

РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНОГО ВИПРОБУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ ТИПУ Р65 МАРКИ 1/9 ПРОЕКТУ 65109Ж-01

Наведено результати натурного випробування на міцність стрілочного переводу типу Р65 марки 1/9 проекту 65109Ж-01.

Изложены результаты натурного испытания на прочность стрелочного перевода типа Р65 марки 1/9 проекта 65109Ж-01.

The results of full-scale test of the strength of the switch type R65, mark 1/9 of the design 65109Zh-01 are presented.

Стрілочний перевід типу Р65 марки 1/9 проекту 65109Ж-01 – це один із перших сучасних переводів, запроектованих та виготовлених в Україні.

Геометричні параметри переводу та основні вимоги до його конструкції розроблені кафедрою «Колія та колійне господарство» ДПТУ, а конструкторська документація на металеві частини та залізобетонні бруси – Науково-конструкторським технологічним бюро колійного господарства Укрзалізниці. Дослідний перевід виготовлено ВАТ «Дніпропетровський стрілочний завод», залізобетонні бруси – ВАТ «Коростенський завод залізобетонних шпал», пружні клеми типів КП-2 і КП-3 – ВАТ «Механіка».

У порівнянні з аналогом – стрілочним переводом проекту 2215, що масово використовується на мережі залізниць, – перевід проекту 65109Ж-01 відрізняється такими особливостями:

- збільшена відстань між брусами (табл. 1);

Таблиця 1

Максимальні та мінімальні відстані між брусами в різних частинах переводу, мм

Частина переводу	Стрілочний перевід проекту			
	65109Ж-01		2215	
	max	min	max	min
Стрілка (без флюгерного прогону)	594	555	560	520
З'єднувальна частина	576		520	497
Хрестовина	560		555	503

- гостряк гнучкого типу;
- збільшений радіус перевідної кривої до 204 075 мм (у проекті 2215 – 200 060 мм);
- суцільнолита хрестовина;
- пружне проміжне кріплення;

- контррейковий вузол з незалежним кріпленням контррейки;

- підкладки з виштампуваними ребордами;

- збільшена ширина колії в межах стрілки та перевідної кривої по боковому напрямку до 1 530 мм (у проекті 2215 – 1 524 мм).

Ці відмінності й викликали потребу в проведенні випробування нового стрілочного переводу на міцність.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАННЯ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ

Стрілочний перевід, що випробовувався, був укладений на головній колії однієї зі станцій Придніпровської залізниці. На початок випробування по ньому було пропущено близько 500 тис. т вантажу брутто. Стан переводу на початку та протягом випробування відповідав вимогам чинної на той час «Інструкції по устрою та утриманню колії залізниць України» (ЦП/050) [1]. Знос металевих частин був відсутній.

Показники напружено-деформованого стану переводу визначалися під дією спеціального дослідного поїзда. Для реалізації швидкостей до 80 км/год він був сформований з двох електровозів серії ВЛ8, двох порожніх та двох завантажених щибенем піввагонів на візках моделі 18-100 (навантаження на вісь порожнього піввагона – 5,5 т, першого завантаженого – 17,9 т, другого – 24,0 т). Для швидкостей більше 80 км/год як дослідний поїзд використовувався один локомотив серії ЧС2.

Поїздки виконувалися човником (туди і назад) зі швидкостями 5, 20, 40, 60, 80, 100, 120 км/год по прямому напрямку та 5, 15, 25, 40, 50 – по боковому. З кожною швидкістю було зроблено від 8 до 20 заїздів (половина заїздів

дів у протишерстному напрямку (ПРШ), половина – у пошерстному (ПШ)).

Відповідно до рекомендацій, розроблених експертами V комісії Організації співробітництва залізниць, під час випробування визначалися такі характеристики взаємодії рухомого складу та елементів дослідного стрілочного переводу:

- напруження (рамні рейки, гостряки, рейки з'єднувальної частини, незалежна контррейка);
- вертикальні сили, що діють на рейки;
- горизонтальні та вертикальні переміщення рейкових елементів.

Крім наведених вище показників, були визначені горизонтальні сили взаємодії рухомого складу та переводу, горизонтальні переміщення брусів, напруження в спеціальних підкладках, що укладаються в межах незалежної контррейки, та вертикальна жорсткість переводу.

