

УДК 625.143-047

М. П. НАСТЕЧИК¹, Р. В. МАРКУЛЬ^{2*}

¹ Каф. «Коля та колійне господарство» Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 31, ел. пошта nastechik_mr@mail.ru, ORCID 0000-0002-4178-6092

^{2*} Каф. «Коля та колійне господарство» Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 31, ел. пошта guaranga_mr@mail.ru, ORCID 0000-0002-7630-8963

«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ІЗ ПРОМІЖНИМ РЕЙКОВИМ СКРІПЛЕННЯМ ТИПУ КПП-5»

Мета. Одним із основних видів скріплення, яке ввійшло в постійну експлуатацію є проміжне рейкове скріплення типу КПП-5. Дані попередніх експериментальних досліджень достовірно не давали чітких науково-обґрунтованих результатів роботи вузла скріплення. Тому метою являється розробка та обґрунтування методики проведення експериментального дослідження роботи вузла скріплення типу КПП-5 з детальною оцінкою місць появи напруженого стану в його елементах під час експлуатації. **Методика.** В основі експериментального дослідження роботи залізничної колії із проміжним рейковим скріпленням типу КПП-5 виникає необхідність у виборі дослідної ділянки колії, замірюванні параметрів утримання колії, обґрунтування місць установки вимірювальних приладів. **Результати.** З допомогою проведених експериментальних досліджень, були визначені та обґрунтовані такі значення: бокових сил, вертикальних сил, напружень в рейках вертикальні прогини та горизонтальні віджимання рейкових ниток. Всі попередньо отримані експериментальним способом значення не перевищують гранично-допустимих величин згідно з [14]. **Наукова новизна.** На сьогоднішній день в даній роботі вперше були отримані положення та експериментальні результати роботи залізничної колії із скріпленням типу КПП-5. Це дозволило більш чітко дослідити та проаналізувати роботу проміжних елементів вузла скріплення, а саме найбільш імовірні місця появи напруженого стану в прутках клеми. **Практична значимість.** Отримані в даній роботі експериментальні результати дозволили практично в повній мірі дослідити роботу залізничної колії із проміжним рейковим скріпленням типу КПП-5, особливо дослідити роботу пружних клем типу КПП-5, як основних елементів у вузлі скріплення.

Ключові слова: проміжне скріплення типу КПП-5, пружна клема, експериментальні дослідження, напружений стан.

Вступ

Відповідно до наказу начальника Придніпровської залізниці від 19.02.2013 р. за № 87/Н [8], та наказу служби колії Придніпровської залізниці [16] були проведені експериментальні дослідження взаємодії залізничної колії із проміжним рейковим скріпленням типу КПП-5 і рухомого складу.

Підставою для проведення експериментальних досліджень є відсутність чітких науково-обґрунтованих результатів роботи проміжних елементів вузла скріплення типу КПП-5 підчас експлуатації [6, 9, 11].

Характеристика дослідної ділянки, методика проведення випробувань та обробки даних

Експериментальні дослідження проводились галузевою Колієвипробувальною науково-дослідною лабораторією Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, (КГНДЛ ДНУЗТу) при участі авторів з кафедри – «Колія та колійне господарство».

Дослідження проводились на ділянці Нижньодніпровськ вузол - Самарівка в кривій, радіусом 400 м, Придніпровської залізниці. Дослідна ділянка розміщувалась в зоні кругової кривої.

Ділянка: план лінії: крива, радіусом 400 м; конструкція колії – ланкова колія із рейками типу Р65, шпали залізобетонні, баласт двошаровий, товщиною 35/20 см; епюра шпал 2000 шт/км; скріплення типу КБ-65.

На ділянці виконується оборот в основному вантажних поїздів. Вантажонапруженість на ділянці становить 50 млн. т. км. брутто / км. за рік.

По показникам стрічки вагона колієвимірювача, колія на даній ділянці утримується згідно [15] в стані – «відмінно».

Для проведення експериментальних досліджень, відповідно до наказу [16], було укладено в колію партію із 10 залізобетонних шпал типу СБ-3 під проміжне рейкове скріплення типу КПП-5 в межах кругової кривої, з'єднувальної гілки Нижньодніпровськ вузол – Самарівка (195 км. ПК8) Придніпровської залізниці.

Для проведення експерименту був попередньо сформований дослідний рухомий склад із двох електровозів типу ЧС7, двох піввагонів та двох вагонів для зерна.

Поїздки виконувались із швидкістю руху 5, 40, 90 км/год.

В процесі виконання експерименту на дослідній ділянці колії замірялись такі параметри як:

- напруження в рейках;
- вертикальні та горизонтальні сили, що діють на рейки;
- горизонтальні віджимання головки рейки;
- вертикальні осьові прогини рейок;
- напруження у верхній та нижній частинах прутка клеми першої гілки;
- напруження у верхній та нижній частинах прутка клеми другої гілки;

Допустимі величини сил, деформацій та напружень в колії згідно [14] становлять:

1. Напруження в кромках, МПа:
 - підшви рейки.....240
2. Горизонтальні сили взаємодії колеса та рейки з умов міцності роздільних рейкових скріплень на перегонах та стрілочних переводах, кН:
 - для локомотива.....150
 - для вагона.....120
3. Переміщення рейки, мм:
 - вертикальні.....10
 - горизонтальні (рекомендований показник, який визначається з випробувань).....6

Місця встановлення приладів на дослідній ділянці визначались на підставі натурних обмірів колії та математичного моделювання взаємодії рухомого складу із колією.

