti zruinovanykh postiinykh mostovykh sporud ta znyschennykh mekhanizovanykh mostiv, yaki vykorystovuiutsia u Zbroinykh Sylakh Ukrainy dlia zabezpechennia podolannia pereshkod za chas provedennia antyterorystychnoi operatsii na terytorii Donetskoï ta Luhanskoï oblasti». (in Ukrainian)
- Marochka, V. V., & Boboshko, S. G. (2018). Sovremennyye metody rekonstruktsii mostovykh sooruzheniy. *Mosty ta tuneli: teoriia, doslidzhennia, praktyka*, 14, 15-21. (in Russian)
- Shemaiev, V. V. (2018). *Teoretyko-metodolohichni zasady ta priorytety rozvytku transportnoi infrastruktury v systemi ekonomichnoi bezpeky Ukrainy*. Kyiv: NUOU. (in Ukrainian)

Надійшла до редколегії 01.10.2020.

Прийнята до друку 30.10.2020.