

ВПЛИВ ШИРИНИ КОЛІЇ В МЕЖАХ ПЕРЕВІДНОЇ КРИВОЇ ЗВИЧАЙНИХ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ НА ВЗАЄМОДІЮ КОЛІЇ ТА РУХОМОГО СКЛАДУ

У даній роботі аналізується вплив ширини колії та ухил її відводу на взаємодію колії та рухомого складу в межах перевідної кривої за допомогою методів математичного моделювання. Отримано рамні сили для прийнятого діапазону ширини колії та ухилу її відводу.

В данной работе анализируется влияние ширины колеи и уклона её отвода на взаимодействие пути и подвижного состава в пределах переводной кривой с помощью методов математического моделирования. Получены рамные силы для принятого диапазона ширины колеи и уклона её отвода.

In this paper the effect of track gauge and the bias of its tap on the track/rolling stock interaction in a conversion curve by methods of mathematical simulation is analyzed. The frame forces obtained for the accepted range of track gauges and biases of its tap are determined.

Ширина колії є однією з найголовніших характеристик колії, яка забезпечує безпеку руху поїздів. На сьогодні існують нормативи ширини колії в межах стрілочних переводів, але не існує нормованих ступенів відступів по впливу на безпеку руху, плавність ходу та інтенсивність накопичення залишкових деформацій.

Вплив ширини колії в межах стрілочного переводу на показники безпеки руху аналізувався в роботах [1 – 5]. Теоретичною основою більшості зазначених робіт було використання відомих [2] залежностей при ударі абсолютно жорстких тіл. Використання цього методу не дає можливості аналізувати взаємодію екіпажу та стрілочного переводу в часі. В експериментальній частині досліджень [3 – 4] використо-

увалась дуже мала кількість тензOMETричних датчиків, що не давало можливості повною мірою аналізувати вплив ширини колії на напружено-деформований стан колії. Лише в роботі [5] було виконано комплексні випробування стрілочних переводів з відхиленнями від допусків утримання в плані та профілі, але в цій роботі були дуже загальні висновки відносно впливу ширини колії на показники безпеки руху поїздів.

Проаналізуємо вплив ширини колії та ухилу її відводу в межах бокового напрямку стрілочного переводу. Для цієї мети було створено математичну модель взаємодії вантажного напіввагону та стрілочного переводу [6], схема якої зображена на рис. 1.

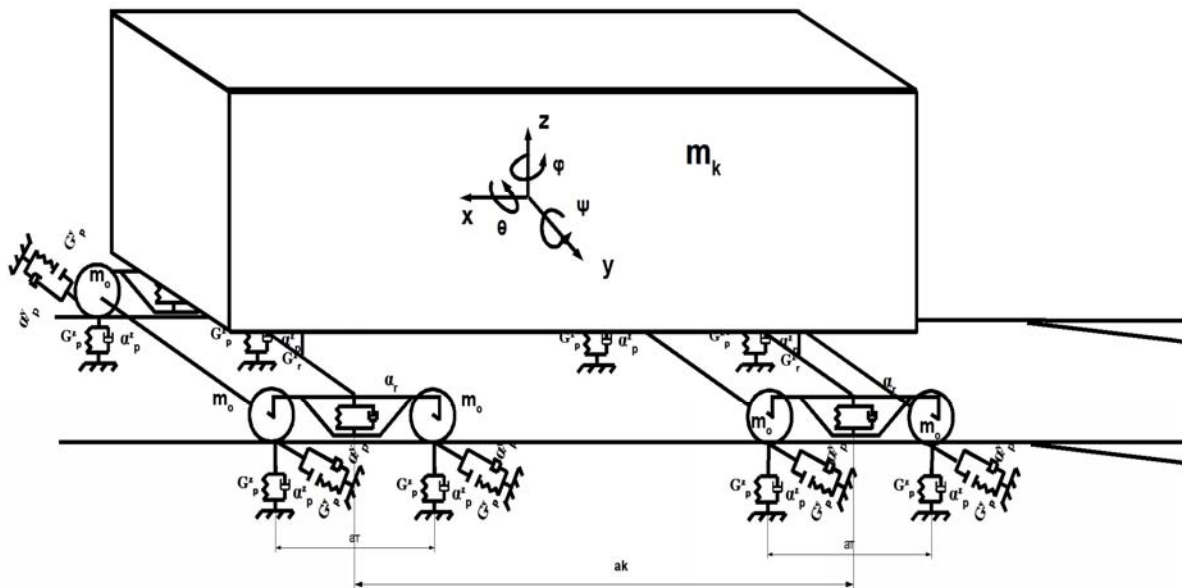


Рис. 1. Схема просторової математичної моделі вантажного напіввагона.

