



DOI <https://doi.org/10.32782/naoma-bulletin-2024-2-5>

УДК 624.21

ORCID ID: 0000-0002-1363-7356

ORCID ID: 0000-0003-3729-0577

**Сергій Стоянович**

*кандидат технічних наук, доцент,  
в.о. завідувача кафедри архітектурних конструкцій  
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури  
[sergii.stoianovych@naoma.edu.ua](mailto:sergii.stoianovych@naoma.edu.ua)*

**Роман Полюга**

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
доцент кафедри архітектурних конструкцій  
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури  
[roman.poliuga@naoma.edu.ua](mailto:roman.poliuga@naoma.edu.ua)*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ МОСТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ ПОСТ-НАПРУЖЕННЯ

**Анотація.** *Мета дослідження* – оцінка та прогнозування технічного стану прогонової будови мосту з системою пост-напруження, вивчення її просторової роботи та ефективності застосованих конструктивних рішень. Для прикладу проаналізовано напружено-деформований стан конструкцій прогонової будови мосту через р. Десна на автомобільній дорозі загального користування державного значення М-01 Київ – Чернігів – Нові Яриловичі (напрямок – м. Гомель), південний під'їзд до м. Чернігова, км 11+414. **Методи дослідження.** Дослідження параметрів просторової роботи та напружено-деформованого стану прогонової будови включало аналітичний розрахунок, натурні вимірювання та аналіз абсолютних деформацій (прогинів) балок, а також напружень у балках під дією статичного навантаження за відповідними схемами завантаження. **Результати дослідження.** Отримані результати натурних досліджень порівнювалися з результатами розрахункової моделі прогонової будови та показниками, передбаченими нормативними документами. За результатами досліджень визначено значення конструктивного коефіцієнта  $k$ , який знаходиться в межах 0,82 ... 0,95 та не перевищує 1,0. Значення виміряних приведених до нормативного значення прогинів значно менші допустимих  $1/400 l_p$  згідно з нормами, а значення напружень, що виникають в балці в надпорному перерізі над опорою 3, приведені до нормативних значень, також значно менші допустимих згідно з нормативними документами. **Висновки.** Зроблено висновки щодо актуальності застосування передових конструктивних рішень та сучасних ремонтних матеріалів для будівництва нових та ремонтів пошкоджених мостів. В результаті досліджень нерозрізної залізобетонної монолітної попередньо напруженої прогонової будови мосту з застосуванням системи пост-напруження були встановлені параметри її просторової роботи як в поперечному, так і в поздовжньому напрямках, а також напружено-деформованого стану конструкцій. Результати дослідження прогонової будови ще раз підтвердили ефективність застосування системи пост-напруження в мостобудуванні.

**Ключові слова:** міст, прогонова будова, випробування, деформативність, тріщиностійкість, напруження, технічний стан, пост-напружені системи.

**Sergii Stoianovych**

*Ph.D., Associate Professor, Acting Head of the Department of Architectural Construction  
National Academy of Fine Arts and Architecture  
[sergii.stoianovych@naoma.edu.ua](mailto:sergii.stoianovych@naoma.edu.ua)*

**Roman Poliuga**

*Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Architectural Construction  
National Academy of Fine Arts and Architecture  
[roman.poliuga@naoma.edu.ua](mailto:roman.poliuga@naoma.edu.ua)*

## RESEARCH OF A REINFORCED CONCRETE PRE-STRESSED BRIDGE STRUCTURE USING A POST-TENSION SYSTEM

**Abstract.** *The purpose* of the research is to assess and forecast the technical condition of the bridge superstructure with the post-tension system, to research its spatial operation and the effectiveness of the applied constructive solutions. The study analyzes the example of the stress-strain state of the constructions of the span structure of

the bridge over the Desna River on the M-01 highway of public use of state importance Kyiv – Chernihiv – Novi Yarylovichi (on the city of Gomel), southern entrance to the city of Chernihiv, km 11+414. **The research methods.** The research of parameters of spatial work and the stress-deformed state of the span structure included analytical calculation, field measurement and analysis of absolute deformations (deflections) of beams, stresses in beams under the action of static load according to the appropriate loading schemes. **The research results.** The obtained results of field research were compared with the results of the calculation model of the span structure and the corresponding indicators of regulatory documents. Based on the results of the research, the value of the design factor  $k$  was determined, which is within 0.82 ... 0.95 and does not exceed 1.0. The values of the measured deflections adjusted to the normative value are much smaller than the permissible  $1/400 l_p$  according to the standards, the values of the stresses occurring in the beam in the support section above the support 3 are adjusted to the normative values and are also much smaller than the permissible according to the normative documents. **The conclusions.** Conclusions were made regarding the relevance of the use of advanced design solutions and modern repair materials in the construction of new and repair of damaged bridges. As a result of the studies of the continuous reinforced concrete monolithic pre-stressed span structure of the bridge using the post-tension system, the parameters of its spatial operation, both in the transverse and longitudinal directions, and the stress-strain state of the constructions were established. The results of the research of the span structure once again proved the effectiveness of the post-tension system in bridge construction.