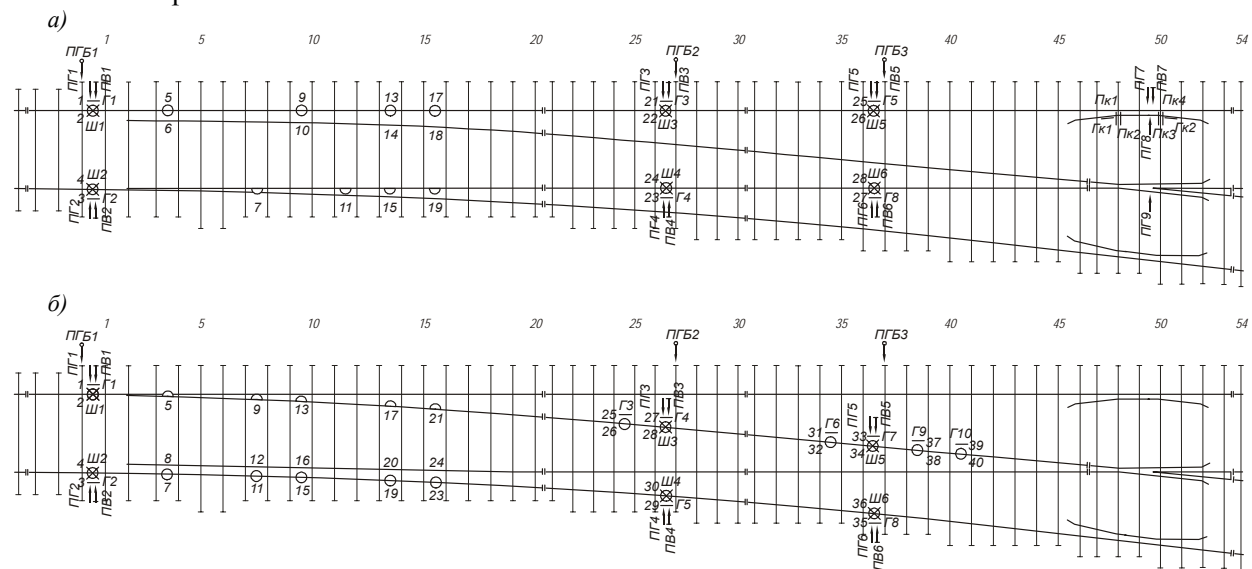
Допустимі величини сил, деформацій та напружень в елементах стрілочного переводу становлять:

1. Напруження в кромках, МПа:
 - гостряки275;
 - контррейки330;
 - решта елементів.....250.
2. Вертикальні сили взаємодії колеса та рейки в межах стрілки та з'єднувальної частини, кН.....200.
3. Переміщення рейкових елементів, мм:
 - вертикальні10;
 - горизонтальні4.

Допустимі напруження в спеціальних підкладках, що укладаються в межах незалежної контррейки, визначалися з таких міркувань. Ці підкладки виготовляються з листової сталі марки СтЗпс або СтЗсп. Згідно з [2], для листового прокату товщиною 20 мм зі сталі марок СтЗпс і СтЗсп умовна границя плинності ($\sigma_{0,2}$) становить не менше 235 МПа. Тому, з урахуванням коефіцієнту запасу відповідно до [3], допустиме напруження для такої сталі під час вигину складає 200 МПа.

Місця встановлення приладів визначалися на підставі аналізу напружень у зовнішніх кромках підшов рейок, одержаних під час спробних поїздок дослідного поїзда по переводу з різними швидкостями (прилади встановлювалися в 20 перерізах по довжині переводу, поїзд рухався зі швидкостями 20...80 км/год по прямому напрямку та 20, 40 км/год – по боковому). Остаточні схеми установки приладів по прямому і боковому напрямках дослідного переводу наведені на рис. 1 (прилади «Лк» розміщувалися на тих підкладках, де закінчується пряма частина контррейки та починається її відхилення). Більш детально місця установки приладів «Гк» та «Лк» показано на рис. 2.

Для реєстрації напружень у металевих частинах переводу й вертикальних сил, що передаються від коліс на рейки, використовувались тензорезистори типу КФ5П1 прямокутні з базою 20 мм та номінальним опором 200 Ом



Умовні позначення:

- ШХ – прилад для вимірювання вертикальних сил, що діють на рейкові елементи;
- ГД, Г – прилади для вимірювання напружень, відповідно, в кромці підшови та головки рейки;
- ПВ, ПГ – прилади для вимірювання, відповідно, вертикальних і горизонтальних переміщень рейки;
- ПГБ – прилад для вимірювання горизонтальних переміщень бруса;
- Гк, Лк – прилади для вимірювання напружень, відповідно, в неробочій грані контррейки та на верхній поверхні спеціальної стрілочної підкладки

Рис. 1. Схеми установки приладів: а) по прямому напрямку переводу; б) по боковому

(ТВ 3.06 України 7710-0001-93). Для визначення напружень у підшві рейки та гостряка тензорезистори наклеювалися в межах внутрішньої та/або зовнішньої кромки (на відстані 5...7 мм від кромки). Парний номер приладу означає, що він розташований на внутрішній кромці, непарний – на зовнішній.

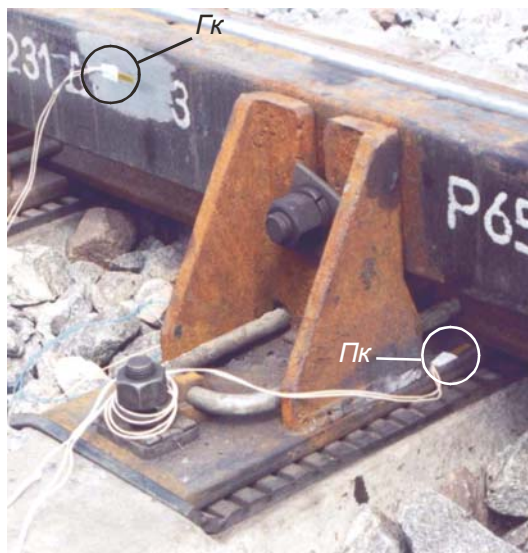


Рис. 2. Розташування приладів у межах незалежної контррейки

Вертикальні сили визначалися за методикою Колієвипробувальної ГНДЛ (КГНДЛ) ДШТу, горизонтальні сили розраховано за методом д-ра техн. наук О. П. Єршкова. Деформації рейкових елементів стрілочних переводів та брусів визначалися за допомогою прогиномірів типу ЦНИИ.