Особливу увагу в математичній моделі було приділено блоку, який описує взаємодію колісної пари та рейкової колії, тому що наближення результатів теоретичних дослідів динаміки екіпажу до його реальних динамічних властивостей визначається в першу чергу коректністю описання та ступенем наближення алгоритму описання руху колісної пари в рейковій колії до тих фізичних процесів, які існують в реальних умовах руху та мають найбільший вплив на рівень сил між колесом і рейкою. Рух колісної пари в рейковій колії визначається силами, що обумовлені її взаємодією з рейками та елементами екіпажу, а також геометричними параметрами колісної пари та рейкової колії. На рис. 2 показано схему до визначення положення осі екіпажу та відповідно сил взаємодії.

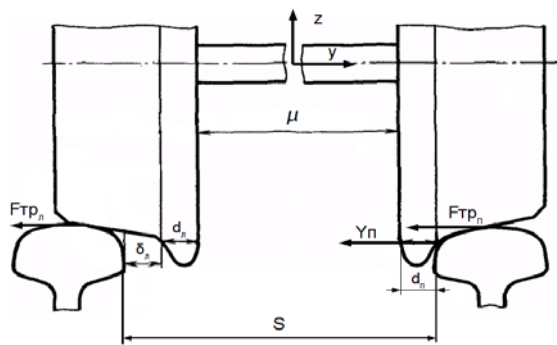


Рис. 2. Схема для визначення сил взаємодії між віссю екіпажу та рейковою колією:

$F_{тр}$ – проекція на поперечну вісь y сил тертя між рейкою та колесом зліва та справа відповідно;

S – ширина колії; $\delta_{лп}$ – зазор між робочими гранями рейки та гребеня зліва та справа відповідно;

$Y_{лп}$ – напрямлююча сила між рейкою та колесом

Сили взаємодії між рейковою колією та віссю екіпажу відповідно до схеми на рис. 2 визначаються за допомогою наступних залежностей:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{для } \delta_{л} > y \geq \delta_{п}: \\ H_{л} = F_{трл} \\ H_{п} = F_{трп} + Y_{п}; \\ \text{для } \delta_{л} > y < \delta_{п}: \\ H_{л} = F_{трл} \\ H_{п} = F_{трп}; \\ \text{для } \delta_{л} \leq y < \delta_{п}: \\ H_{л} = F_{трл} + Y_{л} \\ H_{п} = F_{трп}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де $H_{лп}$ – бокова сила між рейкою та колесом зліва та справа відповідно;

Направлююча сила між рейкою та колесом визначається за формулою:

$$Y_{лп} = z_{г} \cdot G_{п}^y, \quad (2)$$

де $z_{г}$ – поперечна деформація рейки; $G_{п}^y$ – поперечна жорсткість рейки.

Сила тертя $F_{тр} = x \cdot P \cdot \frac{u}{v}$ визначається за наступною формулою:

$$F_{тр} = x \cdot P \cdot \frac{u}{v}, \quad (3)$$

де x – коефіцієнт кріпа; P – вертикальне навантаження від колеса на рейку; u – швидкість проковзування колеса по рейці; v – швидкість руху екіпажу.