**Key words:** bridge, span, tests, deformability, crack resistance, tension, technical condition, post-tension systems.

**Постановка проблеми.** Сьогодні в Україні налічується дуже велика кількість мостів, конструкції яких постраждали під час військових дій або мають дефекти, що виникли в процесі експлуатації цих споруд. Всі вони потребують відновлення або будівництва нових, залежно від наявних пошкоджень їхніх конструкцій.

Основні дефекти та пошкодження в несних конструкціях мостів, викликані військовими факторами, які впливають на їх несну здатність і довговічність, включають часткове або повне руйнування несних конструкцій, появу тріщин та значних деформацій. Додатково, дефекти, що виникають в процесі експлуатації, також впливають на несну здатність і довговічність конструкцій. Це включає значну корозію арматури, яка зменшує її площу поперечного перерізу в залізобетонних елементах; значну корозію металевих конструкцій; силові тріщини та тріщини корозійного характеру в елементах конструкцій та інші. Крім наявних пошкоджень та дефектів, зростання маси транспортних засобів на дорогах вимагає підвищення рівня експлуатаційної надійності та довговічності транспортних споруд, оскільки багато з них побудовані понад 50 років тому і не витримують сучасні навантаження.

**Актуальність дослідження.** Для зведення нових або для ремонту існуючих мостів необхідно застосовувати високоміцні матеріали та надійні конструкції з метою покращення експлуатаційних характеристик.

Згідно з вимогами нормативних документів [1; 2], застосування нових конструкцій та ремонтних матеріалів з можливою зміною рівня навантажень потребує перевірки ефективності проведених робіт шляхом обстежень та випробувань.

Це включає дослідження просторової роботи конструкцій, перевірку відповідності елементів конструкцій вимогам нормативних документів, встановлення можливості безпечного пропуску транспортних засобів і режиму їх руху. В майбутньому це дозволить розробити нові та вдосконалити існуючі рекомендації з ремонту дефектів і пошкоджень, покращити конструктивні рішення та підвищити надійність споруд.

**Метою дослідження** є оцінювання та прогнозування технічного стану прогонової будови мосту з системою пост-напруження, вивчення її просторової роботи та ефективності застосованих конструктивних рішень на прикладі дослідження напружено-деформованого стану конструкцій прогонової будови мосту через р. Десна на автомобільній дорозі загального користування державного значення М-01 Київ – Чернігів – Нові Яриловичі (на м. Гомель), південний під'їзд до м. Чернігова, км 11+414.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Об'єктом досліджень є монолітна нерозрізна балкова прогонова будова мосту з попередньо напруженого залізобетону. Конструктивною особливістю даної прогонової будови є застосування пост-напруженої системи, коли натяг попередньо-напруженої арматури виконується на бетон. Застосування таких систем набуває популярності в Україні, про що свідчать результати останніх досліджень [4; 5]. Автори виділяють основні переваги таких конструктивних систем у порівнянні зі збірним попередньо напруженим залізобетоном та можливістю їхньої конкуренції з металевими прогоновими будовами при перекритті великих прогонів. Зокрема, йдеться про збільшення довжини прогонів порівняно з існуючими конструктивними рішеннями та зменшенням

витрат матеріалів на їхнє облаштування. В роботах також наведено результати досліджень напружено-деформованого стану відповідних прогонових будов та особливості їхньої роботи.

Оскільки такі конструкції тільки нещодавно почали застосовуватися при будівництві мостів в Україні, то напрацювань є небагато. Автори в своїх дослідженнях [4; 5] зазначають, що сьогодні необхідно додатково вивчити роботу таких систем і це дасть змогу покращити їх конструктивні характеристики та ефективність.

На основі проведених досліджень в Україні були розроблені перші нормативні документи з проектування монолітних попередньо-напружених мостів з напруженням на бетон (пост-напружені системи) [6].

