

ВКЛАДАННЯ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ НА ОЗДОРОВЛЕНОМУ ЗЕМЛЯНОМУ ПОЛОТНІ

Розроблено методику визначення можливості укладання безстикової колії на оздоровленому земляному полотні. Введено такі критерії стабілізації земляного полотна як показник стабілізації та коефіцієнт стабілізації.

Разработана методика определения возможности укладки бесстыкового пути на вылеченном земляном полотне. Введены такие критерии стабилизации земляного полотна как показатель стабилизации и коэффициент стабилизации.

The article presents a method of determination of possibility of laying of long welded track on the repaired ground bed. Such criteria of the ground bed stabilization as stability parameter and stability coefficient are introduced.

Згідно п. 2.2.1 Технічних вказівок по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України ЦП/0081 [1], на стадії проектування безстикової колії земляне полотно повинно бути обстежене, виявлені нестійкі місця усунені і воно повинно відповідати вимогам Інструкції з утримання земляного полотна залізниць України ЦП/0072, а згідно п. 3.1.1 ЦП/0081 [1], укладання безстикової колії дозволяється при будівництві нових ліній тільки після стабілізації земляного полотна.

За відсутності критеріїв стабілізації земляного полотна були розроблені показник стабілізації та коефіцієнт стабілізації, що дозволяють зробити оцінку щодо можливості укладання безстикової колії на ділянках з оздоровленим земляним полотном, на якому раніше спостерігалася деформація.

Стадія стабілізації представляє собою процес затухання деформацій. Наперед невідомо, коли деформації повністю зупиняться, але зрозуміло, що є такий момент даного процесу, починаючи від якого сумарна деформація до повного її затухання буде незначною або допустимою з точки зору безпеки руху поїздів.

Земляне полотно, що піддавалося лікуванню, потребує спостереження за процесом стабілізації. При цьому головною задачею є вимірювання окремо вертикальної та окремо горизонтальної деформацій. Для здійснення цього на ділянці залізничної колії, що пройшла лікування, вздовж бровки земляного полотна необхідно виконати розбивку точок спостереження. Точками спостереження можуть бути тільки такі точки, що не можуть зміщуватися окремо від земляного полотна, а лише разом з ним. Кількість точок спостереження та відстані між

точками залежать від конкретних умов. Рекомендується точки спостереження по довжині ділянки колії розміщувати рівномірно. Для того щоб впевнитись, що під контроль взята вся нестабільна ділянка, необхідно встановити по кінцям дослідної ділянки на здоровому земляному полотні по декілька точок (не менше двох). Їх незмінне положення буде інформувати про стабільну роботу об'єкта.

Спостереження за просторовим положенням точок ведуть за допомогою теодолітної та нівелірної зйомок. При цьому повинні використовуватися такі прилади, щоб абсолютна похибка не перевищувала ± 2 мм.

Огляд об'єкту спостереження здійснюється з певним періодом T . Мета огляду – визначення окремо горизонтальної та вертикальної деформації d , як зміни положення фіксованої точки.

Деформація d за певний i -й період, визначається за формулою:

$$d_i = x_i - x_{i-1} \quad (1)$$

де x_i – положення точки в кінці i -го періоду; x_{i-1} – положення точки в кінці попереднього, тобто $(i-1)$ -го періоду.

Введемо критерій, що характеризує процес стабілізації, – показник стабілізації. Показник стабілізації визначається за формулою:

$$\eta = \frac{d_{i+1}}{d_i}, \quad (2)$$

де d_i – деформація земляного полотна при i -му вимірюванні; d_{i+1} – деформація земляного полотна при $(i+1)$ -му вимірюванні.

Показник стабілізації – це відношення будь-якої деформації за період T до попередньої деформації за такий же період. Якщо $\eta \geq 1$, то де-

формації розвиваються і збільшуються. Вкладання безстикової колії забороняється. Якщо $\eta < 1$, то необхідно визначити наступний критерій.

Введемо критерій, що характеризує роботу об'єкта в недостатньо стійкому стані, і оцінює близькість стабілізації. Цей показник назовемо коефіцієнтом стабілізації K_s .