Процеси реєструвалися шлейфовими осцилографами типу Н-010 на осцилографний папір інформаційно-вимірювальним комплексом вагона-лабораторії КГНДЛ, що розміщувався поблизу дослідної ділянки.

Статистична обробка одержаних результатів базується на твердженні, що у більшості випадків показники напружено-деформованого стану переводу – це випадкові величини, які підпорядковуються закону нормального розподілу (якщо закон розподілу відрізняється від нормального – у цьому випадку аналізуються тільки екстремальні експериментальні значення).

Показання кожного приладу об'єднувалися в окремі вибірки залежно від швидкості дослідного поїзда, його напрямку руху (ПРШ або ПШ), типу рухомого складу та навантаження на вісь.

Дані, одержані під час руху поїзда по прямому напрямку, об'єднувалися у відповідні вибірки для кожного з екіпажів без розподілу на окремі осі. Для бокового напрямку показання,

одержані під впливом перших та других за напрямком руху поїзда осей візків вагонів, об'єднувалися у різні вибірки, а вплив кожної осі електровоза на перевід розглядався окремо.

Для кожної такої вибірки за стандартною методикою визначалися основні характеристики випадкової величини: статистичні середнє значення (математичне сподівання) та середнє квадратичне відхилення. Ці величини використовувалися для розрахунку максимальних ймовірних значень показників напружено-деформованого стану переводу при прийнятому в розрахунках колії на міцність рівні ймовірності неперевикнення 0,994 [4].

Одержані результати узагальнювалися окремо для стрілки, з'єднувальної частини та хрестовини відповідно до типу рухомого складу та його швидкості за таким алгоритмом: спочатку для кожного приладу визначалось найбільше значення по групах осей, далі – найбільше з обох напрямків (ПШ та ПРШ), і на останку визначався прилад з найбільшим максимальним ймовірним (або спостереженим) значенням, яке й порівнювалося з відповідною допустимою величиною.

За винятком деяких застережень, наведених у тексті статті, усі висновки, подані нижче, стосуються тільки максимальних ймовірних значень величин.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПЕРЕВОДУ ПІД ЧАС РУХУ ДОСЛІДНОГО ПОЇЗДА ПО ПРЯМОМУ НАПРЯМКУ

Одержані найбільші максимальні ймовірні величини (з відповідними середніми значеннями) досліджуваних параметрів відповідно до типу екіпажа та швидкості його руху наведено в табл. 2 - 5.

Для всіх показників та екіпажів спостерігається певне зростання величини зі збільшенням швидкості. Зміна швидкості з 20 до 80 км/год призводить до збільшення напружень, вертикальних сил та переміщень на 5...30 %, а горизонтальних сил та переміщень рейок і брусів в 1,4...2,2 рази. Зі збільшенням навантаження на вісь абсолютні величини напружень, сил та переміщень теж збільшуються – найбільші значення одержано під впливом локомотива серії ВЛ8 та піввагона з навантаженням на вісь 24 т.

Напруження в рейкових елементах. Напруження в рейках визначалися в неробочій кромці головки та в обох кромках підшви. Напруження в неробочій кромці головки використовувалися лише для визначення горизонтальної сили, що діє на рейки, тому як самостійна величина не аналізувалися. Щодо кромочних

напружень: незалежно від типу екіпажа та швидкості найбільші напруження завжди спостерігалися в зовнішніх кромках рейок – вони

перевищували напруження у внутрішніх кромках в середньому на 25 %, хоча в деяких випадках різниця доходила до 100 %.

Таблиця 2

Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні ймовірні (σ_{\max}^i) величини напружень у рейкових елементах, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год													
	5		20		40		60		80		100		120	
	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i
Рамні рейки														
ВЛ8	97,2	124,6	91,4	126,0	88,2	121,0	92,6	131,7	86,0	127,7	–	–	–	–
Порожній піввагон	–	–	37,1	55,3	37,5	60,4	46,3	71,0	33,4	69,2	–	–	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	–	65,3	87,1	68,3	102,8	76,2	109,7	70,5	106,8	–	–	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	–	76,0	111,1	83,0	117,4	87,7	130,3	86,6	125,1	–	–	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	74,1	95,6	75,2	102,6
Гостряк														
ВЛ8	89,0	108,5	96,2	122,7	91,4	123,5	98,3	134,1	104,0	140,4	–	–	–	–
Порожній піввагон	–	–	39,2	58,7	33,5	49,2	39,1	60,7	39,8	61,7	–	–	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	–	87,2	111,3	87,4	113,0	94,2	129,2	94,3	139,6	–	–	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	–	97,8	117,7	98,5	124,8	104,3	135,3	107,2	142,0	–	–	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	93,2	131,0	88,7	115,1
З'єднувальна частина														
ВЛ8	65,3	84,2	77,8	108,3	72,5	108,7	74,2	106,5	69,3	104,4	–	–	–	–
Порожній піввагон	–	–	27,8	44,6	28,7	41,6	23,9	41,8	27,5	54,8	–	–	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	–	56,1	78,9	55,5	83,9	56,8	80,6	58,3	91,9	–	–	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	–	69,9	99,2	63,1	91,1	70,5	100,6	73,3	104,2	–	–	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	63,5	95,7	64,3	90,9

Величини напружень суттєво залежать від місця розташування приладу: для гостряка різниця доходить до 300 % (причиною такої мінливості є не тільки особливості прямування рухомого складу по стрілочному переводу, а й наявність вертикального стругання його головки), для решти рейкових елементів – до 200 %. Для всіх екіпажів максимальні значення напружень спостерігалися приблизно в одних і тих же місцях, хоча для деяких положення максимуму дещо змінюються залежно від швидкості.

