

УДК 624.014:624.21

Абрамов В. М., канд. техн. наук., доцент, <https://orcid.org/0000-0002-6911-5178>*Донбаська національна академія будівництва і архітектури, м. Івано-Франківськ (на період воєнного стану), Україна*

ДОПОВНЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ МОСТОВИХ СПОРУД З ГОФРОВАНОГО МЕТАЛУ З УРАХУВАННЯМ УМОВ КРІПЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ДО ФУНДАМЕНТУ

Анотація

Вступ. Викладено результати досліджень і розробок щодо доповнення методики розрахунку мостових споруд з гофрованого металу на автомобільних дорогах з урахуванням реальних умов кріплення конструкцій до фундаменту. Розглянуто споруди у формі напівкруглої арки з прогонами 8 – 18 м, які найбільш придатні для використання замість малих мостів з типових масивних конструкцій.

Проблематика. Недостатньо повні та не досконалі чинні нормативно-методичні документи стосовно використання досить раціональних за своїми техніко-економічними показниками дорожніх споруд з гофрованого металу ускладнюють проектування таких споруд, зокрема розрахунки і не сприяють їх поширенню в практику транспортного будівництва. Найбільше це стосується аркових мостових споруд з прогонами понад 8 м, для проектування яких діючі норми не містять майже нічого, особливо у частині розрахунків.

Мета і завдання. Розроблення пропозицій до удосконалення відповідної нормативної бази, доповнення методики аналітичного розрахунку мостових споруд, зокрема аркових з урахуванням особливостей конструкції опорних вузлів — є метою і завданням даної роботи.

Методи досліджень і результати. Методичною основою даної роботи є розрахунково-теоретичні дослідження з числовим моделюванням за методом скінчених елементів (МСЕ) для розроблення доповнення методів аналітичного розрахунку аркових систем, аналіз взаємодії гнучких аркових конструкцій з гофрованого металу з ґрунтом дорожнього насипу. Для розрахунку споруд з урахуванням умов кріплення конструкцій до фундаменту, розрахунковою схемою яких є двохарнірна арка, викладено отримані дані про розподіл згинального моменту і поздовжньої сили у перерізах арки залежно від рівномірно розподіленого вздовж прогону вертикального навантаження і від її радіуса. Показано можливість і зручності використання для практичних розрахунків ліній впливу зусиль і прогину арки. Надано типові лінії впливу для арок різного радіуса і форми гофрів і чиселовий приклад розрахунку.

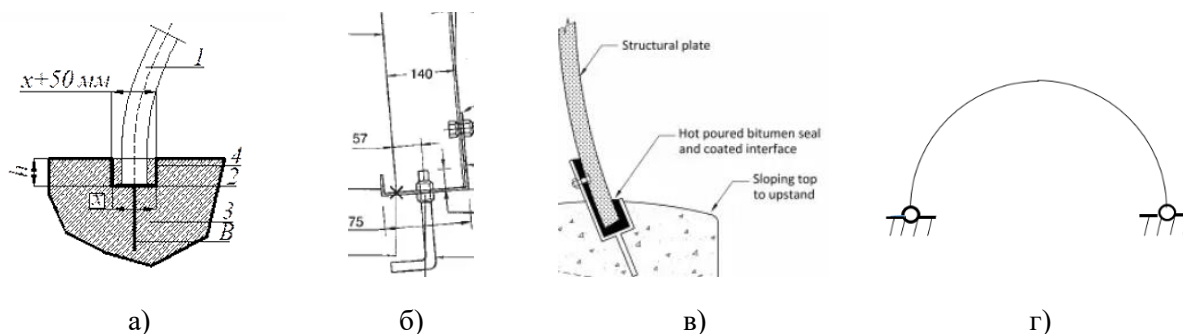
Висновки. Надано пропозиції до доповнення аналітичного розрахунку розглянутих споруд з урахуванням реальних умов кріплення конструкцій до фундаменту. Показана можливість розроблення методики практичного розрахунку мостових споруд з гофрованого металу в рамках загальноприйнятих закономірностей статички споруд і механіки ґрунтів з використанням відомих методів будівельної механіки та простих зрозумілих розрахункових схем.

Ключові слова: двохарнірна арка, зусилля, лінії впливу мостова споруда, прогин, розрахункова схема.