Відомо [3, 7], що на прямих ділянках із зростанням ширини колії зростає величина рамних сил. Це пояснюється збільшенням запасу кінетичної енергії в горизонтальному напрямку між колесом та рейкою при вилянні. Дана обставина врахована в нормах швидкості руху поїздів залежно від відступів за шириною колії [8]. При русі в межах перевідної кривої стрілочного переводу виляння екіпажу відсутнє, колесо першої осі візка, яке набігає, притиснуто до упорної рейки. Експериментально ця обставина підтверджується рівнем рамних сил, які діють на перші за напрямком руху колісні пари першого візка екіпажу [10]. Отже ширина колії в межах перевідної кривої не впливає на накопичення кінетичної енергії в системі «екіпаж–колія» через відсутність виляння екіпажу.

Вхідними даними до моделі є геометрія перевідної кривої найбільш масового проекту стрілочного переводу № 1740. Ширина колії в межах бокового напрямку приймалась постійною. Розрахунки виконувались для найбільш несприятливих умов входу екіпажу на бічний напрямком стрілочного переводу:

- зазор між колесом, що набігає, і гостряком є максимально можливим;
- ширина колісної пари розраховувалась із найбільшими допусками по насадці коліс та зносу гребенів (рис. 3);
- протишерстний напрямком руху;
- максимально допустима швидкість руху.

Величина зазору для діапазону ширини колії 1520...1546 мм між колесом, що набігає, та гостряком перевідної кривої при вході на боковий напрямком розраховувались за схемою, наведеною на рис. 3, та наведені в табл. 1.

Розглянемо результати розрахунку. На рис. 4 наведено динамічну картину зміни рамної сили $H_{р}$ по довжині стрілочного переводу для граничних значень ширини колії обраного діапазону – 1520 та 1546 мм, відповідно. Характер взаємодії при зустрічі колеса, що набігає, з гостряком імпульсний. Характер взаємодії для ши-

рини колії 1520 та 1546 мм дещо відрізняється на довжині 2...3 м після зустрічі колеса, що набігає, з гостряком, а в подальшому він практично однаковий. Зауважимо, що скачок рамної сили на абсцисі 20 м, в межах перевідної кривої, обумовлений наявністю стику по обох нитках. Параметри стику введено до моделі згідно результатів досліджень [11].

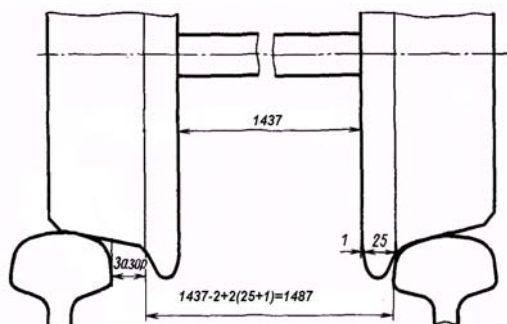


Рис. 3. Схема для визначення ширини колісної пари

Таблиця 1

Величина зазору при вході на боковий напрямок

№ варіанту	Ширина колії в межах бокового напрямку, мм	Зазор при вході на боковий напрямок, мм
1	1520	33
2	1530	43
3	1540	53
4	1546	59

На рис. 5 наведені кількісні результати розрахунку H_p в межах гостряка та перевідної кривої для всього обраного діапазону ширини колії.

Як бачимо, при зростанні ширини колії з 1520 до 1546 мм в межах гостряка H_p зростає на 20,5 кН. При такому ж зростанні ширини колії в межах перевідної кривої H_p зростає на 3,17 кН. З отриманих результатів бачимо значний вплив ширини колії в межах гостряка та незначний в межах перевідної кривої на зростання H_p . Отримана різниця пояснюється різним характером впливу ширини колії на взаємодію екіпажу та колії в межах вістря гостряка. Якщо при вході на боковий напрям ширина колії прямо впливає на накопичення кінетичної енергії екіпажем, то в межах перевідної кривої колеса, що набігають, перших по ходу візків вже притиснуті до направляючої рейки бокового напрямку, а відповідно ширина колії неістотно впливає на накопичення кінетичної енергії.