Вибір місць наклепки тензодатчиків на клеми типу КП-5 за умови появи по всій довжині її прутка максимальних напружень, здійснювалось за допомогою математичного моделювання в основі якого лежить теорія метода кінцевих елементів (МКЕ) [12, 13, 17].

Схема розташування тензометричних датчиків на клеми проміжного рейкового скріплення типу КПП-5 зображена на рисунку 1.

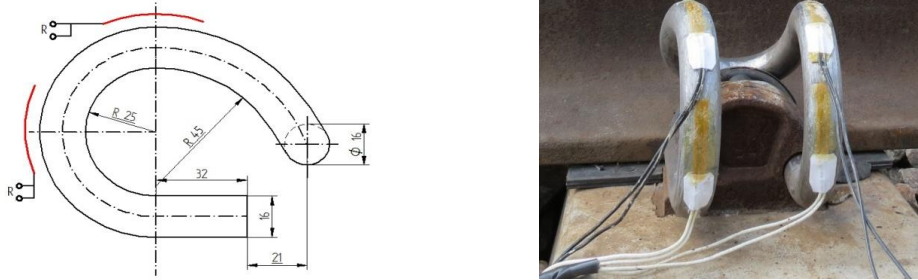


Рис. 1 - Схема встановлення датчиків на клеми типу КП-5 проміжного рейкового скріплення типу КПП-5

Схема дослідної ділянки із пристроями приведена на рисунку 2.

Для реєстрації напружень в рейках, в елементах скріплень, вертикальних сил та бічних сил використовувалися тензорезистори КФ5ПІ прямокутні з базою 20 мм опором $200,0 \pm 0,5 \text{ Ом}$.

Для вимірювання просторових деформацій рейкових ниток використовувалися прогиноміри конструкції ЦНИ МПС.

Експериментальні дані оброблялися по показниках кожного датчика, при заданій швидкості руху дослідного рухомого складу. Створювалась первинна вибірка, на основі якої виконувалась статистична обробка експериментальних даних.

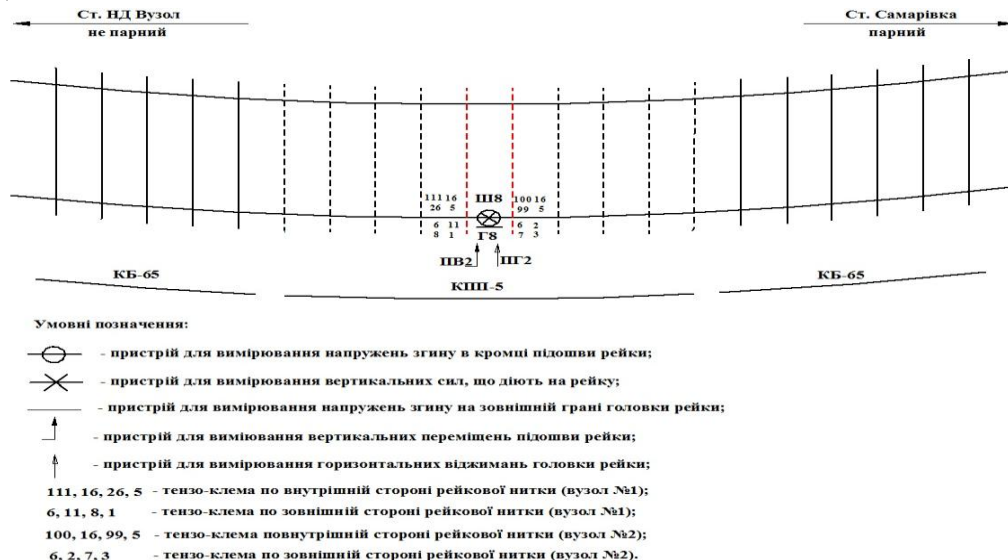


Рис. 2 - Схема встановлення вимірювальних пристроїв на дослідній ділянці

Бокові динамічні сили, що діють від коліс на рейки в залежності від значень напружень, отриманих експериментально в кромках підшви рейки та головки рейок, розраховувались за методикою О. П. Єршкова [4]. Кінцевим виразом для визначення бокових сил по даній методиці є:

$$H = B \cdot \sigma_n^n \quad (1)$$

де H - бокові сили, що виникають в колії, в κH ;

B - коефіцієнт для визначення сил, в $см^2$;

σ_n^n - напруження в зовнішній кромці підшви рейки в $МПа$.

Виникаючі в колії бічні та вертикальні сили від дослідного рухомого складу зображені на рис. 3-4.

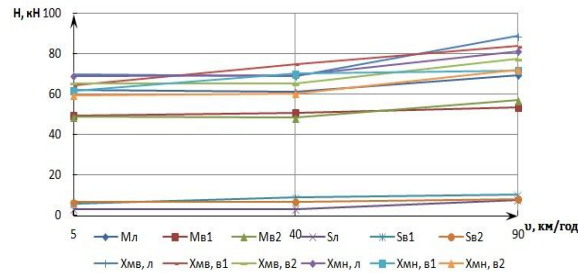


Рис. 3 - Залежність горизонтальних сил від швидкості руху

Для кожної вибірки експериментальних даних визначались по стандартній методиці основна статистика: середнє (M), середньоквадратичне відхилення (S), максимально імовірні (X_{MB}), максимально спостережувальні (X_{MN}) значення, до прийнятого для розрахунків елементів верхньої будови колії рівня надійності 0,994 [1, 3, 10].

