

Володимир Демченко^{1*}, Сергій Гулак², Олексій Демченко³, Денис Заїка⁴

¹ Доцент, Кафедра Електромеханіка та рухомий склад залізниць, Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-2478-364X>

² Доцент, Кафедра Електромеханіка та рухомий склад залізниць, Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-2294-5676>

³ Аспірант, Кафедра Залізничної колії та колійного господарства, Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. <https://orcid.org/0000-0001-5344-9301>

⁴ Аспірант, Кафедра Електромеханіка та рухомий склад залізниць, Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0693-9580>

* Автор, відповідальний за листування: dem4enko.vo@gmail.com

ВПЛИВ ПРОФІЛЮ КОЛЕСА ТА ТВЕРДОСТІ НА СТІЙКІСТЬ КОЛІЇ З РІЗНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ СКРІПЛЕНЬ

Анотація. Виконані експериментальні дослідження щодо встановлення технічних параметрів проміжних рейкових скріплень щодо забезпечення поздовжньої стійкості рейкових ниток, встановлення технічних параметрів проміжних рейкових скріплень щодо забезпечення поздовжньої стійкості рейкових ниток. Проаналізовані дослідження впливу технічних характеристик твердості при взаємодії рейки та колеса і їхнього впливу на рівень поздовжніх сил взаємодії між елементами колії та коліс рухомого складу в експлуатації на залізницях України. Після початку експлуатації колісних пар з збільшеним значенням твердості порушилося оптимальне співвідношення твердості рейкової і колісної сталі. З різних джерел щодо взаємодії рейки та колеса відомо, що кращу зносостійкість в парі тертя виявляють метали з приблизно однаковою твердістю. На основі отриманих даних виконані розрахунки та проведений їхній аналіз з розробкою рекомендацій щодо подальшої експлуатації.

Ключові слова: рейкова колія, стійкість руху, горизонтальні сили, поздовжні сили, проміжні скріплення.

Вступ. Залізничний транспорт України розвинута галузь господарства з потужною інфраструктурою. Крім того, на українських залізницях досить складні умови експлуатації, які характеризуються суміщеним рухом поїздів, при якому одними магістралями рухаються як пасажирські поїзди, так і вантажні поїзди. Все це ускладнює умови експлуатації. Тому проблема взаємодії рейок з колесами є досить актуальною і на даний час.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Підвищений знос пари «рейка – колесо», зменшення життєвого циклу бандажа, обумовило виникнення великої кількості досліджень з проблем зниження силової та фрикційної взаємодії в системі «колесо – рейка», яка на даний час окрім значної економічної складової має безпосередній вплив на безпеку руху. Наведено аналіз впливу змінних умов експлуатації та технічних характеристик взаємодії пари «рейка – колесо» на знос поверхні катання коліс та поверхні кочення рейок.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи полягає у визначенні впливу твердості взаємодіючих елементів на їхній знос, при різних конструкціях скріплень та різних ступенях зносу колісних пар. Із зміною значення твердості поверхні кочення колісних пар порушилось оптимальне співвідношення твердості рейки та коліс рухомого складу в результаті виникло

підвищення зношування елементів які мають менше значенням твердості. Відповідно до мети в роботі були поставлені такі завдання дослідження: встановлення технічних параметрів скріплень щодо забезпечення стійкості рейкових ниток. Дослідження проводились у декілька етапів:

1. Підбір ділянок для проведення експериментальних досліджень з різними конструкціями ВБК при різних експлуатаційних умовах.

2. Розробка методики проведення експериментальних досліджень щодо стійкості колії та зміни профілю колісних бандажів у процесі експлуатації.

3. Проведення експериментальних досліджень щодо стійкості колії та параметрів колісних пар локомотивів.

4. Обробка отриманих даних їх аналіз та розрахунки силової взаємодії.

Узагальнення результатів дослідження, формування висновків та розробка рекомендацій. Виходячи з мети дослідження основними критеріями для вибору експериментальних ділянок були: тип проміжного скріплення, вантажонапруженість, пропущений тоннаж.

Основні експериментальні дослідження проводились на безстиківій колії в межах магістральних ділянок залізниці та в локомотивному депо. Крім того частина експериментальних даних була отримана на контрольних ділянках розміщених на виробничо-навчальному полігоні університету, що містить ділянки колії зі скріпленнями типів: КБ, КПП-1(СБ-3), КПП-5.