Вступ

У попередніх статтях автора з питань розрахунків дорожніх споруд з гофрованого металу [1, 2] розглянуті напівкруглі арки з кріпленням конструкцій до фундаменту, яке відповідає схемі безшарнірної арки. Однак конструктивні рішення опорних вузлів за нормативними

документами нашої країни [3], США, Канади [4] і Великої Британії [5] більше відповідають або шарнірному (за схемою двошарнірної арки), або нежорсткому (проміжному між безшарнірним і двошарнірним) кріпленню конструкцій до фундаменту (рис. 1).



- а) згідно з [3];
- б) згідно з [4];
- в) згідно з [5];
- г) розрахункова схема.

Рисунок 1 — Існуючі конструкції кріплення арки до фундаменту і розрахункова схема

Конструкції опорних вузлів арки на рис. 1 немає підстав вважати за жорстке кріплення — бетонування гофрованого елемента у межах відносно малої висоти полиць швелера не достатньо для цього (рис. 1, а); також не достатньо для цього і кріплення гофрованого елемента болтами тільки на його зовнішніх гребнях (рис. 1, б, в), тому адекватною розрахунковою схемою для арок з таким кріпленням слід вважати двошарнірну арку (рис. 1, г).

У даній статті відображені результати досліджень і розробок щодо доповнень методики розрахунку аркових мостових споруд з прогоном 8 – 18 м і з конструкцією опорних вузлів розрахунковою схемою яких є саме двошарнірна арка.

Основна частина

Основні вихідні передумови розрахунку, надані в попередніх статтях автора, у стислому викладі такі:

- розрахункове вертикальне навантаження на арку не повинно перевищувати її несної здатності у допустимому деформованому стані (при її допустимому прогині);
- несна здатність арки складається з її власної (поза ґрунтом) несної здатності й опору ґрунту переміщенням стінок арки як умовному механізму з шарнірами у місцях максимальних напружень, геометричну незмінність якого забезпечує опір ґрунту;
- допустимий прогин приймається меншим за умов не перевищення осідання поверхні дорожнього покриття над аркою граничного значення і за умов недопущення у конструкціях напружень вищих за розрахунковий опір матеріалу арки.

Основна розрахункова умова:

$$p_n + p_m \leq (q_0 + q_c)m, \quad (1)$$

де $p_n + p_m$ — рівномірно розподілене вздовж прогону арки розрахункове (з відповідними коефіцієнтами надійності) навантаження — постійне p_n (від ваги ґрунту над спорудою та від ваги конструкцій) і тимчасове p_m , або $p_{m,eq}$ (від транспортного засобу НК-100 або НК-80, відповідно, для доріг I-III та інших категорій);

$(q_0 + q_2)m$ — несна здатність (граничне навантаження) арки, яка розглядається, поза ґрунтом, q_0 і її несна здатність q_2 від опору ґрунту переміщенням арки, як механізму з шарнірами у місцях максимальних напружень, з урахуванням коефіцієнта умов роботи $m = 0,9$.

Величину p_m визначають залежно від висоти ґрунту насипу h над спорудою і товщини дорожнього покриття h_n , м, [6] за формулами:

— при висоті h ґрунту над спорудою $h > 1,646 - 2,733h_n$:

$$p_m = \frac{980}{ab_1}; \quad (2)$$

— при висоті h ґрунту над спорудою $h \leq 1,646 - 2,733h_n$:

$$p_m = \frac{490}{ab_2}, \quad (3)$$

де a, b_1, b_2 — параметри, що визначають за формулами:

$$a = 3,8 + 2h_n + 1,16(h - h_n); \quad (4)$$

$$b_1 = 3,5 + 2h_n + 1,16(h - h_n); \quad (5)$$

$$b_2 = 1,1 + 2h_n + 1,16(h - h_n). \quad (6)$$

Якщо довжина a розподіленого тимчасового навантаження менша за довжину прогону арки, замість p_m приймають еквівалентне тимчасове навантаження $p_{m,eq}$ за формулою:

$$p_{t,eq} = \frac{M_{max}}{\omega_{M,\Sigma}}, \quad (7)$$

де M_{max} — максимальний момент стінки напівкруглої двошарнірної арки (у перерізі з кутовою координатою 25° від рівня п'ят), який визначають за лінією впливу M_{max} для таких арок (рис. 2);

$\omega_{M,\Sigma}$ — сумарна площа всієї лінії впливу M_{max} з урахуванням позначок (вище за горизонтальну лінію «+», нижче — «-»).