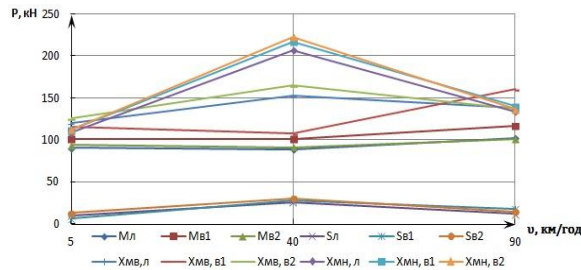


Рис. 4 Залежність вертикальних сил від швидкості руху

Максимальні значення бічних сил не перевищують $81,27 \kappa H$, максимальні імовірні – $84,06 \kappa H$, що не перевищують максимально-допустимих згідно [14].

Максимальні значення вертикальних сил (рис. 4) досягають $170,7 \kappa H$, максимальні імовірні значення – $222,4 \kappa H$, середнє значення – $106,4 \kappa H$.

Середні значення напружень в залежності від швидкості руху розподілялись в діапазоні від $130 МПа$ до $172 МПа$ під локомотивами та від $95,9 МПа$ до $162 МПа$ під вагонами. Максимальні спостережувальні $96,6-172 МПа$ під локомотивами та $76-142,8 МПа$ під вагонами (рис. 5).

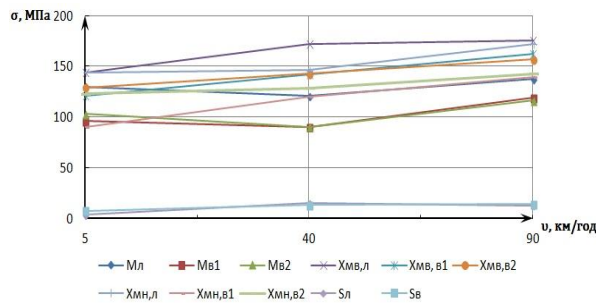


Рис. 5 - Напруження в кромках підшви рейки що спостерігались в залежності від швидкості руху

Результати вибірки вертикальних осьових прогинів рейки (мм) зображені на рис. 6.

Діапазон середніх значень вертикальних осьових прогинів рейкової нитки розподілявся в діапазоні від 1,2 мм до 1,7 мм а по максимально спостережувальних значеннях від 1,4 мм до 1,8 мм.

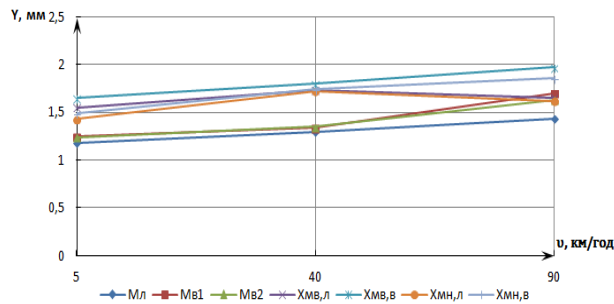


Рис. 6 – Вертикальні прогини рейок що спостерігались

Результати вибірки горизонтальних віджимань головки рейки, зображені на рис. 7.

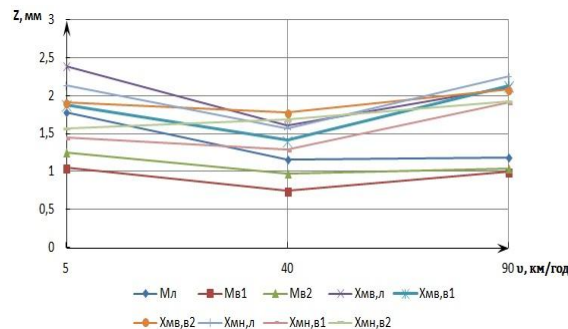


Рис. 7 – Горизонтальні віджимання головки рейки що спостерігались

Згідно з рис. 7, діапазон середніх значень бокових горизонтальних віджимань головки рейки коливається від 1,2 мм до 1,8 мм – під локомотивами, від 0,7 мм до 1,2 мм – під вагонами. Максимальні спостережувальні значення від 1,6 мм до 2,2 мм – під локомотивами, від 1,3 мм до 1,9 мм – під вагонами.

Крутні напруження в прутках клем типу КП-5 у вузлі рейкового скріплення типу КПП-5

З метою визначення максимально-імовірних місць появи напруженого стану в прутках клем як одного із основних елементів проміжного рейкового скріплення типу КПП-5, - визначались напруження.

Були вибрані 4-кlemi проміжного рейкового скріплення типу КПП-5. Отримані в певних фіксованих експериментальних перерізах дані були об'єднані у вибірці по кожній рухомій одиниці дослідного рухомого складу для певної швидкості руху залежно від нумерації осей.

Аналізуючи експериментально-отримані дані, встановлено, що значення напружень у верхній та нижній частині прутка двох клем по внутрішній стороні рейкової нитки відрізняються на 5 % - під локомотивами, 8 %- під вагонами, на 7 % - під локомотивами та 6,5 % - під вагонами.

Значення напружень у верхній та нижній частині прутка двох клем по зовнішній стороні рейкової нитки відрізняються на 20,6 % - під локомотивами, 11,4 % - під вагонами, та 12 % - під локомотивами, 4,3 % - під вагонами.

