

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

УДК 625.1

О. М. ПАТЛАСОВ¹, Є. М. ФЕДОРЕНКО^{2*}

¹Каф. «Колія та колійне господарство», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 42, ел. пошта am_patlasov@ukr.net, ORCID 0000-0003-2081-5648

^{2*}Каф. «Колія та колійне господарство», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 868 53 59, ел. пошта rapunzeelliza@gmail.com, ORCID 0000-0002-7518-9106

ВПЛИВ ВАГОНІВ З ОСЬОВИМ НАВАНТАЖЕННЯМ 25 ТС/ВІСЬ НА СТАН ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Мета. Дослідження спрямоване на визначення змін у стані геометричних параметрів залізничної колії залежно від пропущеного тону за динамічної взаємодії з рухомих складом із навантаженням 25 тс/вісь. **Методика.** Для досягнення мети автори провели статистичний аналіз показників вимірювань стану колії вагонами-колієвимірниками типу КВЛ–П. За допомогою програми розрахунку середньоквадратичного відхилення геометричних параметрів колії оцінено відхилення параметрів у межах дослідних ділянок. **Результати.** За період спостережень виявлено, що інтенсивність накопичення деформації колії в середньому зростає. Однак за результатами факторного дисперсійного аналізу з ймовірністю 95 % не можна однозначно стверджувати про вплив вагонів з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь на погіршення показників стану колії. При цьому слід зазначити, що частка вантажу, перевезеного у вагонах з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь, за період спостережень склала менше одного відсотка. За показниками величини середньоквадратичного відхилення оцінено стан геометричних параметрів колії та їх прогнозні зміни. Аналіз показав, що підвищення осьового навантаження призведе до зменшення ресурсу експлуатації рейок, які є найдорожчими з елементів верхньої будови колії, скорочення терміну служби стрілочних переводів і збільшення витрат праці робітників, зайнятих ремонтом і утриманням колії. Рекомендовано скорочення міжремонтних періодів, яке відповідає нормативам. Для того, щоб великовантажні вагони не руйнували інфраструктуру, має діяти як мінімум два обмеження: за видами вантажів, які перевозять, і за швидкістю руху. **Наукова новизна.** Авторами проведено дослідження оцінки впливу вагонів з осьовим навантаженням 25 тс/вісь на стан геометричних показників залізничної колії й запропонували шляхи вирішення питання щодо впровадження в Україні рухомого складу з осьовим навантаженням 25 тс/вісь. **Практична значимість.** На основі отриманих результатів можна оцінити вплив осьового навантаження на інтенсивність змін стану колії та прогнозувати скорочення міжремонтних термінів у зв'язку з його погіршенням і відповідно до обмеження швидкості руху поїздів.

Ключові слова: залізнична колія; норми витрат; напруження; вертикальні й бокові сили; осьове навантаження

Вступ

Збільшення провізної спроможності на залізницях України тісно пов'язане з підвищенням осьового навантаження. Останнім часом у багатьох країнах Європейського Союзу (ЄС) для ширини колії 1 520 мм осьове навантаження складає 25 тс/вісь згідно з регламентом технічних специфікацій [8]. Крім країн ЄС, таке осьове навантаження впровадили сусідні з Україною Росія, Білорусія, Прибалтика.

В Україні осьове навантаження складає 23,5 тс/вісь, що є стримувальним фактором щодо організації транзитних вантажних переве-

зень. Крім того, сьогодні в Україні вже є рухомий склад з осьовим навантаженням 25 тс/вісь, який повинен відповідати умовам міцності і довговічності. В умовах обмеженого фінансування впровадження осьового навантаження 25 тс/вісь може призвести до суттєвого погіршення стану колії і відповідно – до обмеження швидкості руху поїздів, що відображено в наукових працях вітчизняних та закордонних учених [1, 2, 3, 4, 13, 14–19, 20].

Таким чином, підвищення осьового навантаження може спричинити збільшення витрат на матеріали й робочу силу, що зведе нанівець впровадження великовагових вагонів.

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Мета

Підвищення вантажопідйомності вагонів до 25 т на вісь розглядається як один із пріоритетних напрямків розвитку залізниць. Підраховано, що продуктивність таких вагонів вища на 7–10 % за рахунок збільшення міжремонтного пробігу та зменшення витрат на тягу з розрахунку перевезення однієї тонни вантажу. Але більш важкий вагон інтенсивніше зношує колію [9].

Для розв'язання проблемних питань автори статті ставлять за мету проаналізувати зміни в стані геометричних параметрів залізничної колії залежно від пропущеного тоннажу за динамічної взаємодії з рухомих складом, навантаження на вісь якого становить 25 тс/вісь.