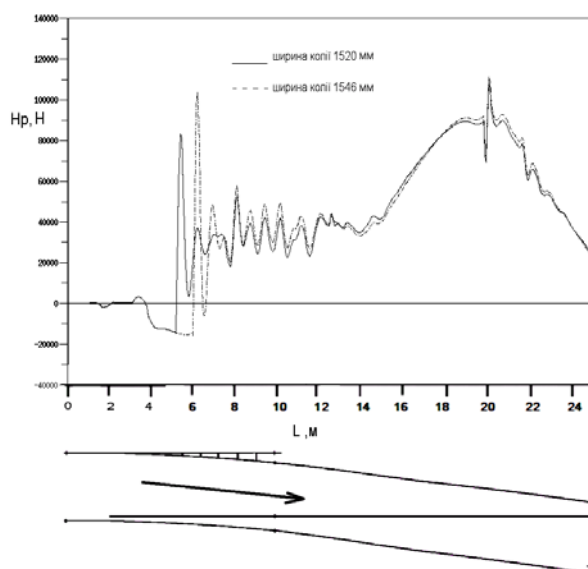


Рис. 4. Рамні сили при різній ширині колії

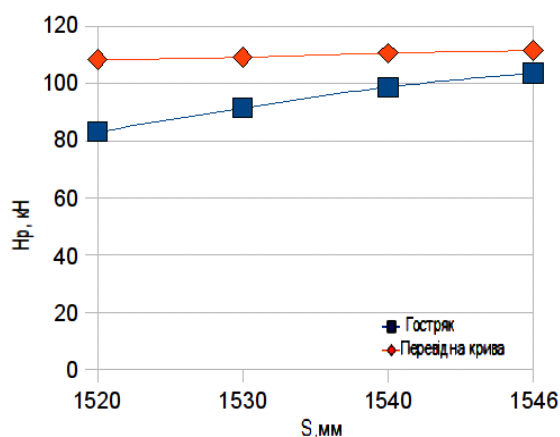


Рис. 5. Максимальні рамні по боковому напрямку

Для прямих та кривих ділянок колії крім відступів за шириною колії нормується крутизна відводу ширини колії. На стрілочних переводах такий норматив відсутній, що обумовлено конструктивними особливостями переводів. Проведемо дослідження впливу ухилу відводу ширини колії в межах бокового напрямку. Відвід вводим до моделі у вигляді функції нерівності у плані:

$$y(x) = \frac{A}{\sqrt{(\pi)}} \cdot e^{-x^2}, \quad (4)$$

де A – амплітуда нерівності;

Розглянемо результати розрахунку. На рис. 6 наведено динамічну картину зміни рамної сили H_p при існуванні нерівності у плані в межах перевідної кривої для граничних значень діапазону ухилу відводу ширини колії i (1 та 5 мм/м) для прямих ділянок колії та кривих, затвердженого відповідним нормативним документом [8].

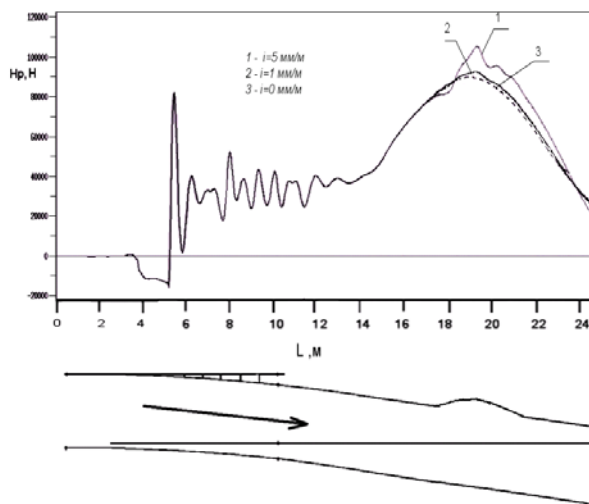


Рис. 6. Рамні сили при різному ухилі відводу ширини колії

З результатів наведених на рис. 6 бачимо, що на початку нерівності H_p дещо зменшується, рамна сила досягає максимуму в місці з найбільшою амплітудою нерівності.

На рис. 7 наведені кількісні результати розрахунку H_p для всього обраного діапазону ухилу відводу ширини колії.