Окремо підбрано ділянки з найбільшою вантажонапруженістю, які розглядалися при обґрунтуванні розширення сфер застосування скріплення КПП-5. Основними характеристиками ділянок були безстикова колія, рейки типу Р-65, УІС60, шпали залізобетонні, баласт щебенивий, проміжні рейкові скріплення типі: КБ, КПП-1(СБ-3), КПП-5, вантажонапруженість ділянок від 20 до 60 та вище млн. т км бруто/ км за рік, швидкість руху пасажирських від 100 до 160 км/год, вантажних – 70 і 80 км/год, рухомий склад який занходиться в експлуатації на залізницях України – типові конструкції вагонів; локомотиви ВЛ-80, ЧС-4, ЧС-8, ДС-3; електропоїзди: Hyundai Rotem, ЕКр1 «Тарпан».

У процесі експлуатації елементи проміжного рейкового скріплення піддаються постійному динамічному впливу в процесі чого виникають залишкові деформації.

Основною задачею є встановлення фактичного стану елементів проміжних скріплень і залізобетонних шпал, знаходження максимальної сили опору рейки поздовжньому переміщенню, які забезпечуються скріпленнями при різних умовах експлуатації [1].

Проаналізувавши динаміку сучасного розвитку вимірювальних систем профілю коліс, можна зробити висновок, що на теперішній час засоби, що застосовуються для контролю поверхні кочення колісних пар мають потужні джерела випромінювання, сприйняття фото зображень, швидкодіючі пристрої оброблення інформації, що дало змогу збільшити точність вимірювань [5, 6].

Основними елементами систем являються засоби обробки отриманої інформації та джерела випромінювання. Із наведеної таблиці 1 видно що значення швидкості рухомого складу для різних систем значно відрізняються і мають великий діапазон, але вони достатні щоб вимірювання проводились під час руху [7].

Таблиця 1. Технічні характеристики систем контролю параметрів колісних пар

Система	Параметри які вимірюються	Похибка вимірювання, мм	Швидкість руху рухомого складу, км/год
Tread View	Профіль колеса, висота и товщина гребеня	±0,5	8
WPMS	Висота и товщина гребеня, товщина обода, прокат на поверхні кочення		60
WheelSpec	Профіль колеса, висота и товщина гребеня, діаметр колеса, товщина обода, прокат на поверхні кочення, повзуни	Нема даних	100
WIS	Профіль и діаметр колеса, висота и товщина гребеня, товщина обода	>±0,2; для діаметра колеса ±0,4	80

Argus	Профіль и діаметр колеса, повзуни, форма коліс	±0,2	12
WheelScan	Висота и товщина гребеня, товщина обода, ширина поверхні кочення яка зношується	±0,05	30

Для безпосереднього проведення експериментальних досліджень розроблена методика виконання робіт на діючих ділянках залізничної колії. Для вимірювання параметрів колісних пар використовувався лазерний профілометр (рис. 1, а) [8, 9].

Щоб змоделювати роботу рейкових ниток на поздовжній зсув, потрібно створити відповідну силову дію, що відповідає характеру реальних процесів взаємодії колії і рухомого складу, для передавання сили на рейку було використано гідравлічний колійний пристрій створений на базі гідравлічного розгонщика стикових зазорів РЗ 25 110 (рис. 1, б).

Знаходження зусилля, яке передається на рейку визначалося за показаннями гідравлічного манометра який був підключений в гідравлічну систему приладу [14]. Через значення тиску знаходились відповідні величини сил. Навантаження поступово збільшувалось до того моменту поки не відбудеться зрив рейки і подальший її зсув по елементах скріплення, це значення і вважалося за критичну силу при якій втрачається поздовжня стійкість рейки.

На діючих ділянках безстикової колії виконувались на розрядних ланках між рейковими плітьми. З точки зору оцінки роботи скріплень такі ділянки більш виражено демонструють можливості скріплень оскільки піддаються найбільшим динамічним навантаженням і їх умови роботи є важчими [2].

Роботи із дослідження поділяються на підготовчі, основні та заключні. В підготовчий період виконується огляд колії, визначається стан баластного шару, шпал, елементів скріплення, визначається кількість непридатних та дефектних, перевіряється величина стикових зазорів. Результати огляду заносяться в журнал фіксації отриманих даних для подальшої обробки і узагальнення. Намічається певна кількість скріплень, що будуть задіяні у випробуваннях. Дані скріплення залишаються закріпленими і рівномірно розподіленими по довжині рейки.