Методика

Робота виконана працівниками кафедри «Колія та колійне господарство» і Колієвипробувальної галузевої науково-дослідної лабораторії, яка акредитована у складі випробувального центру Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) (атестат акредитації НААУ № 2Н0011).

Випробування проведено відповідно до програми й методики досліджень впливу на колію рухомого складу з навантаженням до 25 т/вісь великовагових поїздів. Для отримання статистичних даних програма передбачала оцінити вплив вагонів з осьовим навантаженням 25 тс/вісь на стан геометричних показників залізничної колії, а також порівняти їх із прогнозними показниками.

Дослідження були проведені на ділянці Українська–Каховське Море (ПЧ-4 Мелітополь, регіональна філія «Придніпровська залізниця»). Ділянка одноколійна, належить до V–VI категорії колії. За вантажонапруженості $\Gamma = 5,5$ млн т км брутто/км за рік пропущений тоннаж на період спостережень складає 225 млн т брутто. На ділянці знаходиться станція Дніпрорудне. Враховуючи, що зі сторони ст. Каховське Море до ст. Дніпрорудне всі вагони йдуть із навантаженням до 23,5 тс/вісь, а зі ст. Дніпрорудне в напрямку ст. Українська дослідні вагони з навантаженням до 25 тс/вісь, було розглянуто окремо 2 дослідні ділянки:

1) із 30-го по 22-ий км перегону Каховське Море–Дніпрорудне, по якій проходить рухомий склад з осьовим навантаженням до 23,5 тс/вісь;

2) із 20-го по 3-ій км перегону Дніпрорудне–Українська, по якій проходить рухомий склад з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь [6].

Оснащення колієвимірювальних засобів і підприємств колійного господарства сучасною обчислювальною технікою дозволяє значно вдосконалити методи оцінки геометрії рейкової колії, а також розширити коло практичних завдань, які вирішують за допомогою цих методів.

Як відомо, для оцінки стану колії й планування колійних робіт на деяких європейських залізницях використовують середньоквадратичне відхилення (СКВ) геометричних параметрів колії (ГПК) і прогнозування їх зміни (наприклад, на залізницях Австрії, Великобританії, Нідерландів та ін.) [12].

СКВ – найпоширеніший показник розсіювання значень випадкової величини відносно її математичного сподівання.

СКВ показує, наскільки в середньому відхиляються стандартні значення від результатів вимірювання [5].

Оскільки величина СКВ характеризує відхилення показників колії на всьому розглянутому фронті, то вона дозволяє оцінити фактичний стан колії на дослідній ділянці [12].

При цьому використовують лінійну модель, яка описує зміність СКВ ГПК залежно від пропущеного через ділянку тоннажу.

Середнє квадратичне відхилення завжди більше середнього лінійного відхилення.

Мале значення середньоквадратичного відхилення вказує, що точки скупчені ближче до середнього значення (математичного сподівання) вибірки, у той час як великі значення стандартного відхилення вказують, що точки розподілені в більш широкому діапазоні значень.

Практичне використання СКВ для вибірки даних полягає в оцінці величини відхилення від середнього значення.

Як вихідні дані для досліджень фактичного стану колії за допомогою СКВ ГПК використані результати промірів стану колії вагонами-колієвимірювачами типу КВЛ–П.

У нашому дослідженні були використані копії електронних файлів із записами результа-

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

тів проходження вагона-колієвимірювача по деяких ділянках Придніпровської залізниці

Програма розрахунку СКВ ГПК розроблена на кафедрі «Колія та колійне господарство» ДНУЗТ із застосуванням MS Excel. Ця програма дозволяє оцінити СКВ геометричних параметрів колії в межах дослідних ділянок. Після перетворення записів колієвимірювальних вагонів була отримана в табличному вигляді інформація щодо таких геометричних показників стану колії: осідання лівої й правої нитки, положення в плані лівої й правої нитки, шаблон, рівень [10]. Дані за кожним показником узяті з кроком, що складає приблизно 1,84 м.

Результати

Для аналізу стану колії за запропонованою методикою обробляються усі записи вагона-колієвимірювача за квітень–листопад 2018 року. Кожен електронний файл розпізнається і включається в документ з назвою листа, що відповідає місяцю і року.

Показники стану колії за квітень 2018 року на 1-ій ділянці наведено на рис. 1.