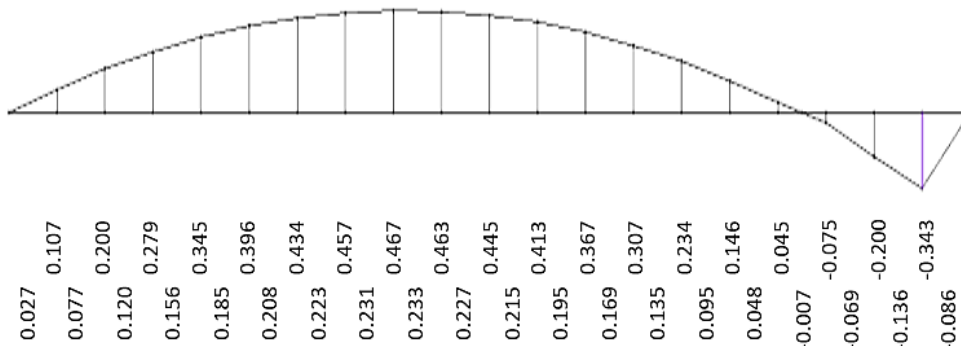


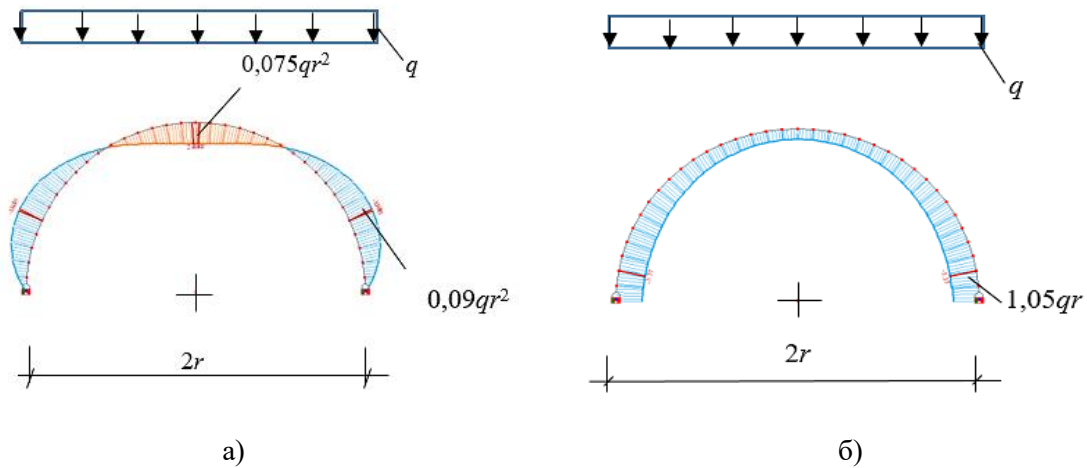
Рисунок 2 — Лінія впливу максимального моменту M_{max} (у перерізі стінки арки з кутовою координатою 25° від рівня п'ят) для напівкруглих двошарнірних арок різного радіуса r , її ординати y_i (верхній рядок, множити на $0,2 r$) з кроком $0,1r$ і площі ω_i ділянок між суміжними ординатами (нижній рядок, множити на $0,02r^2$)

Величину M_{\max} при фактичній довжині a (меншій за довжину прогону арки), тимчасового навантаження p_m , центр якого розміщується над центром верхіву даної лінії впливу (рис. 2) визначають за формулою:

$$M_{\max} = p_m \omega_M, \quad (8)$$

де ω_M — площа лінії впливу M_{\max} у межах фактичної довжини a тимчасового навантаження p_m при вказаному його розміщенні (рис. 2);

Величину q_o для напівкруглої двошарнірної арки радіусом r поза ґрунтом у пружній стадії її роботи визначають з урахуванням встановленої розрахунками залежності моменту M і поздовжньої сили N від q і r . Для такої арки $M_{\max} = 0,09 qr^2$ в перерізі з кутовою координатою 25° і $M = 0,075 qr^2$ у верхній точці та $N_{\max} = 1,05qr$ (рис. 3).