Дослідження виконуються при температурі рейок близької до температури закріплення. Пристрій розміщується над стиком так, щоб середина приладу знаходилась над зазором, і виконуються вимірювання тиску тиску який збільшується до того моменту поки в контрольних перерізах відбудеться зміщення підшви рейки відносно фіксованих точок. Після фіксації значень тиску припиняється переміщення рейки, пристрій переміщується в інше місце для виконання досліджень.

При виконанні експериментальних вимірювань обробка отриманих результатів виконувалась за наведеним нижче алгоритмом:

1. Отримання показань тиску відповідно до розробленої технології проведення експерименту.

2. Виконується розрахунок поздовжньої сили опору переміщенню рейкових ниток.

3. Визначення поздовжнього утримуючого зусилля, що створюється одним скріпленням.

Розрахунок величини погонного опору поздовжньому зсуву рейкових ниток.

Особливості проведення досліджень, що враховуються при опрацюванні отриманих результатів:

навантаження створене спеціальним гідравлічним приладом передається на усі закріплені скріплення рівномірно, оскільки пружний перерозподіл діючих зусиль рейковою ниткою незначний;

відносною зміною довжини рейкової нитки можна знехтувати;

частина сили, необхідна для подолання сил тертя в накладках стикового скріплення не враховується, оскільки стикові болти розкручені та вибиті з потаїв;

для нівелювання впливу сил опору, що створюються розкріпленими проміжними скріпленнями між рейкою і підкладкою чи шпалою вкладаються коткові опори;

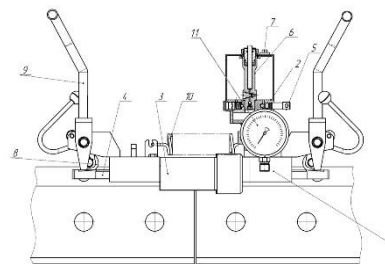
вимірювання проводились при температурі рейкових ниток близькій до температури закріплення при якій виключаються випадки злитих та надмірно розтягнутих зазорів в стиках й впливу температурних сил;

контроль переміщень рейкових ниток виконувався в розмічених перерізах відносно підрейкових опор

складність виконання розрахунків щодо впливу профілю та твердості поверхні колеса на силову взаємодію з рейками.



а)



б)

Рис. 1. Лазерний профілометр а) та схема спеціального гідравлічного пристрою для проведення експериментальних випробувань б)

1 – корпус, 2 – бак для масла, 3 – гідроциліндр, 4 – клини затискні, 5 – клапан перепускний, 6 – насос, 7 – сапун, 8 – ролик, 9 – важіль, 10 – пружина стяжна, 11 – манометр гідравлічний

Для більш повного і широкого дослідження роботи скріплення проведено вимірювання величини зносу елементів. Величини зносу елементів скріплення визначалися шляхом різниці натурних вимірювань і нормативних. Натурні вимірювання виконувались безпосередньо на колії шляхом їх тимчасового вилучення з колії.

Проводились безпосередні вимірювання геометричних розмірів підрейкових прокладок та ізолюючих вкладишів, оскільки вони виготовлені з найбільш зношувальних матеріалів та їх стан великою мірою впливає на працездатність скріплення в цілому [3]. Геометричні вимірювання пружної клеми в даних дослідженнях не виконувались, оскільки за геометричними показниками об'єктивно оцінити працездатність клеми неможливо.

На ділянках колії натурні вимірювання виконувались *при суцільній заміні елементів скріплення* типу КПП-5, що дозволило технологічно виконати велику кількість вимірювань.

При цьому одночасно виконувався технічний супровід, фіксація результатів досліджень. Перевірялися наявність пружних клем та щільність притискання ними рейкових ниток. Розміри вкладиша ізолюючого визначалися за допомогою штангенциркуля колійного товщина ніжки вкладиша та товщина вкладиша у перетині під клемою *визначалася у найбільш зношеному місці*. Всі результати дослідження були опрацьовані та узагальнені за відповідними ознаками.