**Виклад основного матеріалу.** Міст через р. Десна був пошкоджений внаслідок військових дій, тому, перед розробкою проектних рішень й виконанням робіт з відновлення, були проведені обстеження несних конструкцій для прийняття остаточного рішення щодо ремонту. Було виявлено, що деякі прогонові будови та опори повністю зруйновані, частина конструкцій зазнали пошкоджень у вигляді проломів, також варто зазначити про втрати суцільності бетону, роздроблення, розломи, тріщини, виривання крупних частин тіла бетону, втрати зчеплення з бетоном робочої попередньо напруженої арматури балок та отвори в металевих балках від уламків бомб та снарядів. Також конструкції отримали значний динамічний вплив у горизонтальному і вертикальному напрямках, що проявилось у вигляді зміщень прогонових будов від їх початкового проектного положення.

Окрім пошкоджень конструкцій внаслідок військових дій, виявлено дефекти, що виникли під час експлуатації споруди, а саме: сліди замокання, руйнування захисного шару з оголенням та корозією арматури залізобетонних елементів, тріщини в конструкціях тощо (іл. 1).



Іл. 1. Загальний вигляд споруди до відновлення: пошкодження та дефекти. 2022. [Світлина С. Стояновича]

Обстеження допомогло визначити ступінь і характер ушкоджень елементів мосту та оцінити його технічний стан [3]. Було надано рекомендації щодо можливості та доцільності ремонту для подальшої експлуатації споруди. Зокрема, чи варто відновлювати зруйновані та пошкоджені елементи конструкції як внаслідок військових дій, так і через тривалу експлуатацію, або ж доцільніше розглянути будівництво нового мосту. Враховуючи ступінь пошкоджень несучих конструкцій, вирішено проектувати нову споруду поруч зі старою.

Після завершення будівництва споруди виникла необхідність провести дослідження просторової роботи конструкцій прогонової будови в осях 1–5 для оцінки ефективності застосованих нових конструктивних рішень та матеріалів (іл. 2).



Іл. 2. Загальний вигляд конструкції досліджуваної прогонової будови на стадії будівництва. 2024. [Світлина Р. Полюги]

Досліджувана прогонова будова в поперечному напрямку влаштована з двох балок суцільного перерізу, встановлених з кроком 5,65 м та об'єднаних між собою плитою проїзної частини. Балки армовані попередньо напруженими пучками з натягом на бетон (технологія «пост-напруження»). По довжині прогонової будови балки змінної висоти. Прогонова будова за статичною схемою – балочна нерозрізна, влаштована з чотирьох прольотів за схемою 33м+39м+39м+33м. Розрахункові тимчасові навантаження на споруду – А–15, НК 100 [7].

Під час проведення випробувань прогонової будови використали в якості навантаження чотири вантажні автомобілі масою 38 т. Прольоти прогонової будови завантажувалися за відповідними схемами (іл. 3): в поперечному напрямку автомобілі розміщували з максимальним їх наближенням до лівого краю проїзної частини,

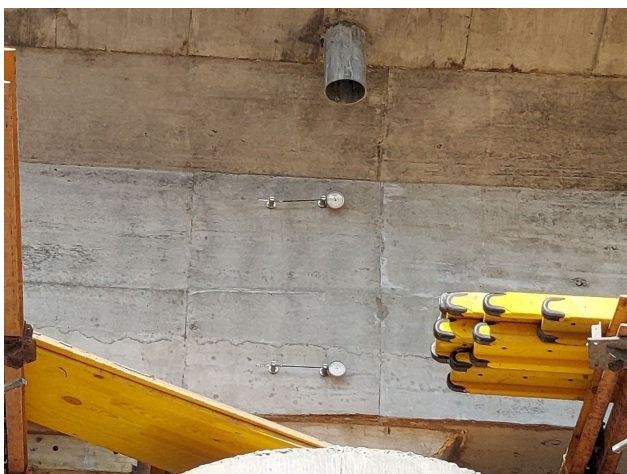




Іл. 3. Приклад завантаження прогонової будови за схемою 2. 2024. [Світлина Р. Полюги]

в поздовжньому – в місцях для максимального завантаження середини прогонів та надопорних перерізів. Було реалізовано дві схеми завантажень прогонової будови: перша схема – завантаження середини прольоту 1–2 (максимальний момент в балках в середині прольоту); друга схема – завантаження в прольотах 2–3 та 3–4 (максимальний момент в балках над опорою).