- а) згинального моменту;
- б) нормальної сили.

Рисунок 3 — Епюри зусиль у напівкруглих двошарнірних арках залежно від q і r

Зважаючи на відомі правила обчислень напружень за вигину при стиску, величину q_o визначають за формулою:

$$q_o = \frac{R_{CT}}{\frac{0,09r^2}{W} + \frac{1,05r}{A}}, \quad (9)$$

де R_{CT} — розрахунковий опір матеріалу арки (сталі);
 W і A — відповідно, момент опору і площа перерізу стінки арки одиничної ширини, наприклад 1 м, (за умовами плоскої задачі).

Величина q_o може бути визначена за умовою статичної рівноваги елементів верхньої частини арки (яка переміщується всередину), як механізму з шарнірами [1, 2] в найбільш напружених перерізах двошарнірної арки (з кутовою координатою 25° і у верхній точці) або за умови рівноваги

вузла схеми арки (як механізму з шарнірами) з вказаною кутвою координатою при дії R і двох сил N (рис. 4).

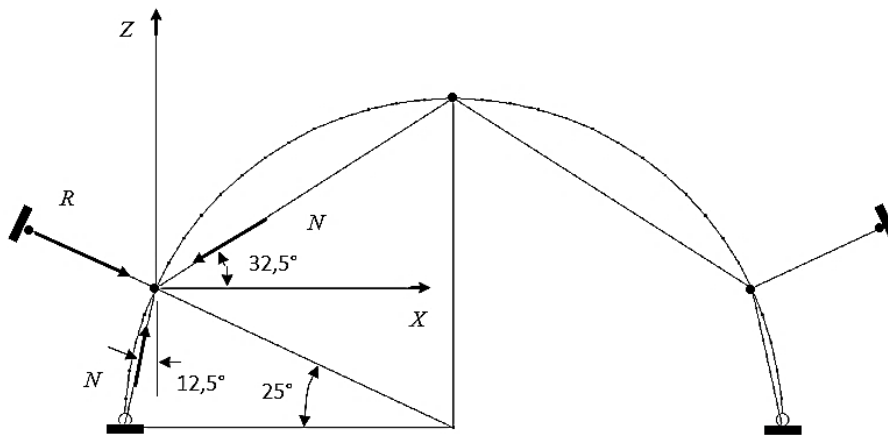


Рисунок 4 — Схема до визначення q_2 з умов рівноваги вузла з кутвою координатою 25° двохшарнірної напівкруглої арки

За умови рівності нулю суми проєкцій на вісь координат (наприклад, на горизонтальну вісь X) поздовжніх зусиль N і рівнодіючої опору ґрунту R в стані рівноваги розглянутого вузла, використовуючи відомий метод вирізання вузлів і встановлену залежність зусиль N від q і r , $N = 1,05qr$ (рис. 3), що близько до $N = qr$, як прийнято у [4, 5], маємо рівняння:

$$\Sigma X = R \cos 25^\circ + 1,05q_2 r \sin 12,5^\circ - 1,05q_2 r \cos 32,5^\circ = 0, \quad (10)$$

звідки після відповідних обчислень, перетворень і скорочень отримаємо таку формулу:

$$q_2 = 1,377 \frac{R}{r}. \quad (11)$$

Рівнодіючу опору ґрунту R визначають за формулою:

$$R = A_2 k = A_2 \frac{E}{(1 + \mu)r}, \quad (12)$$

де A_2 — об'єм (для арки шириною 1 м теж саме, що й площа) епюри переміщень арки у бік ґрунту;

$k = \frac{E}{(1 + \mu)r}$ — коефіцієнт постелі (пружності) ґрунту з модулем деформації E і коефіцієнтом Пуассона μ (формула Б. Г. Гальоркіна).