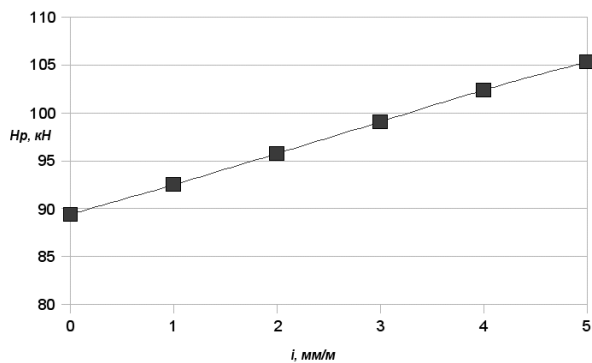


Рис. 7. Рамна сила при різному ухилі відводу ширини колії

Кількісні результати (рис. 7) свідчать про зростання рамної сили на 16 кН при $i=5\%$ в порівнянні з колією без нерівності, обумовленою відводом ширини колії.

Отже, результати проведених досліджень свідчать, що ширина колії в межах бокового напрямку має значний вплив на силову взаємодію в межах гостряка, але неістотний вплив на силову взаємодію рухомого складу та колії в межах перевідної кривої. Ухил відводу ширини колії має більший вплив, ніж ширина колії в межах перевідної кривої. Нагадаємо, що в модель вводилася геометрія бокового напрямку стрілочного перевалу згідно паспортних даних, а нерівність – у вигляді аналітичної залежності. Тому отримані результати носять попередній характер.

На нашу думку, необхідно провести натурні

дослідження форм нерівностей у плані по ухилу відводу ширини колії з метою визначення рівня бокових сил, що існує на стрілочних переводах, які експлуатуються.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Крысанов, Л. Г. Влияние ширины колеи и желобов в крестовинном узле на условия прохождения по нему колесных пар [Текст] / Л. Г. Крысанов, Н. Н. Елсаков // Вестник ВНИИЖТ. – М., 1975. – № 3. – С. 34-39.
2. Шахунянц, Г. М. О допускаемых скоростях движения на боковой путь и об основных геометрических параметрах для проектирования стрелочных переводов [Текст] / Г. М. Шахунянц // Тр. МИИТа. – М., 1958. – № 80/1. – С. 56-67.
3. Яковлев, В. Ф. Влияние сужения рельсовой колеи на состояние железнодорожного пути и плавность движения поездов [Текст] / В. Ф. Яковлев, С. В. Амелин // Тр. ЛИИЖТа. – Л., 1963. – № 191. – С. 7-28.
4. Яковлев, В. Ф. Напряженное состояние и деформированное состояние стрелочного перевода марки 1/11 при ширине колеи 1530 мм [Текст] / В. Ф. Яковлев, С. В. Амелин // Тр. ЛИИЖТа. – Л., 1963. – № 191. – С. 30-63.
5. Разработать нормативы скоростей движения по стрелочным переводам с учетом их фактического состояния [Текст] : отчет о НИР / ДИИТ. КГНДЛ. – Д., 1988. – 147 с.
6. Каленик, К. Л. Особливості математичної моделі взаємодії колії та рухомого складу в межах стрілочного перевалу [Текст] / К. Л. Каленик, В. В. Рибкін // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 30. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 204-207.
7. Ромен, Ю. С. Влияние зазора в колее на величину боковых сил при взаимодействии пути и подвижного состава [Текст] / Ю. С. Ромен, М. Ф. Вериги, В. О. Певзнер // Сб. науч. тр. ЦНИИМПС. – М., 1969. – № 385. – С. 95-106.
8. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП/0138 [Текст] / Е. І. Даніленко та ін. – К.: Транспорт України., 2006. – 336 с.
9. Вериги, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава [Текст] / М. Ф. Вериги. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
10. Разработка рекомендаций по допустимым скоростям по боковому направлению стрелочных переводов, взаимное положение которых не соответствует техническим требованиям [Текст]: звіт про НДР / ДІПТ. КГНДЛ. – Д., 2008. – 51 с.
11. Трофимов, А. Н. Исследование динамической неровности в рельсовом стыке [Текст] / А. Н. Трофимов // Тр. ДИИТа. Взаимодействие пути и подвижного состава. – Д., 1989. – С. 27-33.

Надійшла до редколегії 01.12.2009.

Прийнята до друку 17.12.2009.