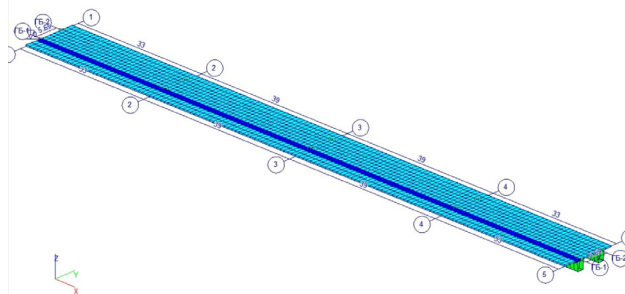
Дослідження параметрів просторової роботи та напружено-деформованого стану прогонової будови включало вимірювання та аналіз абсолютних деформацій (прогинів) балок, напружень в балках під дією статичного навантаження (іл. 4).



Іл. 4. Загальний вигляд розміщення механічного мікроіндикатора на балці прогонової будови. 2024. [Світлина С. Стояновича]

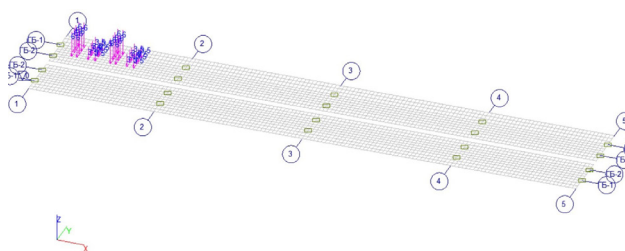
Отримані результати натурних досліджень порівнювалися з результатами розрахункової моделі прогонової будови виконаної в ПК SCAD Office. Геометричні розміри основних елементів прогонової будови та їх перерізи прийняті

в розрахунковій схемі за результатами натурних вимірювань. Моделювання розрахункових схем прогонової будови виконувалися за допомогою стержневих балочних елементів та елементів плитного типу (іл. 5).



Іл. 5. Загальний вигляд скінченно-елементної моделі прогонової будови. 2024 [Світлина С. Стояновича]

Для визначення режиму просторової роботи прогонової будови від дії тимчасового навантаження був виконаний розрахунок її скінченно-елементної моделі на відповідні схеми розміщення навантажень, що відповідали аналогічним натурним випробувальним схемам (іл. 6).



Іл. 6. Приклад скінченно-елементної моделі на натурне випробувальне навантаження за схемою 1. 2024. [Світлина Р. Полюги]

Були визначені розрахункові деформації (переміщення) балок прогонової будови та напружень в балках у відповідних перерізах.

В таблицях 1 та 2 наведені порівняння переміщень та напружень в перерізах балок, що отримані при розрахунку скінченно-елементної моделі та за результатами експериментальних випробувань, де основним критерієм для порівняння значень розрахункових та експериментальних прогинів (напружень) є значення конструктивного коефіцієнта  $k$ , що визначається як відношення значення виміряного прогину (напруження) до аналітичного значення, та має знаходитися в межах 0,7 ... 1,0.

Відповідно до даних таблиць 1 та 2 значення конструктивного коефіцієнта  $k$  при максимальних значеннях прогинів (напружень) для найбільш

завантажених прольотів прогонової будови в загальному знаходяться в межах 0,82 ... 0,95, що не перевищують одиницю. Значення коефіцієнта  $k$  для інших прольотів – менш завантажених, менші від 0,7 або перевищують 1,0, можуть вказувати про наявність в елементах **резервів несної** здатності, а також це можна пояснити неможливістю врахувати у розрахунковій моделі усіх особливостей роботи прогонової будови в реальних умовах її експлуатації, умов проведення випробувань.

Оскільки величина випробувального навантаження не перевищувала нормативних проектних навантажень А-15, НК100, відповідно до яких виконують розрахунки на стадії проектних робіт, отримані експериментальні значення прогинів та деформацій були приведені до відповідних проектних значень і виконані порівняння. Приведені до нормативного значення експериментальні максимальні прогини та напруження наведені в таблицях 3 та 4 відповідно.