Максимальні значення напружень у межах рамних рейок склали 127,7 МПа (прилад «5»), гостряка – 142 МПа (прилад «15»), з'єднувальної частини – 108,7 МПа, що не перевищує допустимих значень.

Напруження в спеціальних підкладках та контррейці. Характер розподілу та кількісні значення напружень залежать від напрямку руху дослідного поїзда. Для протишерстного напрямку максимуми реєструються приладами «Лк1» та «Лк2», для пошерстного – приладами «Лк3» і «Лк4». Зіставлення горизонтальних переміщень контррейки та напружень у її неробочій грані з напруженнями на поверхні підкладки вказує на те, що величини напружень та їх знаки обумовлюються горизонтальною взаємодією коліс з контррейкою: якщо маємо удар колеса в контррейку (спостерігається перемі-

щення контррейки всередину колії та різка зміна показань датчика «Гк»), у цей же момент приладом «Лк» фіксується напруження розтягнення (знак «+»), у разі відсутності удару спостерігається напруження стискання («-»). Зі збільшенням величини удару зростають і величини напружень. Однозначна залежність між величиною удару та швидкістю екіпажа не виявлена, тому аналіз виконувався для кожного приладу залежно від напрямку руху дослідного поїзда, але без розподілу за швидкостями.

Найбільше напруження зареєстровано приладом «Лк1» під колесами електровоза серії ВЛ8. Розподіли напружень залежно від напрямку руху дослідного поїзда наведено на рис. 3 (розподіли напружень, зареєстрованих приладами «Лк2» – «Лк4», аналогічні). Поява другого екстремуму пояснюється тим, що під час руху в протишерстному напрямку значна кількість коліс уловлюється відхиленням контррейки, що призводить до помітної кількості ударів коліс об контррейку. При пошерстному напрямку удари в цьому місці відсутні.

Одержані результати вказують на те, що напруження на верхній поверхні підкладки, що розташована на брусі № 48, під дією коліс електровоза серії ВЛ8 у 13 % випадків перевищують допустимі.

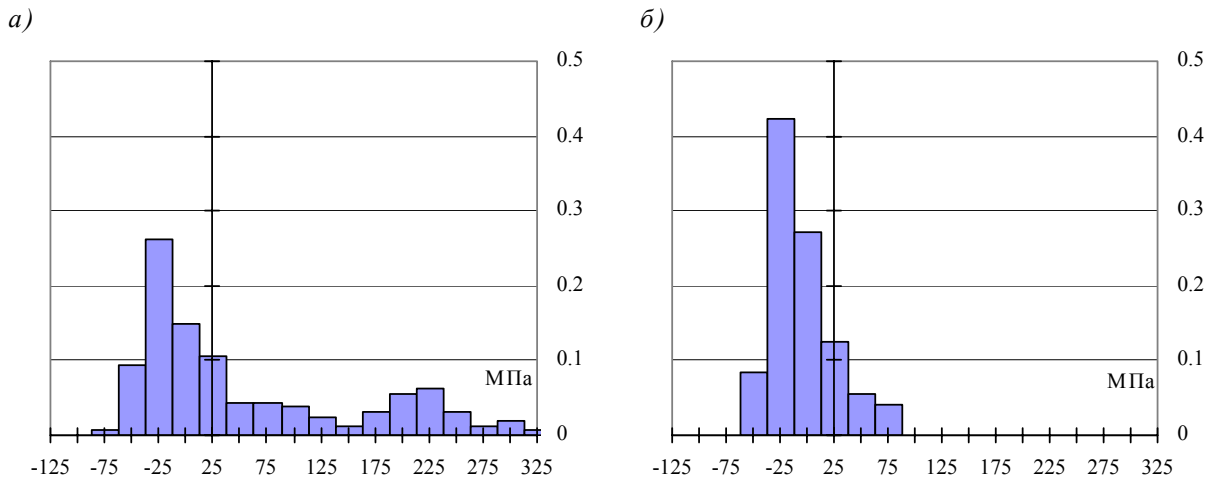


Рис. 3. Розподіл напружень у спеціальній стрілочній підкладці («Лк1»):
а) напрямком ПРШ; б) напрямком ПШ

Якісні характеристики розподілів напружень, зареєстрованих у неробочій грані контррейки (прилади «Гк1» і «Гк2»), найбільшою мірою збігаються з розподілами напружень, зафіксованих приладами, відповідно, «Лк1» та «Лк4». Зважаючи на те, що ці розподіли відрізняються від нормального закону, у табл. 3 наведено лише інтервали експериментальних значень. Їх максимальні величини не перевищують допустимих.