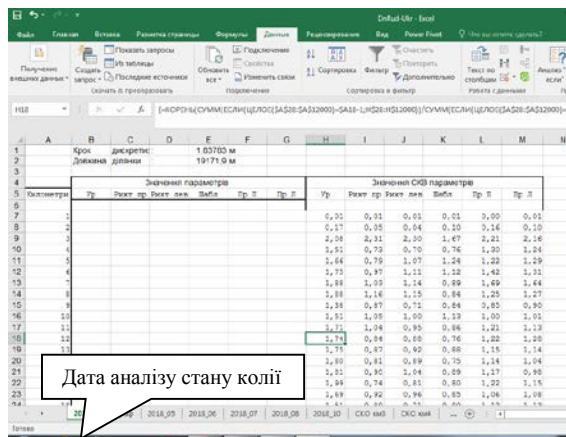


Рис. 1. Розшифрування електронного файла за квітень 2018 р. (2018_04)

Ураховуючи недостатню точність прив'язки початку вимірів до кілометражу, спочатку всі записи (за кожний місяць) були відкориговані таким чином, щоб збігалася початкова база.

Також було взято до уваги, що під час вимірів відбувається прослизання мірного колеса, тому заданий крок (1,84 м) може відрізнятись від фактичного в різних заїздах. Цей крок у даних за кожний місяць спостережень також був відкоригований (рис. 2).

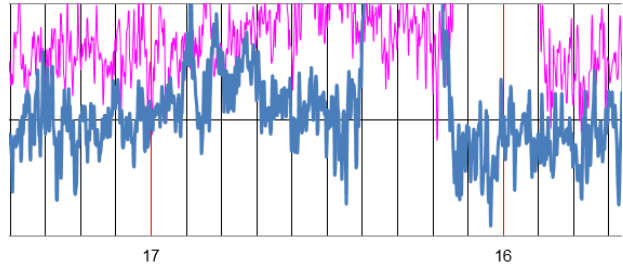


Рис. 2. Неспівпадання піків наприкінці ділянки

За запропонованою методикою опрацьовано всі записи вагона-колієвимірювача за квітень–листопад 2018 року. Інформацію за кожний місяць збережено в окремому листі MS Excel із назвою, що відповідає місяцю й року.

Для кожного значення показника було розраховане його відхилення від середнього значення (рис. 3).

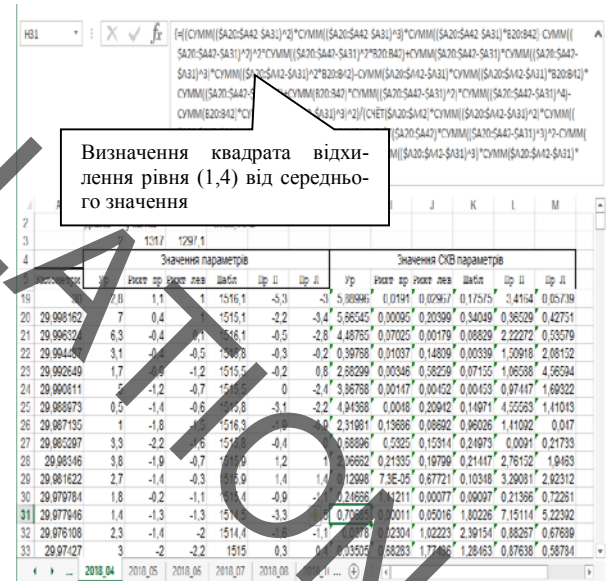


Рис. 3. Залежність горизонтальних сил від швидкості руху

Після визначення СКВ всіх параметрів для кожного кілометра обох ділянок були створені зведені таблиці й побудовані графіки зміни СКВ відповідно до пропущеного тоннажу (щомісячні дані прив'язані до пропущеного тоннажу).

Відхилення певного значення від середньої лінії знаходили шляхом апроксимації значень розташованих на відстані 50 метрів до і після від цього значення. Апроксимація здійснюється за поліномом другого порядку.

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

Після складання рівнянь були побудовані графіки середнього квадратичного відхилення. Дані графіки зображені на рис. 4.

Для узагальнення цих показників приведене середнє значення, що знаходиться за формулою:

$$S = \frac{Y + РП + РЛ + ПП + ПЛ + Ш}{6} \quad (1)$$

де Y – рівень, мм; РП – рихтування правобічне, мм; РЛ – рихтування лівобічне, мм; ПП – осідання правобічне, мм; ПЛ – осідання лівобічне, мм; Ш – шаблон, мм.