Спостерігаються практично не змінні значення напружень, які виникають в двох клемах по зовнішній та в двох клемах по внутрішній стороні рейкової нитки у вузлі проміжного рейкового скріплення типу КПП-5. Згідно з цим експериментально-отримані значення напружень, що виникають в прутках клем об'єднані в чотири вибірки, які характеризують напруження в верхній та нижній частині прутка клем по внутрішній стороні та у верхній та нижній частині прутка клеми по зовнішній стороні рейкової нитки. Величини зміни напружень в прутках клеми по зовнішній стороні рейкової нитки в залежності від швидкості руху, представлені графічно на рис.8.

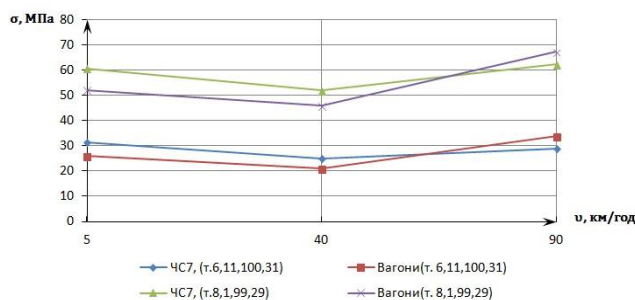


Рис. 8 - Залежність напружень в прутках клеми від швидкості руху (зн. сторона рейкової нитки)

Значення напружень в верхній частині прутка клеми по зовнішній стороні рейкової нитки (група точок 6, 11, 100, 31) розподіляються в діапазоні від 18 МПа до 32 МПа – під локомотивами, від 17 МПа до 39 МПа – під вагонами. Максимальні спостережувальні значення напружень 45-104 МПа – під локомотивами, та 41-121 МПа - під вагонами.

Значення напружень в нижній частині прутка клеми по зовнішній стороні рейкової нитки (група точок 8, 1, 99, 29) розподіляються в діапазоні від 38 МПа до 64 МПа – під локомотивами, від 41 МПа до 75 МПа – під вагонами. Максимальні спостережувальні значення 50-96 МПа – під локомотивами, та 49-108 МПа – під вагонами.

Досліджено, що експериментально-отримані напруження в прутках клеми по зовнішній стороні рейкової нитки у верхній частині прутка клеми на 50 % менші ніж величина напружень у нижній частині прутка клеми – під локомотивами, та на 48 % - під вагонами.

Величини зміни напружень в прутках клеми по зовнішній стороні рейкової нитки в залежності від швидкості руху, представлені графічно на рис.8.

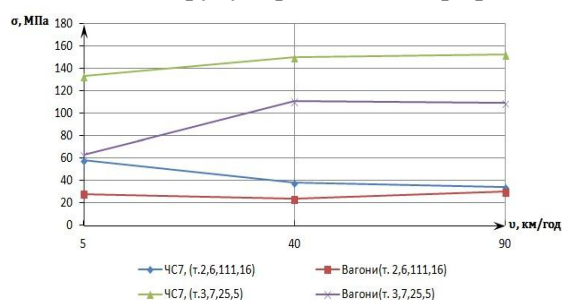


Рис. 9 - Залежність напружень в прутках клеми від швидкості руху (вн. сторона рейкової нитки)

Середнє значення напружень у верхній частині прутка клеми по внутрішній стороні рейкової нитки в залежності від швидкості руху (група точок 2, 6, 111, 16) розподіляються в діапазоні від 28,02 МПа до 57,8 МПа – під локомотивами, від 21,36 МПа до 40,51 МПа – під вагонами. Максимальні спотережувальні значення 58-100 МПа – під локомотивами, 53-75 МПа – під вагонами.

Значення напружень в нижній частині прутка клеми по внутрішній стороні рейкової нитки (група точок 3, 7, 25, 5) розподіляються від 64,2 МПа до 152,4 МПа – під локомотивами та від 114 МПа до 144 МПа – під вагонами. Максимальні спотережувальні 135-426 МПа – під локомотивами, та 187-416 МПа – під вагонами.

Встановлено, отримані значення напружень в прутках клеми по внутрішній стороні рейкової нитки у верхній частині прутка клеми на 62 % менші ніж напруження у нижній частині прутка клеми – під локомотивами, та на 72 % - під вагонами.

В загальному, аналізуючи опрацьовані дані, встановлено, що середні значення напружень у верхній частині прутка клеми по внутрішній стороні рейкової нитки на 45 % більше ніж по зовнішній частині рейкової нитки – під локомотивами, та на 4 % більше – під вагонами. Середні значення напружень у нижній частині прутка клеми по внутрішній стороні рейкової нитки на 58 % більше чим по зовнішній стороні – під локомотивами, та на 50 % більше – під вагонами.

Порівняння результатів розрахунку напруженого стану в клемах у вузлі скріплення типу КПП-5 по розробленій моделі та експерименту

Для перевірки достовірності математичної моделі, розробленої на основі теорії моделювання методом кінцевих елементів (далі МКЕ) були виконані розрахунки у відповідності з конструкцією дослідної ділянки.

У зв'язку з цим була створена математична модель залізничної колії із проміжним рейковим скріпленням типу КПП-5, яка враховувала особливості її роботи при використанні теорії МКЕ [12, 13, 17]. Геометричні розміри проміжних елементів ділянки залізничної колії, що закладались в модель як вихідні дані, для розрахунку приймалися згідно нормативних креслень, які представлені відповідно у [6, 7].

На рисунках 10-13 наочно представлені результати розрахунків відповідно по МКЕ та експерименту і їх порівняння.