Вертикальні сили та переміщення рейок.

По довжині переводу величини сил змінюються менше, ніж залежно від напрямку руху дослідного поїзда. Місця екстремумів сил та переміщень рейки збігаються та не залежать від типу рухомого складу. Спостерігається хороший якісний збіг обох процесів. Максимальні значення сил у межах рамних рейок досягли 187,9 кН, з'єднувальної частини – 198,2 кН; найбільше вертикальне переміщення рейок по довжині переводу у всьому діапазоні швидкостей становить 3,4 мм, що не перевищує відповідних допустимих значень.

Горизонтальні сили та переміщення рейок і брусів, зміна ширини колії. Максимальні значення горизонтальних сил у межах рамних рейок складають 35,3 кН, з'єднувальної частини – 40,4 кН. При швидкостях 5...40 км/год в

деяких перерізах спостерігались від'ємні значення сил (напрямок дії сили не назовні колії, а всередину), але більші за модулем значення припадають на сили, спрямовані назовні. Розташування максимумів не залежить від типу екіпажа та відрізняється від розташування максимумів вертикальної сили.

Якісні характеристики горизонтальних переміщень головки рейки та сил подібні в межах переднього вильоту рамних рейок та відрізняються в з'єднувальній частині. По довжині переводу найбільше за модулем горизонтальне переміщення складає 1,2 мм та направлене всередину колії – це можна пояснити незначними величинами горизонтальних сил.

Розподіли переміщень ходових рейок та контррейок у межах хрестовинного вузла не відповідають нормальним. Тут наявні два процеси: в одному випадку колісна пара прямує через хрестовинний вузол без контакту з контррейкою – ходова рейка разом з контррейкою рухаються назовні колії (переміщення рейки додатні, контррейки – від'ємні), у іншому колесо вдаряється об контррейку і контррейка разом з ходовою рейкою зміщується всередину колії (знаки переміщень рейки та контррейки протилежні наведеним вище). Найбільші значення переміщень рейки досягають -2,9 мм,

Таблиця 3

Напруження в неробочій грані контррейки, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год						
	5	20	40	60	80	100	120
ВЛ8	-7,4...93,4	-8,0...201,5	-14,0...159,4	-21,2...154,6	-26,8...149,9	–	–
Порожній піввагон	–	-7,6...46,2	-11,4...89,9	-12,7...118,4	-17,4...123,2	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	4,2...109,7	-10,0...147,2	-16,6...133,5	-40,1...107,0	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	-11,8...59,6	-7,8...99,0	-11,1...75,6	-27,3...45,6	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	-1,5...126,8	4,2...153,9

Середні (\bar{P}) та максимальні ймовірні (P_{\max}^i) величини вертикальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год													
	5		20		40		60		80		100		120	
	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i
Рамні рейки														
ВЛ8	112,6	143,3	130,1	153,7	128,5	161,0	135,5	174,4	127,2	171,5	–	–	–	–
Порожній піввагон	–	–	27,8	54,0	33,3	65,6	37,6	61,9	30,1	56,0	–	–	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	–	115,8	161,4	124,3	163,1	130,4	173,0	129,2	181,6	–	–	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	–	142,4	167,4	160,5	179,6	150,1	184,4	149,9	187,9	–	–	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	120,0	159,3	119,0	172,9
З'єднувальна частина														
ВЛ8	114,2	144,5	135,3	176,4	126,3	171,5	143,8	189,4	134,1	180,2	–	–	–	–
Порожній піввагон	–	–	35,5	61,2	33,2	54,5	35,5	66,9	35,1	61,4	–	–	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	–	110,3	152,7	111,7	148,9	115,9	156,3	100,5	141,0	–	–	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	–	145,6	180,9	135,2	173,9	157,0	198,2	146,4	188,3	–	–	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	105,8	156,6	133,5	179,0

Таблиця 5

Середні (\bar{H}) та максимальні ймовірні (H_{\max}^i) величини горизонтальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по прямому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год													
	5		20		40		60		80		100		120	
	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i
Рамні рейки														
ВЛ8	7,5	23,7	5,9	25,5	4,7	19,1	7,3	29,3	10,8	35,3	–	–	–	–
Порожній піввагон	–	–	-2,8	-9,7	1,2	9,7	1,1	15,4	1,8	12,9	–	–	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	–	3,3	14,3	1,6	13,8	4,4	19,8	3,9	17,5	–	–	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	–	0,0	18,4	0,2	15,1	5,5	18,6	6,5	16,7	–	–	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,9	22,9	2,0	26,7
З'єднувальна частина														
ВЛ8	5,5	21,6	6,2	26,5	4,6	25,5	7,3	27,4	13,0	40,4	–	–	–	–
Порожній піввагон	–	–	0,7	12,6	0,8	10,7	3,9	13,2	4,7	23,8	–	–	–	–
Піввагон 17,9 т/вісь	–	–	5,0	12,6	2,2	20,4	7,2	20,7	9,1	15,9	–	–	–	–
Піввагон 24,0 т/вісь	–	–	5,7	16,7	5,6	19,1	9,6	29,0	12,8	26,2	–	–	–	–
ЧС2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8,2	23,6	7,8	24,7

контррейки 2,3 мм, хрестовини -1,5 мм, що не перевищує допустимої величини (інтервали їх змін знаходяться в межах -2,9...1,4 мм, -0,5...2,3 мм та -1,5...1,2 мм, відповідно).