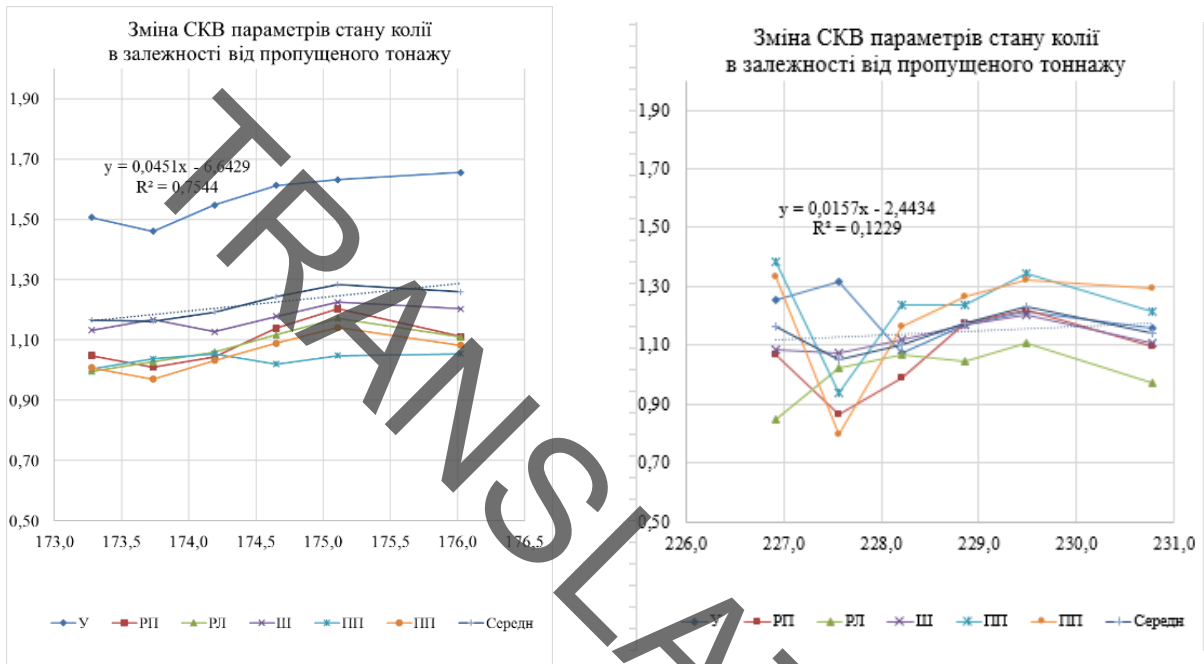


Рис. 4. Зміна середньоквадратичного відхилення на ділянці на 22-30-му (23,5 тс/вісь) та 3-18-му (25 тс/вісь) кілометрах

Після визначення інтенсивності зміни СКВ ГПК залежно від пропущеного тону на ділянках напрямку Каховське Море–Українська за допомогою дисперсійного аналізу було оцінено вплив осьового навантаження на інтенсивність змін стану колії [11].

Із графіків видно, що інтенсивність зростає на 20 %, тому можна зробити висновок, що осьове навантаження впливає на стан геометричних показників колії. У зв'язку зі значною розбіжністю цих значень був проведений дисперсійний аналіз.

Для цього всі отримані інтенсивності (для кілометрів) розділені окремо для ділянок 1 (до 23,5 тс/вісь) і 2 (до 25 тс/вісь). Вихідні дані й результати проведеного факторного дисперсійного аналізу наведені на рис. 4.

Дисперсійний факторний аналіз підтвердив, що за ймовірності 95 % не можна стверджувати, що за період спостережень осьове навантаження вплинуло на інтенсивність зростання несправностей колії.

При цьому слід зазначити, що за вантажно-напруженості ділянки 5,5 млн ткм/км за рік, за період спостережень (квітень–жовтень 2018 р.) було пропущено 2,75 млн т вантажу, а вагони з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь перевезли близько 3 тис. т, що склало майже 0,1 %.

Також слід зазначити, що згідно з рис. 3 середня інтенсивність зростання несправностей на ділянках з осьовим навантаженням до 23,5 тс/вісь склала 0,0144 мм/млн т, а на ділянках з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь – 0,0172 мм/млн т.

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

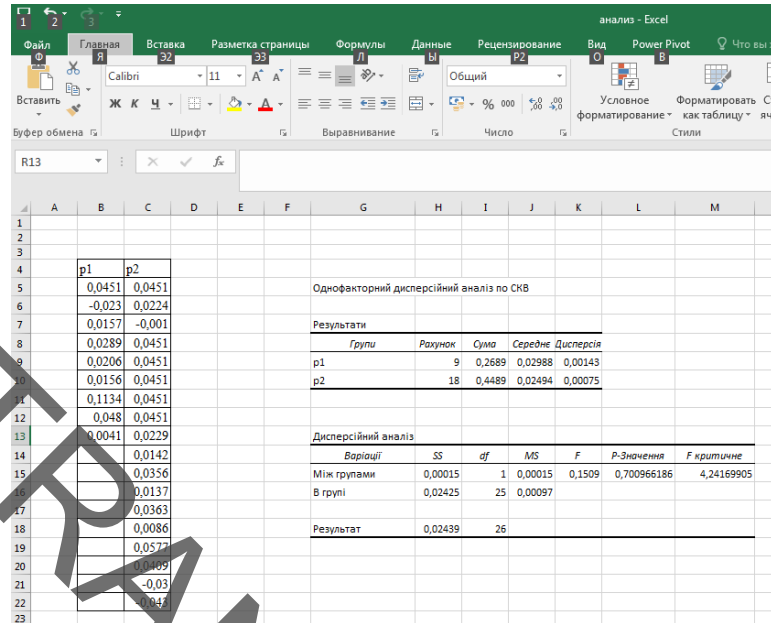


Рис. 5. Факторний дисперсійний аналіз впливу вагонів з осьовим навантаженням до 25 тс/вісь на інтенсивність зростання несправностей колії