Величину A_2 , зважаючи на встановлені дослідженнями її залежність від переміщень стінок арки з максимальним значенням δ_{\max} , яке пов'язано з граничним допустимим прогином f_{cp} , ($\delta_{\max} = 0,667 f_{cp}$, що визначено розрахунками), і від радіуса r і визначають як суму результатів множення ординат епюри переміщень на $0,0872 r$, згідно зі схемою на рис. 5, за формулою:

$$A_2 = 0,405 f_{cp} r = 0,607 \delta_{\max} r. \quad (13)$$

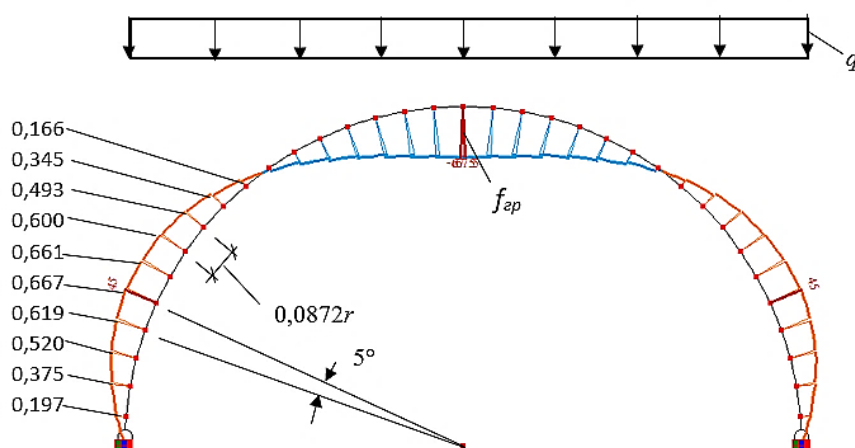


Рисунок 5 — Епюра переміщень арки від рівномірно розподіленого вертикального навантаження з ординатами в частках від f_{ep}

Величину граничного прогину арки f_{ep} приймають меншою з двох значень, визначених за формулами:

— за умовою не перевищення осіданням дорожнього покриття граничного значення S_{ep} [7]:

$$f_{ep} = 1,15S_{ep} (0,87 + (\frac{h}{r} + 0,5)0,67); \quad (14)$$

— за умовою не перевищення напружень в конструкціях розрахункового опору матеріалу арки:

$$f_{ep} = q_o \omega_{f,\Sigma}, \quad (15)$$

де $\omega_{f,\Sigma}$ — сумарна, з урахуванням позначок (вище за горизонтальну лінію «+», нижче «-») площа лінії впливу прогину арки, приклад якої показано на **рис. 6**.

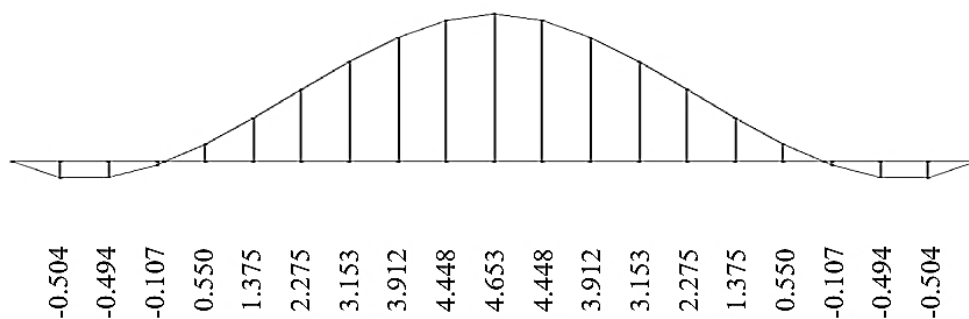


Рисунок 6 — Приклад лінії впливу прогину для напівкруглої двошарнірної арки радіусом 5 м з гофрами $380 \times 140 \times 7$ (відповідно, довжина хвилі, її висота і товщина металу, мм) з ординатами (мм) через 0,5 м

Для практичних розрахунків арок різних радіусів і розмірів гофрів величину повної площі $\omega_{f,\Sigma}$ лінії впливу прогину можна приймати за даними, отриманими за результатами серії розрахунків за МСЕ напівкруглих двошарнірних арок з різною товщиною металу t , радіусом від 4 м до 9 м з інтервалом 0,5 м і за даними аналізу залежності величини $\omega_{f,\Sigma}$ від геометричних параметрів гофрів. Для проміжних значень радіусів арок можна використовувати інтерполяцію (табл. 1).