У межах переднього вильоту рамних рейок спостерігалось збільшення ширини колії (до 0,9 мм), а в інших частинах – звуження. Максимальна величина звуження досягає 1,6 мм у межах з'єднувальної частини та 3,2 мм у межах хрестовинного вузла за середніх значень близько 1 мм (локомотив серії ВЛ8).

Найбільше горизонтальне переміщення бруса складо 0,4 мм (прилад «ПГБЗ»).

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПЕРЕВОДУ ПІД ЧАС РУХУ ДОСЛІДНОГО ПОЇЗДА ПО БОКОВОМУ НАПРЯМКУ

Результати досліджень напружень, сил та деформацій, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, наведено в

табл. 6 – 10. Практично у всіх випадках найбільші значення показників зареєстровано під колесами електровоза серії ВЛ8.

Напруження в рейкових елементах. Аналіз напружень у зовнішніх та внутрішніх кромках підшви рейок, одержаних під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку переводу, вказує на наявність більшої різниці між ними порівняно з напруженнями, одержаними під час руху поїзда по прямому напрямку. Напруження в зовнішніх кромках перевищують напруження у внутрішніх у середньому в 2,4 разу, доходячи до 9 раз. Це вказує на те, що горизонтальні поперечні сили, що діють на перевід під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, суттєво більші, ніж під час руху по прямому.

Величини напружень у рамних рейках залежать від напрямку руху дослідного поїзда та типу екіпажа. Найбільше значення зафіксовано в передньому вильоті під час пошерстного руху

дослідного поїзда зі швидкістю 15 км/год – 203,2 МПа. Слід відмітити, що напруження в рейках переднього вильоту, що зареєстровані під час пошерстного руху дослідного поїзда, суттєво більші за напруження, одержані в разі протишерстного.

Незалежно від напрямку руху дослідного поїзда та його швидкості, найбільші напруження в підозві гостряка спостерігалися за межами його горизонтального стругання в перерізах, де встановлено прилади «17» та «21» (прилади «5», «9», «13» знаходяться в частині гостряка, де він прилягає до рамної рейки, тому горизонтальна сила тут сприймається не тільки гостряком, а й безпосередньо рамною рейкою; беручи до уваги також наявність тут вертикального стругання головки гостряка, зменшення напружень у цих перерізах відносно перерізів гостряка, розташованих ближче до кореня, цілком закономірне). Найбільша величина зареєстро-

вана у випадку протишерстного руху зі швидкістю 50 км/год і складає 214,3 МПа.

У з'єднувальній частині незалежно від швидкості максимальні напруження в зовнішній (напряmnій) рейці перевищували екстремальні напруження у внутрішній рейці. Місця розташування найбільших напружень по довжині перевідної кривої залежать від типу екіпажа, швидкості та напрямку руху дослідного поїзда. Але найчастіше вони реєструвалися приладами «31», «33» та «37». Найбільша величина зафіксована при швидкості 50 км/год – 203,2 МПа.

Таким чином, у рейкових елементах дослідного стрілочного переводу напруження не перевищують допустимих.

Вертикальні сили та переміщення рейок.

Максимальні значення вертикальних сил одержано при швидкості 50 км/год і складають 204 кН для переднього вильоту рамних рейок

Таблиця 6

Середні ($\bar{\sigma}$) та максимальні ймовірні (σ_{\max}^i) величини напружень у рейкових елементах, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, МПа

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i	$\bar{\sigma}$	σ_{\max}^i
Рамні рейки										
ВЛ8	142,5	165,6	176,0	203,2	168,3	186,2	160,0	186,9	147,2	182,6
Порожній піввагон	32,2	51,9	39,3	58,1	34,6	48,6	34,6	52,1	27,7	44,5
Піввагон 17,9 т/вісь	92,2	128,2	110,5	128,3	98,8	120,0	93,6	122,1	92,5	125,3
Піввагон 24,0 т/вісь	105,1	142,8	144,1	195,0	137,4	176,2	145,8	170,4	129,4	164,8
Гостряк										
ВЛ8	114,9	140,3	145,9	178,3	154,3	171,0	148,7	188,5	180,9	214,3
Порожній піввагон	41,0	53,4	49,7	71,3	52,2	65,1	54,7	77,0	62,9	83,4
Піввагон 17,9 т/вісь	109,5	131,5	141,1	173,9	142,1	159,9	158,2	194,0	166,2	202,3
Піввагон 24,0 т/вісь	94,2	119,2	111,4	146,3	110,5	142,7	124,0	161,3	143,3	179,3
З'єднувальна частина										
ВЛ8	138,9	176,0	173,2	192,2	155,6	194,5	154,3	196,6	171,2	203,2
Порожній піввагон	28,7	40,4	29,1	50,9	29,1	46,2	29,7	55,2	34,2	54,0
Піввагон 17,9 т/вісь	121,6	150,8	117,8	157,4	138,1	162,7	150,2	181,2	140,3	176,7
Піввагон 24,0 т/вісь	108,2	138,3	112,1	150,7	134,6	166,9	139,6	158,4	120,7	144,5