Коефіцієнт стабілізації визначається за формулою:

$$K_s = \frac{[d]}{d_{нов}} \quad (3)$$

де $[d]$ – допустиме значення деформації земляного полотна; $d_{нов}$ – повна деформація земляного полотна, як деформація від початку спостережень до повного затухання процесу.

На рис. 1 зображено графік залежності положення фіксованої точки (поточна координата x) від пропущеного тоннажу t .

Коефіцієнт стабілізації – це відношення допустимої деформації до повної. Якщо $K_s > 1$, деформації затухають, і до моменту повного їх припинення накоплена величина буде меншою за допустиму. Можна вкладати безстикову колію. Безпека руху поїздів забезпечується.

Якщо $K_s \leq 1$, деформації затухають, але до моменту повного їх припинення накоплена величина буде більшою за допустиму. Тому вкладати безстикову колію можна, але середній ремонт потрібно буде провести не пізніше за $[\tau]$, тобто не пізніше за відрізок часу від початку спостережень до моменту, коли накоплені і допустимі деформації стануть рівними.

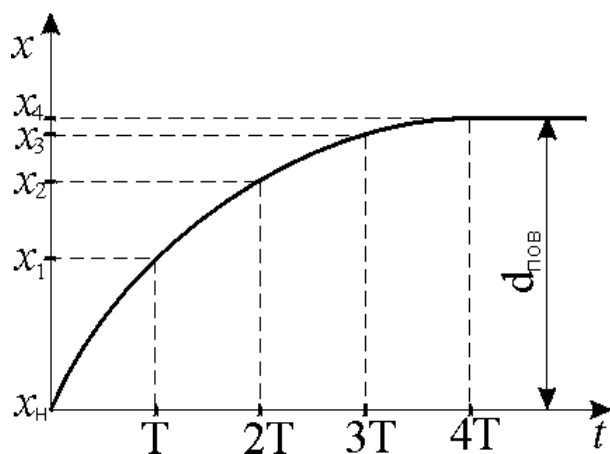


Рис. 1. Графік залежності переміщення фіксованої точки від пропущеного тоннажу

Період $[\tau]$ визначається за формулою:

$$[\tau] = \frac{T \cdot \ln \left(\frac{[d](\eta - 1)}{d_1} + 1 \right)}{\ln \eta} \quad (4)$$

Повна деформація визначиться як різниця кінцевого та початкового положення фіксованої точки:

$$d_{нов} = x_k - x_n \quad (5)$$

Початкове положення фіксованої точки x_n відоме, оскільки з його визначення починається спостереження. Кінцеве положення фіксованої точки x_k необхідно спрогнозувати по результатах декількох спостережень.

Деформація земляного полотна, що стабілізується, – це наслідок ущільнення ґрунту.

Із суджень, аналогічних судженню про компресійну криву [2], впливає наступна залежність:

$$x_k = x_n + k_x(x_1 - x_k) \quad (6)$$

де x_k – кінцеве положення фіксованої точки; x_n – початкове положення фіксованої точки; x_1 – положення фіксованої точки, визначене в першому спостереженні; k_x – коефіцієнт, що представляє собою суму збіжного ряду:

$$k_x = 1 + \eta + \eta^2 + \eta^3 + \dots = \frac{1}{1 - \eta} \quad (7)$$

З врахуванням формул (1) та (6) формула (5) приймає вид:

$$d_{нов} = d_1 k_x \quad (8)$$

Формулу (8) з врахуванням (7) та (2) можна зобразити в загальному вигляді:

$$d_{нов} = d_1 \frac{d_{i+1}}{d_{i+1} - d_{i+2}} \quad (9)$$

де d_1 – перша виміряна деформація; d_{i+1} та d_{i+2} – будь-які дві підряд виміряні деформації.

Таким чином, повну деформацію можна визначити по першій та будь-яких двох підряд виміряних деформаціях.

Допустима горизонтальна деформація земляного полотна $[d]$ визначається як різниця критичної горизонтальної нерівності в колії $C_{\delta k}$ та ймовірної нерівності, що виникає від впливу рухомого складу та під час вкладання колії C_i , тобто

$$[d] = C_{\delta k} - C_i \quad (10)$$

Для врахування найгіршого положення в якості C_i рекомендується приймати найбільшу за амплітудою горизонтальну нерівність за даними останнього проходження колієвимірювального вагону перед початком спостережень за стабілізацією земляного полотна. Для цього необхідно взяти найбільший ступінь відступу

по положенню рейкових ниток у плані і по табл. 1, та встановити C_i .