Аналіз даних показує, на експериментальних ділянках часто зустрічається висока дефектність з/б шпал, крім того є велика кількість непридатних шпал – до 13 %, які потребують заміни, в процесі експлуатації відмічається відносно велика кількість непридатних скріплень та їх елементів, яка в деяких випадках складає від 9 до 20 і більше %; на переважній кількості досліджених ділянок в зоні стиків спостерігається підвищений вихід скріплень у непридатні, при різних типах скріплення КПП-1 (СБ-3), КПП-5, КБ відсоток непридатних скріплень при однакових умовах експлуатації у середньому має подібний рівень, також варто відмітити зростання рівня дефектності скріплення на ділянках з вищою вантажонапруженістю [4] та

експлуатацією коліс із збільшеною твердістю [11, 12, 13]. В роботі [15] на основі аналізу світового досвіду та експериментальних досліджень дійшли висновку: підвищення твердості колеса на 1 НВ в збільшує зношування взаємодіючої пари рейки та колеса на 1 – 2 %.

Оскільки основною метою експериментального дослідження є оцінка працездатності скріплень при їх роботі на утримання рейкових ниток в поздовжньому напрямку, відповідно й забезпечення поздовжньої стійкості безстикових плітей – виникає питання впливу кількості включених в роботу рейкових скріплень на величину сили опору поздовжньому зсуву [10].

Відповідно при виконанні експериментальних досліджень по довжині рейкових ниток до яких прикладалось поздовжнє зусилля залишалась різна кількість працездатних скріплень, що дає можливість співставити залежності сил опору від кількості прикріплювачів [14].

За отриманими результатами досліджень були побудовані залежності поздовжніх утримуючих сил від кількості проміжних рейкових скріплень для різних дослідних ділянок, які відрізняються експлуатаційними умовами та конструктивними особливостями колії (рис. 2, 3).

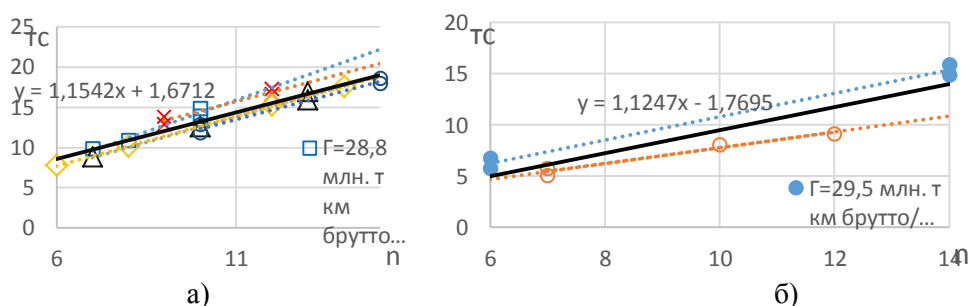


Рис. 2. Залежність поздовжніх утримуючих сил від кількості включених у роботу проміжних рейкових скріплень: а) типу КБ, б) типу КПП-1

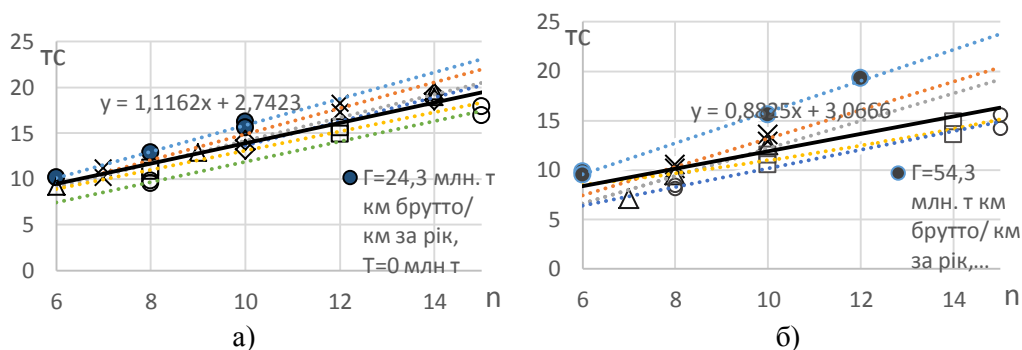


Рис. 3. Залежність поздовжніх утримуючих сил від кількості включених у роботу проміжних рейкових скріплень типу КПП-5 при вантажнапруженості більше: а) 30 млн.т км брутто/ км за рік б) 50 млн.т км брутто/ км за рік

Задача визначення горизонтальних сил взаємодії коліс і рейок в поєднанні із врахуванням профілю та твердості є досить складною, тому результати розрахунків виконувались з доповненням в алгоритм вже існуючої методики розрахунку геометричних характеристик зношеного профілю за спрощеним методом не завжди співпадали із результатами, які отримувались експериментальним шляхом [13].