Таблиця 1

Площі лінії впливу прогину для напівкруглих двошарнірних арок, м²

Розмір гофрів, мм	За радіусу арки, м, множити на 7/t										
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
400 × 150 × t	0,006	0,010	0,015	0,022	0,030	0,043	0,058	0,077	0,099	0,126	0,159
380 × 140 × t	0,007	0,011	0,017	0,025	0,035	0,048	0,065	0,086	0,111	0,142	0,178
200 × 55 × t	0,052	0,083	0,125	0,148	0,261	-	-	-	-	-	-

Повинна виконуватись, крім умови (1), умова обмеження напружень σ в перерізах арки від моменту M з урахуванням формули (15), даних табл. 1 і рис. 3 за навантаження, яке відповідає прогину f_{ep} , за якою активується опір ґрунту, який унеможливує подальший згин зі збільшенням M і від поздовжньої сили N за навантаження $p_n + p_m$ (або $p_n + p_{m,eq}$):

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A} = \frac{0,09r^2 \frac{f_{ep}}{\omega_f} \cdot \frac{6}{7}}{W} + \frac{1,05r(p_n + p_{m,eq})}{A} \leq R_{cm}. \quad (16)$$

Приклад. Перевіримо, чи придатна мостова споруда у формі напівкруглої арки радіусом $r = 7,5$ м з опорними вузлами як на рис. 1, а, з гофрованого металу $380 \times 140 \times 6$ (відповідно, довжина хвилі, її висота і товщина металу t , мм) з розрахунковим опором сталі $R_{cm} = 230$ МПа для використання під насипом (над спорудою) висотою $h = 3$ м автомобільної дороги другої категорії (товщина покриття $h_n = 0,15$ м). Модуль деформації, коефіцієнт Пуассона і питома вага ґрунту насипу, відповідно, $E = 30$ МПа, $\mu = 1,35$, $\gamma = 18$ кН/м³. Момент опору і площа перерізу стінки арки на 1 м її ширини, відповідно, $W = 275,8$ см³/м, $A = 83,8$ см²/м. Тимчасове навантаження НК-100. Коефіцієнти надійності для навантаження від ваги ґрунту, ваги конструкцій і від НК-100, відповідно 1,3; 1,05 і 1,1.

Граничний прогин приймаємо (при $S_{ep} = 4$ см [7]) меншим з отриманих за формулами (14), (15) і (9):

$$f_{ep} = 1,15 \cdot 4 \left(0,87 \left(\frac{3}{7,5} + 0,5 \right) 0,67 \right) = 6,7 \text{ см,}$$

$$f_{ep} = \frac{2300}{\frac{0,09 \cdot 750^2}{275,8} + \frac{1,05 \cdot 750}{83,8}} \cdot 0,1 \cdot 0,086 \cdot 7 / 6 = 0,1196 \text{ м} = 11,96 \text{ см.}$$

Об'єм (площа при ширині 1 м) епюри переміщень арки у бік ґрунту за формулою (13):

$$A_z = 0,405 \cdot 7,5 \cdot 0,0677 \cdot 1 = 0,205 \text{ м}^3 \text{ (0,205 м}^2\text{)}.$$

Рівнодіюча опору ґрунту за формулою (12):

$$R = 0,205 \frac{3000}{1,35 \cdot 7,5} = 60,74 \text{ тс} = 607,4 \text{ кН.}$$

Несна здатність арки шириною 1 м від опору ґрунту за формулою (11):

$$q_z = 1,377 \frac{60,74}{7,5} = 11,152 \text{ т/м} = 111,52 \text{ кН/м.}$$

Власна (поза ґрунтом) несна здатність арки в пружній стадії роботи за формулою (9):

$$q_0 = \frac{2300}{\frac{0,09 \cdot 750^2}{275,8} + \frac{1,05 \cdot 750}{83,8}} = 11,92 \text{ кг/см} = 1,192 \text{ т/м} = 11, \text{кН/м.}$$

Розрахункове тимчасове навантаження на арку шириною 1 м за формулами (2), (4) і (5):

$$p_m = \frac{100}{7,406 \cdot 7,106} = 1,90 \text{ т/м} = 19,0 \text{ кН/м.}$$

Оскільки довжина тимчасового навантаження $a = 7,604$ м менше за довжину прогону арки, 15 м, приймаємо еквівалентне тимчасове навантаження при площі $\omega_M = 2,151$ м² лінії впливу на **рис. 2** у межах довжини навантаження a , розміщеного над верхом лінії впливу, та при сумарній її площі, $\omega_{M,\Sigma} = 2,5267$ м², за формулами (8) і (7):