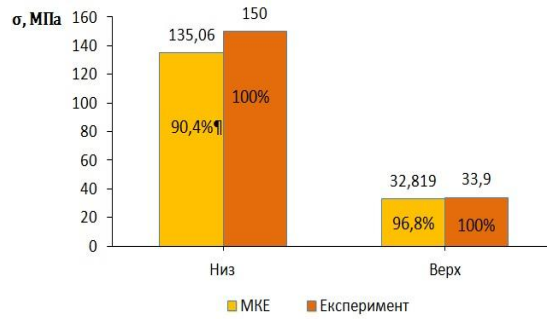


Рис. 10 – Напруження в клім 1 (вн. стор. р. н) при різних методиках для локомотивів

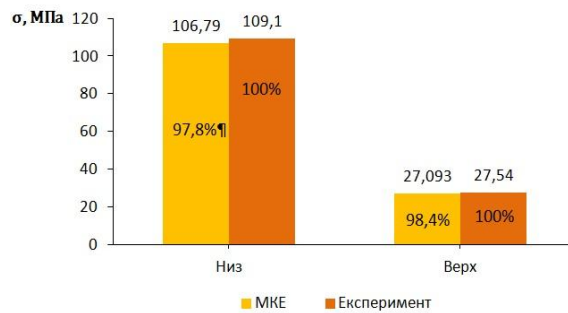


Рис. 11 – Напруження в клім 1 (вн. стор. р. н) при різних методиках для вагонів



Рис. 12 – Напруження в клім 2 (зн. стор. р. н) при різних методиках для локомотивів

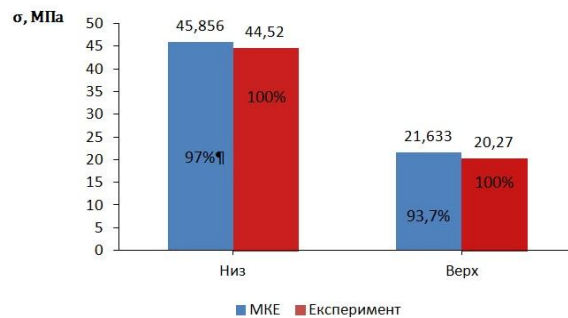


Рис. 13 – Напруження в клім 2 (зн. стор. р. н) при різних методиках для вагонів

Відповідно із вище отриманими значеннями можна зробити висновок, що в місцях технологічних згинів прутка клеми, де виникають максимальні напруження від кручення, під час експлуатації будуть виникати концентратори напружень в металі клеми, що в подальшому до втрат клемою своїх пружних властивостей з одночасною появою релаксації [5, 9].

Результати

Згідно з проведених експериментальних досліджень залізничної колії із скріпленням типу КПП-5 встановлено: максимальні значення бічних сил не перевищують 81,3 кН, вертикальні – 170,7 кН.

Середні значення напружень в рейках розподіляються в діапазоні 130-172 МПа – під локомотивами, та 95,8-162 МПа – під вагонами.

Діапазон середніх значень вертикальних осьових прогинів рейки коливається в межах 1,2 – 1,7 мм, горизонтальних віджимань в діапазоні 0,7-1,9 мм.

Середні значення напружень в прутках клем по зовнішній стороні рейкової нитки на 48-50 % менше чим напруження, які виникають в прутках клеми по внутрішній стороні рейкової нитки.

Наукова новизна та практична значимість

В даній роботі вперше було отримані положення та експериментальні результати роботи залізничної колії із скріпленням типу КПП-5. Це дозволило більш чітко дослідити та проаналізувати роботу проміжних елементів вузла скріплення а саме найбільш імовірні місця появи напруженого стану в прутках клеми. Це пояснюється тим, що клеми являються одним із основних елементів у вузлі скріплення, стабільність роботи яких суттєво впливає на силовий ланцюжок – «рейка-клема-прокладка», і на надійність роботи залізничної колії в цілому.

Одночасно від цього буде забезпечуватись безпека руху на залізничному транспорті.

Висновки

В цілому по експериментальних дослідженнях встановлено, динамічні бокові, вертикальні сили, вертикальні і горизонтальні прогини рейки, зафіксовані під час досліджень не перевищують гранично-допустимих згідно [14].

Напруження, що виникають в прутках клем типу КПП-5 у вузлі рейкового скріплення типу КПП-5 в основному не перевищують максимальних допустимих згідно з [2].

Згідно з експериментальними та теоретичними дослідженнями підтверджується стабільність роботи залізничної колії із скріпленням типу КПП-5 в ділянках колії радіусом $R=400\text{ м}$. Одночасно з цим буде і забезпечуватись безпека руху на залізничному транспорті з точки зору взаємодії колії та рухомого складу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балух Х. Диагностика верхнего строения пути / Пер. с польск. И. В. Шварца. Под ред. М. Ф. Вериги. – Транспорт., 1981. – 415 с.
Baluch H. Diagnostika verhnego stroeniya puti [Diagnosis of the permanent way] / Trans. with Pol. I. Schwartz. Ed. MF Verigo. - Transport., 1981. - 415 p.
2. Говоруха, В. В. Создание и внедрение упругих элементов промежуточного крепления рельсового пути. / В. В. Говоруха // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2003. – Вип. 2. – С. 162–171.
V. V. Govorukha Sozdanie i vnedrenie uprugih elementov promezhutochnogo skrepleniya relsovogo puti [Creation and implementation of elastic elements of the

intermediate bonding track]. News DNURTu. - М.: 2003. № 2. - S. 162-171. koy conference with international participation D.: 2013 p. 198-201.

3. Гурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2005. – 479 с.

Gourmet V. E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Theory of Probability and Mathematical Statistics] Text: studies. manual for schools / VE Gmurman. - М.: Higher. wk., 2005. - 479 p.

4. Ершков О. П. Исследование жесткости железнодорожного пути и ее влияние на работу рельсов в кривых участках / О. П. Ершков. Труды ВНИИЖТа. – М.: Издательский отдел ЦНИИ МПС., 1963. – Вып. № 264. – 152 с.

Ershov A. P. Issledovanie zhestkosti zheleznodorozhnogo puti i ee vliyanie na rabotu relsov v krivyyih uchastkah [Investigation of railway track stiffness and its impact on the work of rails in curved sections] / O. P. Ershkov. Proceedings VNIIZhT. - М.: Publishing Department Central Research Institute of the Ministry of Railways., 1963. - Vol. № 264. - 152.

5. Оцінка параметрів пружної клеми марки КП-5.2 / М. Д. Костюк., В. В. Рибкін., І. О. Бондаренко., Н. М. Івченко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2003. – Вип. 2. – С. 11–17.

M. D. Kostiuk, V. V. Rybkin, I. A. Bondarenko, N. M. Ivchenko. Otsinka parametriv pruzhnoyi klemy marky KP-5.2 [Estimation of parameters of the terminal KP-5.2] Bulletin DNURT - D.: 2003. № 2 - p. 11-17.

6. Інструкція з укладання та утримання рейкової колії з рейками типу Р65, UIC60 і пружним проміжним скріпленням типу КПП-5 та високоміцними ізолюючими стиками (ЦП-0104) / С. М. Демченко, В. Л. Піскунов, О. В. Саєнко, В. О. Сестринський – Київ: Транспорт України, 2003. – 46 с.

Instruksiya z ukladannya ta utrymannya reukovoyi kolii z reukamy typu R65, UIC60 i pruzhnyum promizhnyum skriplennyam typu KPP-5 ta vysokomitsnymy izolyuyuchymy stykamy (TsP-0104) [Instructions for laying and maintenance of rail track with rails type P65, UIC60 and elastic intermediate fastening of type KPP-5 high-strength and insulating joints] (ЦП-0104) / SM Demchenko, V.L. Piskunov, O. Saenko, V. A. Nursing / - К.: Transport of Ukraine, 2003. - 46 p.

7. Практичні рекомендації щодо проведення вхідного контролю якості матеріалів верхньої будови колії [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 30.01.2003 № ЦП-7/72 / Мін-во трансп. України. – Д.: Арт-прес., 2003. – 196 с.

Praktychni rekomendatsiyi shchodo provedennya vkhidnoho kontrolyu yakosti materialiv verkh'n'oyi budovy kolii [Practical recommendations for input testing overhead structure built] Text: Shutter.: Order of 30.01.2003 № Railways CB-7/72 / Min-su transp. Ukraine. - D.: Art Press., 2003. - 196 p.

8. Проведення випробувань піввагона моделі 12-7039-01 та вагона для зерна моделі 19-7053, виготовлених ПАТ «КВБЗ». Наказ від 19.02.2013 за № 87/Н.

Provedennya vyprobuvan' pivvahona modeli 12-7039-01 ta vahona dlya zerna modeli 19-7053, vyhotovlenykh PAT «KVBZ» [Testing gondola model 12-7039-01 and tipping wagon model 19-7053, manufactured PAT "KVBZ."] Order of 02.19.2013, № 87 / Н.

9. Рибкін, В. В. Оцінка втомлено-міцнісних характеристик елементів вузла проміжного рейкового скріплення типу КБ-65 та КПП-5 при повторно-змінних циклах навантаження конструкції / В. В. Рибкін, І. О. Бондаренко, Р. В. Маркуль /

Пробл. взаємодії колії та рухомого складу, присвяченій 100-річчю проф. М. А. Фрішмана. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2013. – С. 39–40.

Rybkin V.V, Bondarenko I. A, Marcul R. V. Otsinka vtomleno-mitsnistnykh kharakterystyk elementiv vuzla promizhnoho reykovoho skriplennya typu KB-65 ta KPP-5 pry povtorno-zminnykh tsyklakh navantazhennya konstruktsiyi [Nuclear Site Assessment of the effect of lateral-horizontal force transmitted to the node intermediate rail fastening type KB and KPP-5] / Rybkin V. V, Bondarenko I. A, Marcul R. V. Nuclear Site in / proc International Scientific Conference "Problems of interaction track and rolling stock", dedicated to the 100th anniversary of prof. Frishman MA., Izd Dnipropetrovsk National University of Railway Transport ac. V. Lazaryan. D.: 2013.S. 38-39

10. Рибкін, В. В. Надійність залізничної колії : навч. посіб. / В. В. Рибкін, І. О. Бондаренко, Д. М. Курган. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2013. – 154 с.

Rybkin V.V. Nadiynist' zaliznychnoyi kolyi [Reliability railway line] [text]: Tutorial / V.V. Rybkin, I. A. Bondarenko, D. N. Kurgan - D.: Izd Dniepropetrovsk. nat. Univ. railway transp. im. Ac. V. Lazaryan, 2013 154 p.

11. Рибкін, В. В. Оцінка впливу величини бічної-горизонтальної сили, що передається на вузол проміжного рейкового скріплення типу KB та KPP-5 / В. В. Рибкін, І. О. Бондаренко, Р. В. Маркуль / Пробл. взаємодії колії та рухомого складу, присвяченій 100-річчю проф. М. А. Фрішмана : пр. міжнарод. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2013. – С. 38–39.