Наукова новизна та практична значимість

У роботі проведено дослідження для оцінки впливу вагонів з осьовим навантаженням 25 тс/вісь на стан геометричних показників залізничної колії та запропоновані шляхи вирішення питання щодо впровадження в Україні рухомого складу з осьовим навантаженням 25 тс/вісь.

Висновки

Виконавши аналіз зміни СКВ ГПК залежно від вантажонапруженості, пропущеного тоннажу і ремонтів на ділянках перегону Українська–Каховське Море до і після виконання модернізації, бачимо, що загальне середнє приведене значення СКВ ГПК дорівнює 1,62 мм.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що за однакової кількості пропущеного тоннажу значення вантажонапруженості не впливає на величину СКВ ГПК.

Отримані СКВ ГПК дозволяють оцінювати стан колії і планувати виконання колійних робіт, у тому числі й ремонтів колії з більшою ефективністю, ніж за чинними нормами. Перед проведенням ремонтів і після них доцільно було б проводити аналіз СКВ ГПК і надалі планувати ремонти колії згідно з цією методикою відповідно до фактичного стану колії.

Таким чином, можна зробити остаточні висновки, що для отримання СКВ у прямих, кругових і перехідних кривих базове значення для визначення відхилень може бути знайдене апроксимацією фактичних значень поліномом другого порядку.

У разі суцільного впровадження вагонів з осьовим навантаженням 25 тс/вісь витрати на утримання колії зростуть на 6–8 %. Рекомендовано відповідне скорочення міжремонтних періодів, яке відповідає нормативам, передбаченим [7].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вериго, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – Москва : Транспорт, 1986. – 559 с.
2. Влияние высоких осевых нагрузок на режим работы пути // Железные дороги. ИССО транспортных магистралей : Экспресс-информация. – Москва : ВНИТИ. – 1990. – № 43. – С. 16–18.