Числові значення сил взаємодії отримані із використанням програмного пакету Maple. Розрахунки виконувались із врахуванням стану твердості та геометричної поверхні кочення колісних пар локомотивів, які були відповідно розділені на колеса з новим профілем,

середньозношеним та зношеним. Всі розрахунки проводились із врахуванням взаємодії тягового рухомого складу із двома типами рейок Р65 і УІС60.

При розрахунках сумарних горизонтальних сил отримані результати наведено на рисунку 4. Для ділянок колії з однаковими умовами експлуатації та конструктивними характеристиками спостерігається практично лінійна залежність поздовжніх утримуючих сил від кількості включених у роботу проміжних рейкових скріплень [14]. На основі проведеного аналізу в роботі пропонується використання сучасного обладнання для вимірювання параметрів поверхні кочення коліс, що зменшить метрологічну помилку, яка призводить до необґрунтованого, поспішного обточування бандажів.

Оскільки дослідження проводились на експериментальних ділянках, що мають різні конструктивні характеристики та різні експлуатаційні умови, тому отримані результати були розподілені за відповідними ознаками.

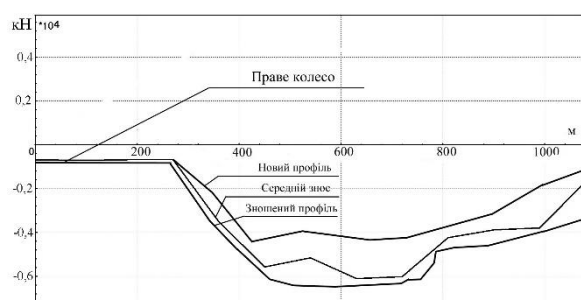


Рис. 4. Значення сумарної поперечної горизонтальної сили

Висновки. Проміжне скріплення типу КБ за умов правильної експлуатації забезпечує достатній погонний опір поздовжньому зсуву рейки, який при пропущеному тоннажі 293 млн т складає в середньому 25,4 кН/м, а при пропущеному тоннажі 488 млн т – 22,1 кН/м; на ділянках, де не забезпечуються встановлені норми утримання скріплень спостерігається зниження погонного опору на величину близько 12 %.

За результатами виконаного аналізу встановлено такі чинники: збільшилась потужність і маса конструкцій колії, збільшилась жорсткість підрейкової основи, збільшилась твердість поверхні взаємодії, колеса та рейки, але слід зауважити що зміна твердості відбулась не пропорційно. Відповідно збільшились величини контактних дотичних напружень у верхніх шарах головки рейки і внаслідок цього зростає інтенсивність накопичення контактнотомлювальних дефектів верхніх шарів поверхні кочення залізничних рейок.

Проміжне скріплення типу КПП-1 (СБ-3) забезпечує погонний опір поздовжньому зсуву рейки на рівні, який при пропущеному тоннажі 220 млн т складає в середньому 19,3 кН/м, а при пропущеному тоннажі 400 млн т – 14,1 кН/м; в порівнянні з типовим скріпленням КБ спостерігається істотне зниження величини погонного опору поздовжнього зсуву рейкових ниток. Можна відмітити, що величина погонного поздовжнього опору 14,1 кН/м наближається до граничної розрахункової межі при якій може бути втрачена поздовжня стійкість рейкових плітей при застосуванні екстреного гальмування.