$$M_{\max} = 1,90 \cdot 2,151 = 4,0869 \text{ т/м} = 40,869 \text{ кН/м,}$$

$$p_{m,eq} = \frac{4,0869}{2,5267} = 1,6175 \text{ т/м} = 16,175 \text{ кН/м.}$$

Розрахункове навантаження на споруду за осередненої ваги конструкцій арки шириною 1 м, на 1 м довжини прогону 0,103 т/м:

$$p_n + p_{m,eq} = 1,8 \cdot 3 \cdot 1,3 + 0,103 \cdot 1,05 + 1,6175 \cdot 1,1 = 8,907 \text{ т/м} = 89,07 \text{ кН/м.}$$

Основна розрахункова умова (1) виконується:

$$8,907 \text{ т/м} = 89,07 \text{ кН/м} < (1,192 + 11,152) \cdot 0,9 = 11,11 \text{ т/м} = 111,1 \text{ кН /м.}$$

Умова (16) обмеження напружень σ в арці величиною розрахункового опору металу, R_{cm} , враховуючи, що при активації опору ґрунту на арку з прогином $f_{zp} = 6,77$ см поздовжня сила N від розрахункового навантаження $p_n + p_{m,eq} = 8,907$ т/м збільшується, порівняно з її значенням від навантаження $q = 0,0677 / (0,086 \cdot 7 / 6) = 0,675$ т/м перед активацією опору ґрунту, а момент не збільшується через те, що опір ґрунту унеможливує подальші переміщення арки у бік ґрунту після навантаження понад 0,675 т/м, також виконується:

$$\sigma = \frac{0,09 \cdot 0,675 \cdot 7,5^2}{0,0002758} + \frac{1,05 \cdot 8,907 \cdot 7,5}{0,00838} = 20760 \text{ т/м}^2 = 207,60 \text{ МПа} < R_{cm} = 230 \text{ МПа.}$$

Висновки

За результатами розрахунково-теоретичних досліджень викладено доповнення до методики аналітичного розрахунку аркових мостових споруд з гофрованого металу з урахуванням реальних умов кріплення конструкцій до фундаменту, розрахунковою схемою яких є двошарнірна арка. Показана можливість розроблення методики практичного розрахунку розглянутих транспортних об'єктів в рамках загальноприйнятих закономірностей статичної споруд і механіки ґрунтів з використанням відомих методів будівельної механіки, зокрема теорії ліній впливу та простих зрозумілих розрахункових схем.

Аналогічний підхід можливий і для розрахунку дорожніх споруд з гофрованого металу інших форм отвору.

Список літератури

1. Абрамов В. М. Розрахунок несної здатності аркової дорожньої споруди аналітичним способом. *Дороги і мости*. 2024. Вип. 30. Київ. С. 345–352. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.345>.
2. Абрамов В. М. Аналітичні і скінчено-елементні розрахунки дорожніх споруд різних форм з гофрованого металу за деформаційним критерієм. *Дороги і мости*. Київ, 2025. Вип. 31. С. 234–243. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2025.31.234>.
3. ВБН В.2.3-218:2007 Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд з металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2007. 49 с. (Інформація і документація).
4. Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products. American Iron and Steel Institute. Washington, DC, USA. Canadian Edition. Corrugated Steel Pipe Institute. Cambridge, Ontario, Canada, 2010. 470 p.
5. Highway Structures and Bridges Design. CD 375 Design of corrugated steel buried structures. Highway England. London. 2020. 42 p.
6. Абрамов В. М. Про тимчасове навантаження на аркові споруди з гофрованого металу під дорожнім насипом. *Дороги і мости*. 2024. Вип. 30. Київ. С. 338–344. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.338>.
7. Абрамов В. М. Граничні деформації дорожніх споруд з гофрованого металу. *Вісник НУВГП. Технічні науки: зб. наук. праць*. Рівне: НУВГП, 2023. Вип. 1 (101). С. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.31713/vt1202312>.