Таблиця 7

Середні (\bar{P}) та максимальні ймовірні (P_{\max}^i) величини вертикальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i	\bar{P}	P_{\max}^i
Рамні рейки										
ВЛ8	152,8	189,2	173,1	196,3	162,6	190,2	157,3	195,8	155,3	204,0
Порожній піввагон	28,0	43,9	40,7	69,1	36,6	65,9	41,1	72,6	25,6	58,3
Піввагон 17,9 т/вісь	131,2	158,6	141,2	179,2	139,2	183,6	157,3	182,9	146,3	189,9
Піввагон 24,0 т/вісь	121,4	161,8	149,7	190,4	147,7	180,8	146,6	177,0	134,3	181,3
З'єднувальна частина										
ВЛ8	137,8	182,6	161,9	197,2	160,3	191,9	161,7	203,6	170,6	200,0
Порожній піввагон	35,3	51,7	33,3	72,5	30,1	50,4	38,3	69,4	40,3	62,1
Піввагон 17,9 т/вісь	137,7	152,8	133,3	181,1	144,1	183,5	148,6	194,0	150,1	201,3
Піввагон 24,0 т/вісь	123,5	150,5	142,2	181,2	120,7	181,3	128,9	171,9	137,8	175,5

Середні (\bar{H}) та максимальні ймовірні (H_{\max}^i) величини горизонтальних сил, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, кН

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i	\bar{H}	H_{\max}^i
Рамні рейки										
ВЛ8	70,5	84,0	101,7	126,7	91,5	114,7	88,5	108,5	77,5	107,3
Порожній піввагон	11,8	18,7	14,3	29,1	10,0	25,4	16,1	25,1	11,3	27,2
Піввагон 17,9 т/вісь	37,5	45,9	72,2	94,2	62,9	79,6	51,0	74,2	51,6	75,7
Піввагон 24,0 т/вісь	56,6	74,7	97,2	110,1	79,9	104,6	79,4	99,1	68,4	96,2
З'єднувальна частина										
ВЛ8	84,6	97,2	111,2	129,3	100,2	132,2	88,9	116,7	92,5	120,8
Порожній піввагон	8,4	19,7	15,2	27,9	16,3	26,0	15,2	30,7	16,1	29,1
Піввагон 17,9 т/вісь	77,1	83,7	68,0	95,5	77,4	92,4	87,9	111,1	81,2	101,6
Піввагон 24,0 т/вісь	52,7	66,6	70,3	92,9	67,2	85,7	77,6	93,8	59,8	82,6

Таблиця 9

Середні (\bar{y}) та максимальні ймовірні (y_{\max}^i) величини горизонтальних переміщень рейкових елементів, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i	\bar{y}	y_{\max}^i
Рамні рейки										
ВЛ8	1,99	2,24	2,77	3,33	2,39	3,01	2,04	2,57	1,82	2,50
Порожній піввагон	0,58	0,72	0,83	1,14	0,76	1,07	0,65	0,97	0,70	1,06
Піввагон 17,9 т/вісь	1,12	1,31	1,70	1,98	1,37	1,90	1,12	1,67	1,12	1,64
Піввагон 24,0 т/вісь	1,28	1,54	1,99	2,22	1,67	2,23	1,31	1,89	1,18	1,73
З'єднувальна частина										
ВЛ8	1,92	2,34	2,75	3,41	2,23	3,27	2,03	2,65	1,93	2,52
Порожній піввагон	-0,54	-1,10	0,70	0,85	0,47	0,81	0,38	0,79	0,48	0,84
Піввагон 17,9 т/вісь	1,44	1,84	1,81	2,16	1,39	1,90	1,20	1,70	1,38	1,88
Піввагон 24,0 т/вісь	1,02	1,36	1,95	2,57	1,17	1,92	1,16	1,61	1,17	1,72

Таблиця 10

Середні ($\bar{\Delta}$) та максимальні ймовірні (Δ_{\max}^i) величини зміни ширини колії, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, мм

Рухомий склад	Швидкість руху, км/год									
	5		15		25		40		50	
	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i	$\bar{\Delta}$	Δ_{\max}^i
Рамні рейки										
ВЛ8	2,39	3,14	3,32	4,10	3,15	3,78	2,98	3,76	3,12	3,85
Порожній піввагон	0,69	0,94	1,08	1,51	0,96	1,42	0,81	1,28	0,89	1,40
Піввагон 17,9 т/вісь	1,77	2,03	3,23	3,48	2,71	3,26	1,77	2,53	1,99	2,69
Піввагон 24,0 т/вісь	2,37	2,96	3,48	3,83	3,03	3,66	2,78	3,19	2,23	2,94
З'єднувальна частина										
ВЛ8	1,57	2,10	3,17	3,47	1,96	2,59	2,60	3,31	3,09	3,86
Порожній піввагон	-0,55	-1,10	0,98	1,35	0,63	1,26	0,69	1,35	0,83	1,53
Піввагон 17,9 т/вісь	2,40	3,21	3,25	3,85	2,63	3,35	2,68	3,38	2,20	3,06
Піввагон 24,0 т/вісь	1,38	1,90	3,22	3,80	2,41	2,99	1,97	2,65	2,32	2,99

та 203,6 кН для з'єднувальної частини. Це більше за допустиму величину на 2 %, що не є статистично значущим.