V. V. Rybkin, I. A. Bondarenko, R. V. Markul G. V. Otsinka vplyvu velychyny bichnoyi-horizontal'noyi syly, shcho peredayet'sya na vuzol promizhnoho reykovoho skriplennya typu KB ta KPP-5 [Evaluation wearily and strength characteristics of the elements of the intermediate rail fastening type KB-65 and KPP-5 again-variable load cycles design] / V. V. Rybkin, I. A. Bondarenko, R.V. Markul, In / Proceedings of International scientific-practical conference "problems of interaction between the track and rolling stock", dedicated to the 100th anniversary Professor M. A. Frishman., Publishing house of Dnipropetrovsk national University of railway transport named after AK. V. Lazaryan., D. 2013. P. 39-40.

12. Розин Л. А. Метод конечных элементов. [Текст] / Л. А. Розин // Сорсовский образовательный журнал. – 2000 - №4. – С. 120-127.

Rosin L. A. Metod konechnykh elementov [Finite Element Method]. [Text] / LA Rozin // Sorsovsky educational journal. - 2000 - №4. - S. 120-127.

13. Стренг Г. Теория метода конечных элементов [Текст] / Г. Стренг, Дж. Фикс. – М.: Мир., 1977. – 349 с.

Strang G. Teoriya metoda konechnykh elementov [Theory of Finite Element Method] [Text] / G. Strang, J.. Fix. - M. : Mir., 1977. - 349 p.

14. Технічні вказівки з проведення натурних випробувань рухомого складу на колію та стрілочні переводи [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 04.03.2010 №028 ЦЗ / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2010. – 17 с.

Tekhnichni vkazivky z provedennya naturnykh vyprobuvan' rukhomoho skladu na kolyu ta strilochni perevody [Technical guidance on conducting field tests of rolling stock on the track and turnouts]. [Text]: Shutter. : Order of 04.03.2010 №028 Railways SH / Min-su transp. and Communications of Ukraine. - K., 2010. - 17 p.

15. Технічні вказівки щодо оцінки стану рейкової колії за показниками колієвимірвальних вагонів та забезпечення безпеки руху поїздів при відступах від

норм утримання рейкової колії. ЦП0020 [Текст]: Затв: Наказ Укрзалізниці 17.01.2005 № 9-Ц / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2005. – 48 с.

Tekhnichni vказivky shchodo otsinky stanu reykovoyi koliyi za pokaznykamy koliyevymiryuval'nykh vahoniv ta zabezpechennya bezpeky rukhu poyizdiv pry vidstupakh vid norm utrymannya reykovoyi koliyi. TsP0020 [Technical guidelines for assessment of rail track by track measuring performance cars and to ensure traffic safety in deviation from the norms of rail track maintenance. TSP0020]. [Text]: Shutter: Order Railways 17.01.2005 № 9-C / Min-su transp. and Communications of Ukraine. - K., 2005. - 48 p.

16. Укладання в колію 10 шпал типу СБ-3 під скріплення типу КПП-5 в межах кругової кривої з'єднувальної гілки Нижньодніпровськ вузол – Самарівка (195 км ПК 8) Придніпровської залізниці для поведення випробувань взаємодії рухомого складу та колії із скріпленням типу КПП-5. Наказ від 22.04.2013 за № ПС04/1069.

Ukladannya v koliyu 10 shpal typu SB-3 pid skriplennya typu KPP-5 v mezhakh kruhovoyi kryvoyi z"yednyuval'noyi hilyky Nyzhn'odniprovs'k vuzol – Samarivka (195 km PK 8) Prydniprovs'koyi zaliznytsi dlya povedennya vyprobuvan' vzaemodiyi rukhomoho skladu ta koliyi iz skriplenniam typu KPP-5 [The conclusion of a 10 gauge sleepers type SB-3 during bonding type PPC-5 within the circular curve z'yednyuval'noyi branches Nizhnedneprovsk node - Samarivka (195 miles PC 8) Dnieper railway povedennya to test the interaction of rolling stock and track type with a fastening KPP-5]. Order of 04.22.2013, № PS04 / 1069.

17. Численные методы в механике / за ред. Н. Г. Сурьянникова. М.: Мир., 2004. – 564 с.

Chislennyye metody v mehanike [Numerical Methods in Mechanics] / for Ed. NG Suryaninova. M.: Mir., 2004. - 564 p.

УДК 625.143-047

М. П. НАСТЕЧИК¹, Р. В. МАРКУЛЬ^{2*}

¹Каф. «Колія та колійне господарство» Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 31, ел. пошта nastechik_mr@mail.ru, ORCID 0000-0002-4178-6092

^{2*} Каф. «Колія та колійне господарство» Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 31, ел. пошта guaranga_mr@mail.ru, ORCID 0000-0002-7630-8963

«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ІЗ ПРОМІЖНИМ РЕЙКОВИМ СКРІПЛЕННЯМ ТИПУ КПП-5»

Мета. Одним із основних видів скріплення, яке ввійшло в постійну експлуатацію є проміжне рейкове скріплення типу КПП-5. Дані попередніх експериментальних досліджень достовірно не давали чітких науково-обґрунтованих результатів роботи вузла скріплення. Тому метою являється розробка та обґрунтування методики проведення експериментального дослідження роботи вузла скріплення типу КПП-5 з детальною оцінкою місць появи напруженого стану в його елементах під час експлуатації. **Методика.** В основі експериментального дослідження роботи залізничної колії із проміжним