Проміжне скріплення типу КПП-5 на початковому періоді експлуатації забезпечує надійне притискання рейкової нитки до підрейкових опор нічим не поступаючись скріпленню типу КБ та забезпечує погонний опір поздовжньому зсуву рейки близько 29 кН/м. В процесі експлуатації даного скріплення виявлено різний характер зміни параметрів працездатності на ділянках з різним рівнем вантажонапруженості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Даніленко Е. І. Залізнична колія : Підручник. Київ: Інпрес. 2010. 455 с.
2. Даніленко Е.І., Яковлев В.О., Орловський А.М., Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України ЦП-0138. К. : Транспорт України, 2006. 336 с.
3. Slobodyanyuk M., Gorobchenko O. Structural analysis of territorial transport systems based on classification methods // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 1 No. 4 (103), pp. 23–32. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194158> (last access: 02.12.2021)
4. Даніленко Е.І. Прискорений й швидкісний рух пасажирських поїздів потребує нових раціональних параметрів взаємодіючої пари «колесо-рейка» // Залізничний транспорт України 2012. № 5. С. 7-14.
5. Венедіктов А.З. Бесконтактный контроль параметров колесных пар URL:<http://www.css-rzd.ru/zdm/10-2004/04122-1.htm> (дата звернення : 17.03.2013).
6. Гаврилюк В.И., Гончаров К.В., Вимірювальні системи на транспорті // Залізничний транспорт України, 2002. № 4, С. 28-30.
7. Оценка систем измерения колес // Железные дороги мира, 2003. № 11. С. 41 – 44.
8. Лазерный профилометр поверхности катания колесных пар. URL:<https://riftek.com/ru/products/~show/equipment/railway-devices/railway-wheel-profile-gauge-ikp> (дата звернення: 21.05.2014).
9. Демченко В.О. Вплив профілю колісного бандажа на силову взаємодію з рейковою колією: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.06 / ДЕТУТ. Київ, 2014. 184 с.
10. Демченко В.О., Демченко О.В. Вплив співвідношення твердості на технічні характеристики взаємодії пари «колесо-рейка». // Актуальные научные исследования в современном научном мире 2021. № 7 С. 150-153.
11. Бунькова, Т.Г. Об оптимальном соотношении твердости цельнокатаного колеса грузового вагона и железнодорожного рельса. // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 1. С. 86 – 90.
12. ДСТУ ISO 6001-2015 Колісні пари вантажних вагонів правила технічного обслуговування, ремонту та формування СТП 04-001:2015 [Чинний від 2015]. Київ : Держстандарт України, 2015. 154 с.
13. Демченко В.О. Вплив профілю колісного бандажа на силову взаємодію з рейковою колією: автореф. дис. ... техн. наук : 05.22.06 / ДЕТУТ. Київ, 2014. 25 с.
14. Демченко В.О., Демченко О.В., Експериментальні дослідження поздовжньої стійкості рейкових плітей з різними конструкціями рейкових скріплень Актуальные научные исследования в современном научном мире 2018. № 5 С. 70-79.
15. Марков, Д. П. Повышение твердости колес подвижного состава (предпосылки и перспективы) // Вестник ВНИИЖТа. 1995. № 3. С. 10 – 17.

REFERENCES

1. Danilenko E.I. (2010) Zalipnychna kolyi [Railway track] Kyiv: Inpress [in Ukrainian].
2. Danilenko E.I., & Yakovlev V.O., & Orlovsky A.M., (2006) Instrykciy z ylahytvanny ta utymanny kolii zaliznych Ukraine [Instruction on arrangement and maintenance of the railway track of Ukraine CP-0138] Kyiv: Transport [in Ukrainian].
3. . Slobodyanyuk M., Gorobchenko O.(2020) Structural analysis of territorial transport systems based on classification methods - Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 1 No. 4 (103), 23–32. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194158> (last access: 02.12.2021)
4. Danilenko E.I. (2012). Pruscorennyu ta chyvydkisnyu ruh pasagyrskyh poizdiv potrebye novyhracionalnyh parametriv vzaemodiychoy paru «koleso-reyka» [Accelerated and high-speed movement of passenger trains requires new rational parameters of the interacting pair "wheel-rail"]. Zaliznychnyyu transport Ukrainy – Railway transport of Ukraine, 5, 7-14 [in Ukrainian].
5. Venediktov A.Z. (2013). Bezkontaktnyyu control parametrov kolesnyx par [Contactless control of wheelset parameters]. <http://www.css-rzd.ru/zdm/10-2004/04122-1.htm> [in Russia].
6. Gavriulyuk V.I., & Goncharov K.V. (2006) Vumiryavalni sustemy na transporti – [Vimiruvalny systems on transport] Zaliznychnyyu transport Ukrainy – Railway transport of Ukraine, 4, 28-30 [in Ukrainian].
7. Ozenka sistem izmerenuay koles, Geleznye dorogi mira – Railways of the world, 11,41-44.
8. Lazernyyu profilometr poverhnosti kataniya kolesnyx par [Laser profilometer of the rolling surface of wheelsets] riftek.com/ru. Retrieved <https://riftek.com/ru/products/~show/equipment/railway-devices/railway-wheel-profile-gauge-ikp> [in Ukrainian].

