

- соціальний захист учасників руху на альтернативних видах транспорту.

8) Оптимізації:

- порівняльний аналіз різних варіантів маршрутів для альтернативних видів транспорту;
- організація руху на перехрестях;
- врахування рельєфу місцевості.

У результаті аналізу розглянутих виявлено, що кожен з них має свої переваги і недоліки, які необхідно враховувати при проектуванні і реконструкції транспортної інфраструктури для альтернативних видів транспорту, забезпечуючи при цьому безпечні та комфортні умови.

УДК 625.7.032.32

Льченко В.В., м. Полтава, Україна

Мищенко Р.А., м. Полтава, Україна

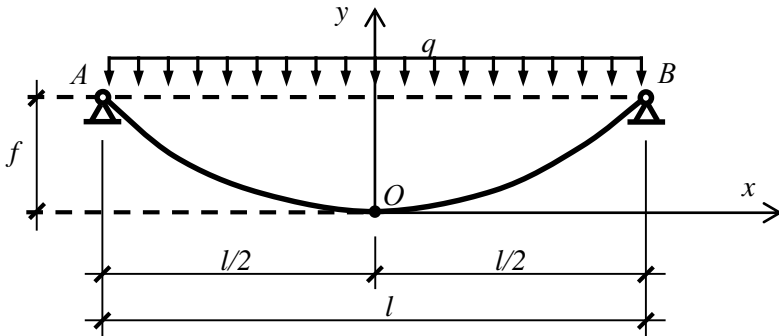
Карюк А.М., м. Полтава, Україна

Національний університет «Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка»

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ РІВНОСТІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ**

При будівництві автомобільних доріг для закріплення на місцевості проектного поздовжнього профілю та забезпечення роботи систем автоматичного управління дорожньою технікою в більшості випадків використовується копірна струна, яка

натягується на опорах уздовж траси. Копірна струна є гнучкою ниткою постійного перерізу (рис. 1), яка під впливом власної ваги  $q$  в прольоті  $l$  (горизонтальна проекція між опорами А і В) має стрілу провисання  $f$ .



**Рис. 1. Розрахункова схема гнучкої нитки**

Стріла провисання гнучкої нитки  $f$  згідно [1] складає:

$$f = \frac{ql^2}{8H}, \quad (1)$$

де  $q$  – власна вага гнучкої нитки, кг/м;  $l$  – проліт гнучкої нитки, м;  $H$  – горизонтальне натягування гнучкої нитки, кг.

Згідно табл. 21.4. [2] різниця відносних відміток при поздовжньому нівелюванні поверхні автодороги I(II) категорії при відстані між точками 5 м не повинна перевищувати 3(5) мм, при відстані між точками 10 м – 8 мм. Основною похибкою можна вважати провисання натягнутої між опорами копірної струни, граничне значення якого складає  $f_{np} = 3,16$  мм [3]. Використовуючи вираз (1), можна визначити необхідне зусилля

горизонтального натягу копірної струни, при якому буде забезпечена необхідна рівність поверхні дорожнього покриття.

$$H_{\min} > \frac{ql^2}{8f_{np}} \quad (2)$$

Якщо в якості копірної струни взяти сталевий канат  $\varnothing 3,1$  мм (згідно [4] приймаємо  $q = 0,0492$  кг/п.м.), то для забезпечення стріли провисання  $f > f_{np} = 3,16$  мм при прольоті  $l = 10$  м необхідно створити зусилля горизонтального натягу

$$H_{\min} > \frac{0,0492 \times 10^2}{8 \times 0,00316} = 194,6 \text{ кг.}$$

Довжина копірної струни  $L$  по кривій провисання між опорами А і В (рис. 1) становить:

$$L = l \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l^2} \right) \quad (3)$$

Якщо копірна струна із сталевого каната  $\varnothing 3,1$  мм у прольоті  $l = 10$  м за зусилля горизонтального натягу  $H = 200$  кг має стрілу провисання  $f = 0,003075$  м, то її довжина  $L$  буде

$$L = 10 \left( 1 + \frac{8}{3} \times \frac{0,003075^2}{10^2} \right) = 10,0000025 \text{ м.}$$

Отже, довжина копірної струни  $L$  по кривій провисання практично дорівнює прольоту  $l$  (розбіжність менше 0,01%), тому зусилля горизонтального натягу  $H$  і розподіл власної ваги  $q$  вважатимуться рівномірно розподіленими по всій довжині сталевого каната.