рейковим скріпленням типу КПП-5 виникає необхідність у виборі дослідної ділянки колії, замірюванні параметрів утримання колії, обґрунтування місць установки вимірювальних приладів. Результати. З допомогою проведених експериментальних досліджень, були визначені та обґрунтовані такі значення: бокових сил, вертикальних сил, напружень в рейках вертикальні прогини та горизонтальні віджимання рейкових ниток. Всі попередньо отримані експериментальним способом значення не перевищують гранично-допустимих величин згідно з [14]. Наукова новизна. На сьогоднішній день в даній роботі вперше були отримані положення та експериментальні результати роботи залізничної колії із скріпленням типу КПП-5. Це дозволило більш чітко дослідити та проаналізувати роботу проміжних елементів вузла скріплення, а саме найбільш імовірні місця появи напруженого стану в прутках клеми. Практична значимість. Отримані в даній роботі експериментальні результати дозволили практично в повній мірі дослідити роботу залізничної колії із проміжним рейковим скріпленням типу КПП-5, особливо дослідити роботу пружних клем типу КП-5, як основних елементів у вузлі скріплення.

Ключові слова: проміжне скріплення типу КПП-5, пружна клема, експериментальні дослідження, напружений стан.

УДК 625.143-047

М. П. НАСТЕЧИК¹, Р. В. МАРКУЛЬ^{2*}

¹Каф. «Путь и путевое хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 31, эл. почта nastechik_mp@mail.ru ORCID 0000-0002-4178-6092

^{2*}Каф. «Путь и путевое хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 31, эл. почта guaranga_mr@mail.ru ORCID 0000-0002-7630-8963

«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ РЕЛЬСОВЫМ СКРЕПЛЕНИЕМ ТИПА КПП-5»

Цель. Одним из основных видов скрепления, вошедшее в постоянную эксплуатацию является промежуточное рельсовое скрепление типа КПП-5. Данные предыдущих экспериментальных исследований достоверно не давали четких научно обоснованных результатов работы узла скрепления. Поэтому целью является разработка и обоснование методики проведения экспериментального исследования работы узла скрепления типа КПП-5 с детальной оценкой мест появления напряженного состояния в его элементах во время эксплуатации. Методика. В основе экспериментального исследования работы железнодорожного пути с промежуточным рельсовым скреплением типа КПП-5 возникает необходимость в выборе опытного участка пути, замере параметров содержания пути, обоснование мест установки измерительных приборов. Результаты. С помощью проведенных экспериментальных исследований, были определены и обоснованы следующие значения: боковых сил, вертикальных сил, напряжений в рельсах вертикальные прогибы и горизонтальные отжима рельсовых нитей. Все ранее полученные

экспериментальным способом значения не превышают предельно допустимых величин по [14]. Научная новизна. На сегодняшний день в данной работе впервые были получены положения и экспериментальные результаты работы железнодорожного пути со связыванием типа КПП-5. Это позволило более четко исследовать и проанализировать работу промежуточных элементов узла скрепления, а именно наиболее вероятные места появления напряженного состояния в прутках клеммы. Практическая значимость. Полученные в данной работе экспериментальные результаты позволили практически в полной мере исследовать работу железнодорожного пути с промежуточным рельсовым скреплением типа КПП-5, особенно исследовать работу упругих клемм типа КП-5, в качестве основных элементов в узле крепления.

Ключевые слова: промежуточное скрепление типа КПП-5, упругая клемма, экспериментальные исследования, напряженное состояние.

UDK 625.143-047

N. P. NASTECHIK¹, R. V. MARCUL^{2*}

¹Dep. «Road and track facilities, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 31, e-mail nastechik_mp@mail.ru
ORCID 0000-0002-4178-6092

^{2*} Dep. «Road and track facilities», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 31, e-mail guaranga_mr@mail.ru
ORCID 0000-0002-7630-8963

«EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INTERACTION OF ROLLING STOCK AND RAILWAY TRACK WITH INTERMEDIATE RAIL FASTENINGS TYPE КПП-5»

Purpose. One of the main types of bonding that has come into operation is an intermediate rail fastening type CAT-5. Data from previous experimental studies reliably prevented clear science-based performance bonding site. Therefore, the aim is to develop a methodology and rationale of the pilot study work node bonding type CAT-5 with a detailed assessment of the appearance of places stress state in his cell during operation. Methodology. In the pilot study of railway track with intermediate rail fastening type CAT-5 there is a need in the selection of the pilot area the way, measurements of parameters of track, study places measurement devices. Findings. By means of experimental studies have been identified and justify the following: lateral forces, vertical forces, the stresses in vertical deflection rails and horizontal rails spin filaments. All previously obtained experimental method values do not exceed the limit values according to [14]. Originality. To date, in this paper were first obtained by the position and the experimental results of the railway track staple type КПП-5. This allowed more clearly examine and analyze the work of the intermediate elements binding site, namely the most likely place the appearance of the stress state in the terminal bars. Practical value. In keeping in this paper experimental results have allowed almost fully investigate the work of railway track with intermediate rail fastening type КПП-5, especially to explore the work of elastic-type terminals КП-5, as essential elements in the node mounting. Stable operation which significantly affects the power chain - "terminal-rail pad", and the reliability of the whole railway. At the same time from that provided traffic safety on the railways.

Key words: with intermediate rail fastening type КПП-5, the elastic terminal, experimental research, the state of stress.