Таблиця 1

**Порівняння величини вимірних максимальних прогинів  $f_{exp}$  та максимальних аналітичних прогинів  $f_{calc}$**

Схема (Підсхема)	Прогин	Показники	Показники прогинів балок							
			Проліт 1-2 (Балка 2)	Проліт 2-3 (Балка 2)	Проліт 3-4 (Балка 2)	Проліт 4-5 (Балка 2)	Проліт 1-2 (Балка 1)	Проліт 2-3 (Балка 1)	Проліт 3-4 (Балка 1)	Проліт 4-5 (Балка 1)
<i>Завантаження прогонової будови в осях 1-2</i>										
2	1-2	$f_{exp}$ , мм	-2,1	1,0	-0,3	0,1	-3,2	1,04	-0,2	0,1
		$f_{calc}$ , мм	-2,66	1,07	-0,29	0,07	-3,30	1,10	-0,29	0,07
		$k$	<b>0,79</b>	<b>0,93</b>	<b>1,03</b>	<b>1,43</b>	<b>0,97</b>	<b>0,95</b>	<b>0,69</b>	<b>1,43</b>
<i>Завантаження прогонів в осях 2-4</i>										
3	2-4	$f_{exp}$ , мм	0,4	-1,3	-0,9	0,2	0,51	-1,64	-1,1	0,2
		$f_{calc}$ , мм	0,54	-1,44	-1,01	0,29	0,58	-1,79	-1,16	0,3
		$k$	<b>0,74</b>	<b>0,9</b>	<b>0,89</b>	<b>0,69</b>	<b>0,87</b>	<b>0,92</b>	<b>0,95</b>	0,67

Таблиця 2

**Порівняння величини вимірних максимальних напружень  $\sigma_{exp}$  та максимальних аналітичних напружень  $\sigma_{calc}$  в надпорному перерізі балки Б1 над опорою 3**

Схема	Прогонова будова	Показники	Показники напружень (верхня грань балки Б1)	Показники напружень (нижня грань балки Б1)
3	Переріз над опорою 3	$\sigma_{exp}$ , МПа	0,32	-1,48
		$\sigma_{calc}$ , МПа	0,74	-1,79
		$k$	<b>0,43</b>	0,82

Таблиця 3

**Значення максимальних експериментальних прогинів прогонових будов приведені до нормативного навантаження**

Схема	Коефіцієнт приведення, $K_p$	Максимальні вимірні прогини $f_{exp}$ , мм	Вимірні приведені прогини $f_{exp,l} = f_{exp}/K_p$ , мм	$f_{exp,l}/l_p$	
<i>Завантаження прогонової будови в осях 1-2</i>					
2	Середина 1-2	0,839	3,2	3,81	1/8661
<i>Завантаження прогонів в осях 2-4</i>					
3	Середина 2-3	0,687	-1,64	-2,39	1/16318

Примітка:  $l_p$  – значення розрахункової довжини прогону.

Таблиця 4

**Значення максимальних експериментальних напружень в надпорному перерізі балки Б1 над опорою 3 прогонової будови, приведені до нормативного навантаження**

Схема	Балка	Коефіцієнт приведення, $K_p$	Максимальні вимірні напруження $\sigma_{exp}$ , МПа	Вимірні приведені напруження $\sigma_{exp,l} = \sigma_{exp}/K_p$ , МПа	Граничне значення, МПа
3	Переріз над опорою 3	Б1 (верхня грань)	0,32	0,46	2,73
3	Переріз над опорою 3	Б1 (нижня грань)	1,48	2,15	16,7

Як видно з таблиці 3, значення вимірних приведених до нормативного значення прогинів значно менші допустимих  $1/400 l_p$  згідно норм [8; 9]. Відповідно до таблиці 4 значення напружень, що виникають в балці в надпорному перерізі над опорою 3 приведені до нормативних значень також значно менші допустимих згідно нормативних документів [8; 9].

**Висновки.** Сьогодні будівництво нових та ремонтування пошкоджених мостів потребує застосування передових конструктивних рішень та сучасних ремонтних матеріалів.

Застосування пост-напружених систем при проектуванні залізобетонних монолітних попередньо напружених прогонових будов заслуговує на значну увагу, адже, враховуючи усі переваги традиційних технологій, отримуємо стійкіші до тріщиноутворення конструкції, завдяки чому підвищується їхня довговічність. Також

збільшуються довжини прольотів прогонових будов, що дає можливість конкурувати з металевими конструкціями, та зменшується товщина прогонової будови, а це зниження її ваги, що позитивно впливає на опори та фундаменти споруди.