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

3. Патласов, А. М. Влияние осевой нагрузки, вида промежуточных ремонтов пути и сроков их проведения на сопротивление движению подвижного состава / А. М. Патласов // Исследование взаимодействия пути и подвижного состава : межвуз. сб. науч. тр. / Днепропетр. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Днепропетровск, 1991. – Вып. 283/32. – С. 39–45.
4. Интенсивность накопления остаточных деформаций пути при воздействии вагонной нагрузки 250 Кн/ось / С. В. Амелин, М. П. Смирнов, Л. И. Блажко, В. И. Смирнов. – Ленинград : Ленингр. ин-т инж. трансп, 1982. – 73 с.
5. Метрологія та стандартизація в теплоенергетиці [Електронний ресурс] : підручник / уклад. Кесова Л. О., Промоскаль В. І., Червоний В. В. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 451 с. – Режим доступу: <https://bitly.su/> – Назва з екрана. – Перевірено : 06.06.2019.
6. Патласов, А. М. Совершенствование системы планирования ремонтов железнодорожного пути : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.06 / Александр Михайлович Патласов ; Петербург. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Санкт-Петербург, 1991. – 167 с.
7. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України : ЦП-0287 : затв. наказом Укрзалізниці від 03.11.2014 № 470-ЦЗ / А. Бабенко, Г. Линник, К. Мойсеєнко [та ін.]. – Київ, 2015. – 45 с.
8. Директива (ЄС) 2016/797 Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016 про інтероперабельність залізничної системи в рамках Європейського Союзу [Електронний ресурс] // Офіційний Журнал Європейського Союзу. – 2016. – 61 с. – Режим доступу: <http://doszt.gov.ua/content/media/Direktiva-797-UA.pdf> – Назва з екрана. – Перевірено : 06.06.2019.
9. Рыбкин, В. В. Напряженно-деформированное состояние пути при взаимодействии вагонов с повышенной осевой нагрузкой / В. В. Рыбкин, А. М. Патласов, В. И. Климов // Проблемы механики железнодорожного транспорта. Повышение надежности и совершенствование конструкций подвижного состава : тез. докл. Всесоюз. конф. (Днепропетровск, май 1988 г.). – Днепропетровск, 1988. – С. 96.
10. Технічні вказівки щодо оцінки стану рейкової колії за показниками колієвимірювальних вагонів та забезпечення безпеки руху поїздів при відступах від норм утримання рейкової колії : ЦП-0267. – Київ : Поліграфсервіс, 2012. – 40 с.
11. Уманов, М. И. Совершенствование оценки состояния пути с использованием среднеквадратических отклонений его геометрических параметров / М. И. Уманов, А. М. Патласов // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вып. 40. – С. 109–114.
12. Эсвельд, К. Планирование путевых работ с применением ЭВМ / К. Эсвельд // Железные дороги мира. – 1991. – № 1. – С. 45–47.
13. Шахуняц, Г. М. Нагрузки, скорости, грузонапряженность, путь / Г. М. Шахуняц // Труды МИИТ. – 1973. – Вып. 443. – С. 3–97.
14. Increasing axle load in Europe State of the art and perspectives [Електронний ресурс] / I. Korpanec, E. Rebeyrotte, M. Guigon, L. Tordai // 8th International Heavy Haul Conference, 2005. – Режим доступу: <http://railknowledgebank.com/Presto/content/GetDoc.axd?ctID=MTk4MTRjNDUjNWQ0My00OTBmLTllYWUtZWJmM2U2OTE0ZDY3&rID=NDY3Nw==&pID=NzIx&attchmnt=VHJ1ZQ==&tSesDM=False&rIdx=MzYwNw==&rCFU=> – Назва з екрана. – Перевірено : 24.05.2019.
15. Ekberg, A. Fatigue of railway wheels and rails under rolling contact and thermal loading – an overview / A. Ekberg, E. Kabo // Wear. – 2005. – Vol. 258. – Iss. 7-8. – P. 1288–1300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2004.03.039039>
16. Fischer, S. Breakage Test of Railway Ballast Materials with New Laboratory Method / S. Fischer // Periodica Polytechnica Civil Engineering. – 2017. – Vol. 61, No. 4. – P. 794–802. doi: <https://doi.org/10.3311/ppci.8549>
17. Mathematical Simulation of Spatial Oscillations of the "Underframe-Track" System Interaction / I. Klimenko, L. Černiauskaite, L. Neduzha, O. Ochkasov // Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems, ITELMS'2018 : The 12th International Conference (April 26–27, 2018, Panevėžys) / Kaunas University of Technology. – Kaunas, 2018. – P. 105–114.
18. Normalised curvature square ratio for detection of ballast voids and pockets under rail track sleepers [Електронний ресурс] / S. Kaewunruen, R. Janeliukstis, A. Freimanis, K. Goto // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1106. – Режим доступу: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1106/1/012002/meta> – Назва з екрана. – Перевірено : 24.05.2019. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1106/1/012002>
19. Sandstrom, A. Predicting crack growth and risks of rail breaks due to wheel flat impacts in heavy haul operations / J. Sandström, A. Ekberg // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

- Rail and Rapid Transit. – 2009. – Vol. 223. – Iss. 2. – P. 153–161.
doi: <https://doi.org/10.1243/09544097jrrt224>
20. Smith, R. A. The wheel-rail interface – some recent accidents / R. A. Smith // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. – 2003. – Vol. 26. – Iss. 10. – P. 901–907.
doi: <https://doi.org/10.1046/j.1460-2695.2003.00701.x>

А. М. ПАТЛАСОВ¹, Е. М. ФЕДОРЕНКО^{2*}

¹Каф. «Путь и путевое хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 42, эл. почта am_patlasov@ukr.net, ORCID 0000-0003-2081-5648

^{2*}Каф. «Путь и путевое хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (066) 868 53 59, эл. почта rapunzeeelliza@gmail.com, ORCID 0000-0002-7518-9106