9. Demchenko V.O. (2014). Vplyv profile kolisnogo bandagy na sulovy vzaemodiu z reukovou kolieu [Influence of a profile of a wheel bandage on force interaction with a rail track]: dis. ... *Candidate's thesis* : Kyiv: DUIT [in Ukrainian].

10. Demchenko V.O., & Demchenko O.V. (2021) Вплив співвідношення твердості на технічні характеристики взаємодії пари «колесо-рейка» Vplyv spivvidnoshenny tverdosti na tehnicni charakterystyky paru «koleso-reyka» [Influence of hardness ratio on technical characteristics of wheel-rail interaction]. Aktualnie yauchnie issledovaniya v sovremennom nauchnom mire – Actual scientific research in the modern scientific world, 7, 150-150 [in Ukrainian].

11. Bunkova, T.G. (2011) Ob optimalnom sootnoshenii tverdosti tselnokatanogo koleasa gruzovogo vagona i geleznodorognoho relsa [On the optimal ratio of the hardness of a solid-rolled wheel of a freight car and a railroad rail]. Nauchno-tekhnicheskyy vestnik Povolgya – Scientific and technical bulletin of the Volga region, 4, 86-90 [in Russian].

12. Kolisni paru vantagnux vagoniv pravula texnichnogo obslughovyvannya [Wheelsets of freight cars maintenance rules]. (2015). *DSTU ISO 6001-2015* Kyiv: [in Ukrainian].

13. Demchenko V.O. (2014). Profile kolisnogo bandagy na sulovy vzaemodiu z reukovou kolieu [Influence of a profile of a wheel bandage on force interaction with a rail track]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv: DUIT [in Ukrainian].

14. Demchenko V.O., & Demchenko O.V. (2018) Eksperymentalni doslidzhennya pozdovgnoistyykosti reykovykh plity z riznumu konstrukciyamu reikovuh skriplen [Experimental studies of the longitudinal stability of rail slabs with different designs of rail fasteners] Aktualnie yauchnie issledovaniya v sovremennom nauchnom mire – Actual scientific research in the modern scientific world, 5, 70-79 [in Ukrainian].

15. Markov, D.P. (1995) Povihenie tverdosti koles podvignogo sostava [Increasing the hardness of the wheels of rolling stock]. Vestnik VNIIGTa – VNIIZHT newspaper, 3, 10-17 [in Russian].

Volodymyr Demchenko^{1*}, *Serhiy Hulak*², *Oleksii Demchenko*³, *Denys Zaika*⁴

¹ Associate Professor, Department of Electromechanics and Rolling Stock, The State University of Infrastructure and Technology, Kyrylivska street, 9, Kyiv, 04071, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0002-2478-364X>

² Associate Professor, Department of Electromechanics and Rolling Stock, The State University of Infrastructure and Technology, Kyrylivska street, 9, Kyiv, 04071, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0002-2294-5676>

³ Postgraduate, Department of Railway Track and Track Management, The State University of Infrastructure and Technology, Kyrylivska street, 9, Kyiv, 04071, Ukraine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5344-9301>

⁴ Postgraduate, Department of Electromechanics and Rolling Stock, The State University of Infrastructure and Technology, Kyrylivska street, 9, Kyiv, 04071, Ukraine. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0693-9580>

* **The corresponding author:** dem4enko.vo@gmail.com

INFLUENCE OF WHEEL PROFILE AND HARDNESS ON TRACK STABILITY WITH DIFFERENT CONSTRUCTIONS OF FASTENINGS

Experimental researches on establishment of technical parameters of intermediate rail fastenings concerning maintenance of longitudinal stability of rail threads, establishment of technical parameters of intermediate rail fastenings on maintenance of longitudinal stability of rail threads are carried out. The researches of influence of technical characteristics of hardness at interaction of a rail and a wheel and their influence on the level of longitudinal forces of interaction between elements of a track and wheels of a rolling stock in operation on the railways of Ukraine are analyzed. After the start of operation of wheel pairs with the increased value of hardness the optimum ratio of hardness of rail and wheel steel was broken. It is known from various sources regarding the interaction of the rail and the wheel that metals with approximately same hardness show better wear resistance in the friction pair. Based on the obtained data, calculations were performed and their analysis was carried out with the development of recommendations for further operation.

Keywords: rail track, stability of movement, horizontal forces, longitudinal forces, intermediate fastenings.