В результаті досліджень нерозрізної залізобетонної монолітної та попередньо напруженої прогонової будови мосту з застосуванням пост-напруження були встановлені параметри її просторової роботи як в поперечному, так і в поздовжньому напрямках, напружено-деформованого стану конструкцій. Результати натурних досліджень конструкцій прогонової будови та аналітичні результати, отримані розрахунками, мають від 82 до 94 % збіжності. Також основні параметри, що були отримані в результаті випробувань конструкцій прогонової будови – прогини, напруження, відповідають діючим нормам щодо проектування мостів.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ 9123:2021. Настанова з обстеження та випробування мостів і труб. [Чинний від 2022-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 40 с.
2. ДБН В.2.3-6-2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. На заміну ДБН В.2.3-6-2002. [Чинні від 2010-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 49 с.
3. ДСТУ 9181:2022. Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. На заміну ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. [Чинний від 2023-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 32 с.
4. Коваль П. М., Сташук П. М., Ковальчик Я. І. Робота залізобетонного монолітного попередньо напруженого нерозрізного моста під навантаженням. *Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди* : зб. наук. пр. 2011. № 22. С. 658–665.
5. Стоянович С.В., Полюга Р.І. Дослідження напружено-деформованого стану залізобетонної монолітної попередньо напруженої прогонової будови шляхопроводу. *Дороги і мости* : зб. наук. пр. 2023. Вип. 28. С. 221–233. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.221>.
6. Р В.3.2-03450778-832:2013. Рекомендації з проектування монолітних попередньо-напружених мостів з напруженням на бетон (пост-напружені системи). [Чинний від 2013-12-26]. Вид. офіц. Київ : Укравтодор, 2013. 73 с.
7. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Навантаження та впливи. Мости та труби. На заміну ДБН В.2.3-14:2006 (глава 2 та додатки Л, Д, Ж, П, К, Р, С). [Чинні від 2010-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 84 с.
8. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. [Чинні від 2010-03-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 73 с.
9. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. [Чинні від 2007-02-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. 359 с.

#### References

1. *DSTU 9123:2021. Nastanova z obstezhennia ta vyprobuvannia mostiv i trub* [Guideline on examination and testing of bridges and pipes]. (2021). [Vydannia ofitsiine]. DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
2. *DBN B.2.3-6-2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennia i vyprobuvannia* [Transport buildings. Bridges and pipes. Examinations and tests]. (2009). [Vydannia ofitsiine]. Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
3. *DSTU 9181:2022. Sporudy transportu. Nastanova z otsiniuvannia i prohnozuvannia tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv* [Transport buildings. Instructions for assessing and forecasting the technical condition of road bridges]. (2022). DP «UkrNDNTs» [in Ukrainian].
4. Koval, P. M., Stashuk, P. M., & Kovalchuk, Ya. I. (2011). *Robota zalizobetonnoho monolitnoho poperedno napruzhenohto nerozriznoho mosta pid navantazhenniam* [Operation of a reinforced concrete monolithic prestressed continuous bridge under load]. *Resursoekonomni materialy, konstruktii, budivli ta sporudy : zbirnyk naukovykh prats* [Resource-saving materials, constructions, buildings and structures], (22), 658–665 [in Ukrainian].

5. Stoianovych, S.V., & Poliuha, R.I. (2023). Doslidzhennia napruzhenno-deformovanoho stanu zalizobetonnoi monolitnoi poperedno napruzhenoi prohonovoi budovy shliakhoprovodu [Study of the stressed and deformed state of the reinforced concrete monolithic prestressed span structure of the overpass]. *Dorohy i mosty : zbirnyk naukovykh prats* [Roads and bridges: collection of scientific papers], (28), 221–233. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.221> [in Ukrainian].

6. R V.3.2-03450778-832:2013. Rekomendatsii z proektuvannia monolitnykh poperedno-napruzhenykh mostiv z napruzheniam na beton (post-napruzheni systemy) [Recommendations for the design of monolithic pre-stressed bridges with stress on concrete (post tensioned systems)]. (2013). [Vydannia ofitsiine]. Ukravtodor [in Ukrainian].

7. DBN B.1.2-15:2009. Sporudy transportu. Navantazhennia ta vplyvy. Mosty ta truby [Bridges and pipes. Loads and influences]. (2009). [Vydannia ofitsiine]. Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].

8. DBN B.2.3-22:2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia [Transport structures. Bridges and pipes. Design rules]. (2009). [Vydannia ofitsiine]. Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].

9. DBN B.2.3-14:2006. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia [Transport structures. Bridges and pipes. Design rules]. (2006). [Vydannia ofitsiine]. Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva [in Ukrainian].

9. DBN B.2.3-14:2006 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia [Transport structures. Bridges and pipes. Design rules]. [in Ukrainian].

Подано до редакції 9.09.2024