ВЛИЯНИЕ ВАГОНОВ С ОСЕВОЙ НАГРУЗКОЙ 25 ТС/ОСЬ НА СОСТОЯНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Цель. Исследование предусматривает определение изменений в состоянии геометрических параметров железнодорожного пути в зависимости от пропущенного тоннажа при динамическом взаимодействии с подвижным составом с нагрузкой 25 тс/ось. **Методика.** Для достижения цели авторы провели статистический анализ показателей измерений состояния пути вагонами-путеизмерителями типа КВЛ–П. С помощью программы расчета среднеквадратического отклонения геометрических параметров оценены отклонения параметров в пределах опытных участков. **Результаты.** За период наблюдений выявлено, что интенсивность накопления деформации пути в среднем возрастает. Однако по результатам факторного дисперсионного анализа с вероятностью 95 % нельзя однозначно утверждать о влиянии вагонов с осевой нагрузкой до 25 тс/ось на ухудшение показателей состояния пути. При этом следует отметить, что доля перевозимого груза в вагонах с осевой нагрузкой до 25 тс/ось за период наблюдений составила менее одного процента. По показателям величины среднеквадратических отклонения оценено состояние геометрических параметров пути и их прогнозные изменения. Анализ показал, что повышение осевой нагрузки приведет к уменьшению ресурса эксплуатации рельсов, которые являются самым дорогим элементом верхнего строения пути, сокращению срока службы стрелочных переводов и увеличению затрат труда работников, занятых ремонтом и содержанием пути. Рекомендовано сокращение межремонтных периодов, которое соответствует нормативам. Для того чтобы большегрузные вагоны не разрушали инфраструктуру, должны действовать как минимум два ограничения: по видам перевозимых грузов и по скорости движения. **Научная новизна.** Авторы провели исследование для оценки влияния вагонов с осевой нагрузкой 25 тс/ось на состояние геометрических показателей железнодорожного пути и предложили пути решения вопроса по внедрению в Украине подвижного состава с осевой нагрузкой 25 тс/ось. **Практическая значимость.** На основе полученных результатов можно оценить влияние осевой нагрузки на интенсивность изменений состояния пути и прогнозировать сокращение межремонтных сроков в связи с его ухудшением и в соответствии с ограничением скорости движения поездов.

Ключевые слова: железнодорожный путь; нормы расходов; напряжение; вертикальные и боковые силы; осевая нагрузка

О. М. PATLASOV¹, Е. М. FEDORENKO^{2*}

¹ Dep. «Track and Track Facilities», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 42, e-mail am_patlasov@ukr.net, ORCID 0000-0003-2081-5648

^{2*} Dep. «Track and Track Facilities», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (066) 868 53 59, e-mail rapunzeeelliza@gmail.com, ORCID 0000-0002-7518-9106

IMPACT OF CARS WITH 25 TF/AXLE LOAD ON THE TRACK CONDITION

Purpose. The research is aimed at determining changes in the state of the geometrical parameters of the railway track, depending on the passing tonnage in dynamic interaction with the 25 tf/axle load rolling stock. **Methodology.** For data acquisition, the authors carried out a statistical analysis of the indicators of digital measurements of the track condition by KVL-P track-measuring cars. Using the program of calculating the mean-square deviation of the geometric parameters of the track, the deviation of the track parameters within the test sections was estimated. **Findings.** During the observation period it was found that on average the intensity of track strain accumulation increases. However, according to the results of the factor dispersion analysis with 0.95 probability, it is impossible to unequivocally state the impact of the factor of using the cars with an axial load of up to 25 tf/axle on the deterioration of the track condition parameters. Herewith it should be noted that the share of cargo carried in the cars with axial load of up to 25 tf/axle during the observation period was less than one per cent. According to the values of the mean-square deviation, the state of the geometrical parameters of the track and their predicted changes were estimated, which showed that the increased axial load will lead to decreased life of the rails, which are the most expensive elements of the track structure, shortened service life of the railroad switches and increased labour costs for workers involved in track repair and maintenance. The corresponding reduction of inter-repair periods, which corresponds to the standards, is projected. In order for heavy-duty wagons not to destroy the infrastructure, there must be at least two limitations: by the types of goods transported and by the speed of movement. **Originality.** The authors conducted a study to assess the impact of cars with 25 tf/axle load on the state of the geometric parameters of the railway track and proposed solutions to the issue of introducing the 25 tf/axle load rolling stock in Ukraine. **Practical value.** On the basis of the obtained results it is possible to estimate the impact of the axial load on the intensity of the track condition changes and to predict the reduction of inter-repair periods in connection with the track deterioration and in accordance with the train speed restriction.

Keywords: railway track; cost standards; stress; vertical and lateral forces; axle load