Таблиця 1

Відповідність ступеня відступу певній максимальній горизонтальній нерівності

Ступінь відступу	I	II	III	IV	V	Va
Максимальна амплітуда нерівності, C_i , мм	10	18	25	35	65	90

Критична горизонтальна нерівність визначається за формулою:

$$C_{\text{ок}} = \frac{A}{N_{\text{max}}^C} + B \quad (11)$$

де N_{max} – максимальна поздовжня сила, кН; A , B , C – параметри, що залежать від радіуса кривої (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри апроксимації

	A	B	C
$R \rightarrow \infty$	$3,215 \cdot 10^9$	-0,0001	3,616
$R = 1000$	$2,933 \cdot 10^{11}$	-0,0004	4,306
$R = 800$	$7,540 \cdot 10^{11}$	-0,0006	4,454
$R = 600$	$2,287 \cdot 10^{13}$	-0,001	4,965
$R = 350$	$2,025 \cdot 10^{14}$	-0,006	5,325
$R = 300$	$4,882 \cdot 10^{15}$	-0,01	5,807

Максимальне значення поздовжньої сили, що може виникнути в певній рейковій пліті, визначається за формулою:

$$N_{\text{max}} = EF\alpha[t_{\text{max max}} - t_3] \quad (12)$$

де E – модуль пружності, що складає $2,1 \cdot 10^4$ кН/см²; F – площа поперечного перетину рейки, при Р65 $F=85,65$ см²; α – коефіцієнт температурного подовження ($\alpha=11,8 \cdot 10^{-6}$ 1/°С); t_3 – температура закріплення рейкової пліті; $t_{\text{max max}}$ – максимальна температура рейки, що обумовлюється географічним розташуванням місцевості, в якій вона укладена, приймається з ЦП/0081 (додаток 2).

Допустима вертикальна деформація земляного полотна $[d]$ визначиться як різниця амплітуд вертикальної критичної нерівності в колії $f_{\text{кр}}$ та ймовірної вертикальної нерівності, що

виникає від впливу рухомого складу та якості вкладання колії C_i^V , тобто

$$[d] = f_{\text{кр}} - C_i^V \quad (13)$$

В якості амплітуди імовірної максимальної вертикальної нерівності C_i^V необхідно приймати осідання рейкової нитки по максимальному ступені відступу останнього проходження колієвимірального вагону (табл. 3).

Таблиця 3

Відповідність ступеня відступу певній максимальній вертикальній нерівності

Ступінь відступу	I	II	III	IV	V	Va
Максимальна амплітуда нерівності, C_i^V , мм	10	15	20	25	35	45

Критична вертикальна нерівність $f_{\text{кр}}$ [м] визначається за формулою:

$$f_{\text{кр}} = \frac{4EI_y \tau^*}{\pi N_{\text{max}}^2} \quad (14)$$

де E – модуль пружності, що складає $2,1 \cdot 10^4$ кН/см²; I_y – момент інерції поперечного перетину рейки відносно горизонтальної осі, для Р65 $I_y=3540$ см⁴; N_{max} – максимальна поздовжня сила, кН; τ^* – вага рейки, скріплення та шпал, що припадає на 1 погонний метр рейкової нитки, для КБ-65 при епюрі 1840 шт/км 3,23 кН/м, при 1680 – 3,0 кН/м; для КПП-5 при епюрі 1840 шт/км 3,15 кН/м, при 1680 – 2,94 кН/м.

Отже, представлена методика з використанням нових критеріїв стабілізації, таких як показник стабілізації та коефіцієнт стабілізації, дає змогу прийняти обґрунтоване рішення щодо можливості укладання безстикової колії на ділянці з оздоровленим земляним полотном.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України: ЦП/0081 [Текст]: Затверджено наказом Укрзалізниці від 25 січня 2002 р. – К., 2002. – 106 с.
2. Шахунянц, Г. М. Железнодорожный путь [Текст]: учебник для вузов ж.-д. трансп. – 3-е изд., перераб. и доп. / Г. М. Шахунянц. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.

Надійшла до редколегії 24.09.2008.