References

1. Abramov V. M. Rozrakhunok nesnoyi zdatnosti arkovoyi dorozhnoyi sporudy z hofrovanoho metalu analytychnym sposobom (Calculation of the load capacity of an arched road structure from corrugated metal by analytical method). *Dorohy i mosty*. Kyiv, 2024. Issue 30. P. 345–351. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.345> [in Ukrainian].
2. Abramov V. M. Analitychni i skincheno-elementni rozrahunky dorozhnikh sporud riznykh form z hofrovanoho metalu za deformatsynym kryteriem. (Analytical and finite element calculations of road structures of different forms from corrugated metal according to the deformation criterion). *Dorohy i mosty*. Kyiv, 2025. Issue 31. P. 234–243. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2025.31.234> [in Ukrainian].
3. VBN V.2.3-218-198:2007 Sporudy transportu. Proektuvannya ta budivnytvo sporud z metalevikh hofrovanykh konstrukcy na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannya. (VBN V.2.3-218-198:2007 Transport structures. Design and construction of structures from metal corrugated structures on public highways). Kyiv, 2007. 49 p. [in Ukrainian].
4. Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products. American Iron and Steel Institute. Washington, DC, USA. Canadian Edition. Corrugated Steel Pipe Institute. Cambridge, Ontario, Canada, 2010. 470 p. [in English].
5. Highway Structures and Bridges Design. CD 375 Design of corrugated steel buried structures. Highway England. London. 2020. 42 p. [in English].

6. Abramov V. M. Pro tymchasove navantazhennya na arkovi sporudy z hofrovanoho metalu pid dorozhnim nasypom (About the temporary load on arched structures made of corrugated metal under a road embankment). *Dorothy i mosty*. Kyiv, 2024. Issue 30. P. 338–344. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.338> [in Ukrainian].

7. Abramov V. M. Hranyichni deformatsiyi dorozhnikh sporud z hofrovanoho metalu (Boundary deformation of road structures made of corrugated metal). *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky: zb. nauk. prats*. Rivne: NUVHP, 2023. Vyp. 1(101). P. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.31713/vt12202312> [in Ukrainian].

Volodymyr Abramov, Ph.D., Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6911-5178>

Institute of Architecture and Construction IFNTUNG-DonNABA of Ivano-Frankivsk National University of Oil and Gas, Ukraine

SUPPLEMENT TO THE METHODOLOGY FOR CALCULATING BRIDGE STRUCTURES MADE OF CORRUGATED METAL TAKING INTO ACCOUNT THE CONDITIONS OF FIXING THE STRUCTURES TO THE FOUNDATION

Abstract

Introduction. The results of research and developments on supplementing the methodology for calculating corrugated metal bridge structures on highways, taking into account the actual conditions of fastening structures to the foundation, are presented. Structures in the form of a semicircular arch with spans of 8 – 18 m, which are most suitable for use in return small bridges with typical massive structures, are considered.

Problem Statement. The current regulatory and methodological documents regarding the use of road structures made of corrugated metal, which are quite efficient in terms of their technical and economic indicators, are insufficiently comprehensive and imperfect, complicating the design of such structures, particularly calculations, and do not promote their implementation in highway construction practice. This is especially true for arch bridges with spans over 8 meters, for the design of which the existing standards contain almost nothing, especially in terms of calculations.

Purpose. The development of proposals for improving the relevant regulatory framework, supplementing the methodology for analytical calculation of bridge structures, particular arch bridges, taking into account the specifics of support node designs, in the goal and objective of this work.

Research methods and results. The methodological basis of the work is calculation-theoretical research with numerical modeling using the finite element method (FEM) for the development of supplements to analytical calculation methods for arch systems, and analysis of the interaction of flexible corrugated metal arch structures with the soil of road embankments. For the calculation of structures considering the conditions of fastening the structures to the foundation, whose calculation scheme is a two-hinged arch, the obtained data on the distribution of bending moment and axial force in the arch sections depending on the uniformly distributed vertical load along the span and its radius are presented. The possibility and convenience of using influence lines of forces and arch deflection for practical calculations are shown. Standard influence lines are provided for arches of different radius and corrugation shapes, along with a numerical example of the calculation.

Conclusions. Proposals have been made to supplement the analytical calculation of the structures considered, taking into account the actual conditions of fastening the structures to the foundation. The possibility of developing a practical calculation method for corrugated metal bridge structures within the generally accepted principles of structural statics and soil mechanics, using well-known methods of construction mechanics and simple, understandable calculation schemes, has been demonstrated.

Keywords: two-hinged arch, calculation scheme, forces bridge, deflection, lines of influence.