REFERENCES

1. Verigo, M. F., & Kogan, A. Y. (1986). *Vzaimodeystvie puti i podvizhnogo sostava*. Moscow: Transport. (in Russian)
2. Vliyanie vysokikh osevykh nagruzok na rezhim raboty puti. (1990). *Zheleznye dorogi. ISSO transportnykh magistralei: Ekspres-informatsiya*, 43, 16-18. (in Russian)
3. Patlasov, A. M. (1991). Vliyanie osevoy nagruzki, vida promezhutochnykh remontov puti i srokov ikh provedeniya na soprotivlenie dvizheniyu podvizhnogo sostava. *Issledovanie vzaimodeystviya puti i podvizhnogo sostava*, 283(32), 39-45. (in Russian)
4. Amelin, S. V., Smirnov, M. P., Blazhko, L. I., & Smirnov, V. I. (1982). *Intensivnost nakopleniya ostatochnykh deformatsiy puti pri vozdeystvii vagonnoy nagruzki 250 Kn/os*. Leningrad. (in Russian)
5. Kiesova, L. O., Promoskal, V. I., & Chervonyi, V. V. (2018). *Metrolohiia ta standartyzatsiia v teploenerhetytsi: pidruchnyk*. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho. Retrieved from <https://bitly.su/> (in Ukrainian)
6. Patlasov, A. M. (1991). *Sovershenstvovanie sistemy planirovaniya remontov zheleznodorozhnogo puti*. (Dysertatsiia kandydata tekhnichnykh nauk). Petersburg State Transport University, St. Petersburg. (in Russian)
7. *Polozhennia pro provedennia planovo-zapobizhnykh remontno-koliinykh robot na zaliznytsiakh Ukrainy: TsP-0287*. (2015). Kyiv. (in Ukrainian)
8. Dyrektyva (IeS) 2016/797 Yevropeiskoho Parlamentu ta Rady vid 11 travnia 2016 pro interoperabelnist zaliznychnoi systemy v ramkakh Yevropeiskoho Soiuzu. (2016). Retrieved from <http://doszt.gov.ua/content/media/Direktiva-797-UA.pdf> (in Ukrainian)
9. Rybkin, V. V., Patlasov, A. M., & Klimov, V. I. (1988). *Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie puti pri vzaimodeystvii vagonov s povyshennoy osevoy nagruzkoj, Problemy mekhaniki zheleznodorozhnogo transporta. Povyshenie nadezhnosti i sovershenstvovanie konstruksiy podvizhnogo sostava: tezisy dokladov Vsesoyuznoy konferentsii*. Dnepropetrovsk. (in Russian)
10. *Tekhnichni vказivky shchodo otsinky stanu reikovoї kolii za pokaznykamy koliievymiriuvalnykh vahoniv ta zabezpechennia bezpeky rukhu poizdiv pry vidstupakh vid norm utrymannia reikovoї kolii: TsP-0267*. (2012). Kyiv: Poligrafservis. (in Ukrainian)

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ ТА АВТОМОБІЛЬНІ ДОРОГИ

11. Umanov, M. I., & Patlasov, A. M. (2012). Sovershenstvovanie otsenki sostoyaniya puti s ispolzovaniem srednekvadraticheskikh otkloneniy ego geometricheskikh parametrov. *Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 40, 109-114. (in Russian)
12. Essveld, K. (1991). Planirovanie putevykh rabot s primeneniem EVM. *Railways of the World*, 1, 45-47. (in Russian)
13. Shakhunyants, G. M. (1973). Nagruzki, skorosti, gruzonapryazhennost, put. *Trudy MIIT*, 443, 3-97. (in Russian)
14. Korpanec, I., Rebeyrotte, E., Guigon, M., & Tordai, L. (2005). *Increasing axle load in Europe State of the art and perspectives, 8th International Heavy Haul Conference, 2005*. Retrieved from <http://railknowledgebank.com/Presto/content/GetDoc.axd?ctID=MTk4MTRjNDUtNWQ0My00OTBmLTllYWUtZWVjM2U2OTE0ZDY3&rID=NDY3Nw==&pID=NzIx&attchmnt=VHJlZQ==&uSesDM=False&rIdx=MzYwNw==&fCFU> (in English)
15. Ekberg, A., & Kabo, E. (2005). Fatigue of railway wheels and rails under rolling contact and thermal loading – an overview. *Wear*, 258(7-8), 1288-1300. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2004.03.039039> (in English)
16. Fischer, S. (2017). Breakage Test of Railway Ballast Materials with New Laboratory Method. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 61(4), 794-802. doi: <https://doi.org/10.3311/ppci.8549> (in English)
17. Klimenko, I., Čermauskaitė, L., Neduzha, L. & Ochkasov, O. (2018). *Mathematical Simulation of Spatial Oscillations of the «Unde frame-Track» System Interaction, Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems, ITELMS'2018*. Kaunas. (in English)
18. Kaewunruen, S., Janeliukstis, R., Freimanis, A., & Goto, K. (2018). Normalised curvature square ratio for detection of ballast voids and pockets under rail track sleepers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1106. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1106/1/012002> (in English)
19. Sandström, J., & Ekberg, A. (2008). Predicting crack growth and risks of rail breaks due to wheel flat impacts in heavy haul operations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 223(2), 153-161. doi: <https://doi.org/10.1243/09544097jrtr224> (in English)
20. Smith, R. A. (2003). The wheel-rail interface – some recent accidents. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, 26(10), 901-907. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1460-2695.2003.00701.x> (in English)

Надійшла до редколегії: 24.01.2019

Прийнята до друку: 23.05.2019