Як відомо, при підвищенні температури довкілля сталева копірна струна буде розширюватися, що призведе до її подовження на величину  $\Delta L$

$$\Delta L = \alpha(t_2 - t_1)l, \quad (4)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу (для сталі  $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ );  $t_1, t_2$  – температура копірної струни відповідно на момент натягу та після підвищення.

Довжина копірної струни  $L_t$  по кривій провисання між опорами А та В при підвищенні температури довкілля складе:

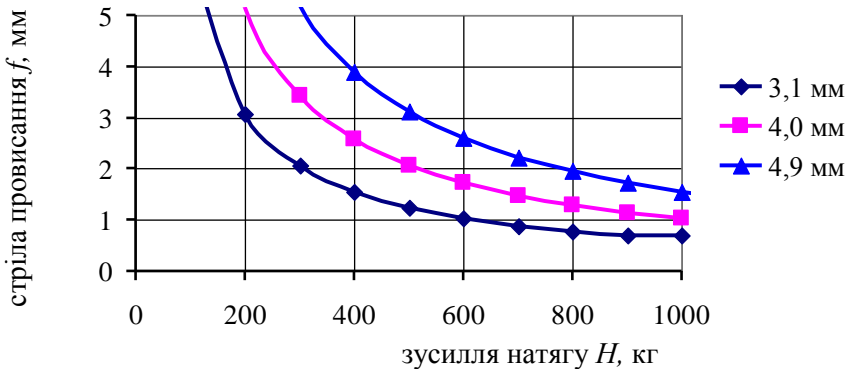
$$L_t = L + \Delta L = l \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l^2} \right) + \alpha(t_2 - t_1)l. \quad (5)$$

Наприклад, при зміні температури довкілля від  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 30^\circ\text{C}$ , довжина копірної струни  $L_t$  складе

$$L_t = 10 \left( 1 + \frac{8}{3} \times \frac{0,0031^2}{10^2} \right) + 12 \times 10^{-6} (30 - 20)10 \approx 10,0012 \text{ м.}$$

Таким чином, підвищення температури довкілля на  $10^\circ\text{C}$  практично не впливає на подовження копірної струни по кривій провисання між опорами А і В.

Аналогічним чином можна визначити необхідне зусилля горизонтального натягу для копірної струни із сталевого каната  $\varnothing 4,0$  мм ( $q = 0,0825$  кг/п.м.) та  $\varnothing 4,9$  мм ( $q = 0,1246$  кг/п.м.).



**Рис. 2. Залежність стріли провисання копірної струни  $f$  (мм) від зусилля горизонтального натягу  $H$  (кг).**

Наведені на рис. 2 залежності показують, що для забезпечення поздовжньої рівності поверхні дорожнього покриття копірну струну із сталевого каната діаметром  $\varnothing 3,1$  мм необхідно натягувати із горизонтальним зусиллям не менше ніж 200 кг,  $\varnothing 4,0$  мм – 350 кг,  $\varnothing 4,9$  мм – 500 кг.

Результати проведених розрахунків свідчать про те, що за умови дотримання нормативних допусків та технологічних регламентів на влаштування шарів основи та покриття дорожнього одягу використання сталевого каната в якості копіра для забезпечення роботи систем автоматичного керування дорожньої техніки в цілому забезпечує поздовжню рівність поверхні дорожнього покриття на стадії будівництва автомобільної дороги.

## **Література**

1. Меркин Д.Р. Введение в механику гибкой нити. – Москва: Наука, 1980. – 240 с.
2. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Зміна №1. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2019.
3. Ільченко В.В., Козарь В.І., Міщенко Р.А., Козарь Л.М. Забезпечення рівності дорожнього покриття на стадії геодезичних і будівельних робіт. Вісник ХНАДУ. – Вип. 60. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 123-127.
4. ГОСТ 3062-80\*. Канат одинарной свивки ЛК-0. – Москва, 1980.

УДК 528.48

Коваленко Л.О., м. Харків, Україна

Коряковський Я.Ю., м. Харків, Україна

Онишко І.В. м. Харків, Україна

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## **ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД**

Геодезичні роботи в будівництві це комплекс обчислень, вимірювань і побудов, який забезпечує точне і правильне розташування об'єктів. Сучасне будівництво неможливо без інженерно-геодезичних робіт тому, що при перенесенні проекту на місцевість необхідно виконувати вимірювання у горизонтальній і вертикальній площині з високою точністю.