Вертикальні переміщення, одержані під час руху дослідного поїзда по боковому напрямку, практично не відрізнялися від переміщень, одержаних під час руху по прямому напрямку.

Горизонтальні сили та переміщення рейок і брусків, зміна ширини колії. Якісні картини напружень, горизонтальних сил та переміщень головки добре збігаються між собою, що підтверджує тісний зв'язок між напруженнями в зовнішніх кромках та горизонтальними силами.

Максимальні значення горизонтальних сил та переміщень у межах рамних рейок складають, відповідно, 126,7 кН та 3,3 мм, для з'єднувальної частини – 132,2 кН та 3,4 мм. Максимуми зареєстровано при швидкостях дослідного поїзда 15...25 км/год. Переміщення направлені назовні колії.

Залежності зміни ширини колії від швидкості теж добре збігаються з графіками горизонтальних сил. Максимальне значення збільшення ширини колії складає 4,1 мм для переднього вильоту рамної рейки та 3,9 мм – для з'єднувальної частини.

Залежність горизонтальних переміщень брусів та відповідних горизонтальних сил від швидкості подібні: максимальне значення досягає 0,7 мм при швидкості 15 км/год («ПГБ1»). Напрямок переміщення бруса збігається з напрямком дії бокової сили.

ВЕРТИКАЛЬНА ЖОРСТКІСТЬ ПЕРЕВОДУ

Вертикальна жорсткість дослідного переводу визначалася за допомогою спеціального на-

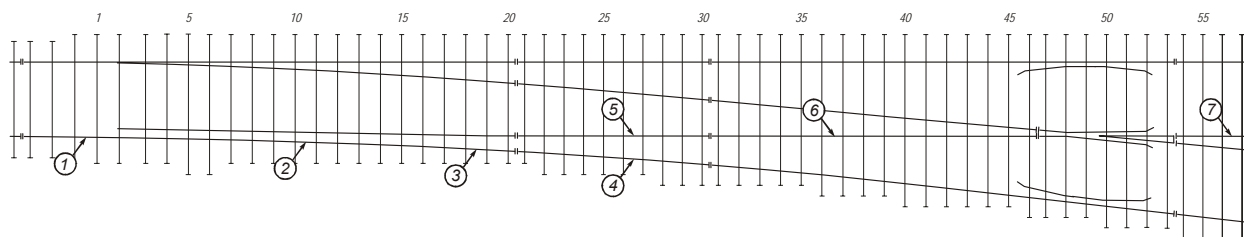


Рис. 4. Місця визначення жорсткості дослідного переводу

ВИСНОВКИ

1. Основні показники напружено-деформованого стану стрілочного переводу типу Р65 марки 1/9 проекту 65109Ж-01, одержані під час його натурального випробування на міцність, не перевищують допустимих величин при всіх реалізованих швидкостях руху дослідного поїзда (по прямому напрямку – до 120 км/год, по боковому – до 50 км/год).

2. Величини напружень, що зареєстровані в спеціальній контррейковій стрілочній підкладці, розташованій на брусі № 48, під колесами локомотива серії ВЛ8 перевищують допустимі напруження у 13 % випадків. Зважаючи на невелику кількість осей локомотива в поїзді в порівнянні з кількістю осей вагонів, одержані дані не можуть впливати на допустимі швидкості поїздів, але вказують на те, що конструкція незалежної контррейки в стрілочних переводах проекту 65109Ж-01 потребує додаткових випробувань – насамперед з метою визначення її нормативного та гарантійного термінів служби.

вантажувального пристрою, що змонтований у вагоні-лабораторії КГНДЛ (спеціально обладнаний критий вагон), за відповідною апробованою методикою. Місця визначення жорсткості наведено на рис. 4. Під час дослідження навантаження змінювалося від 0 до 120 кН.

Одержані залежності осідання рейки від навантаження мають нелінійний характер: найбільша кривизна спостерігалась на ділянці навантаження від 0 до 50 кН, далі від 50 до 100 кН майже лінійна ділянка, і в кінці теж нелінійна ділянка, але з меншою кривизною, ніж на початку. Максимальному значенню жорсткості відповідала лінійна ділянка.

Вертикальна жорсткість дослідного стрілочного переводу за окремими перерізами становить, кН/мм:

1.....	31,2;
2.....	57,1;
3.....	38,5;
4.....	57,1;
5.....	43,0;
6.....	49,4;
7.....	35,6.

3. Слід відзначити, що значна кількість нових конструктивних рішень, втілених у цьому переводі, зараз застосовується під час розробки нових переводів та модернізації переводів, що були розроблені раніше.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України. ЦП-0050 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 06.04.98. № 82-Ц. – К.: Транспорт України, 1999. – 248 с.
2. Марочник сталей и сплавов [Текст] / В. Г. Сорокин и др.; под общ. ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
3. Технические условия проектирования железнодорожных, автодорожных и городских мостов и труб (СН 200–62) [Текст]. – М.: Трансжелдориздат, 1962. – 328 с.
4. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість. ЦП-0117 [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 13.12.04. № 960-Ц / Укрзалізниця. – К.: Транспорт України, 2006. – 168 с.

Надійшла до редколегії 22.12.2009.

Прийнята до друку 28.12.2009.