

УДК 124.456.7 : 878.9

А. В. РАДКЕВИЧ^{1*}, М. А. АРБУЗОВ^{2*}, Є. В. АРБУЗОВА^{3*}

^{1*}Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-42, ел. пошта a.v.radkevich@ust.edu.ua

^{2*}Кафедра «Транспортна інфраструктура», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-42, ел. пошта 10max@ukr.net

^{3*}СП «Придніпровський центр діагностики», вул. Механічна, 22, 49022, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 34-04-93, ел. пошта rails1600@ukr.net

ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ РЕЙОК В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

В різних умовах експлуатації залізничної колії строк служби рейок відрізняється. Це вказує на те, що існують зовнішні фактори, які мають значний вплив на процес зношення рейок. В роботі проведено аналіз впливових факторів та визначено їх ступінь впливу в порівнянні між собою та в статистичній сукупності.

Для вивчення даної проблеми обрана найскладніша на регіональній філії «Львівська залізниця» ділянка колії Славсько-Лавочне-Бескид-Воловець. Здійснено збір та обробку статистичних даних, виконано обміри рейкової колії та виміри зносу рейки.

Процес бічного зношення рейки залежить від різних факторів, серед яких можна виділити ті, що являються однаковими для всієї кривої, і ті, що відмінні для різних перетинів кривої. Для всієї кривої однаковими є пропущений тонаж, радіус, встановлена швидкість, підвищення зовнішньої рейки, поздовжній ухил, тип рейок та скріплення. Ці параметри можна назвати глобальними для кривої, і знос, що від них залежить, глобальним. Вздовж кривої виникають локальні нерівності, тобто відхилення в плані, профілі, по шаблону та нахилу рейки в середину колії. Ці параметри можна назвати локальними для кривої, і знос, що від них залежить, локальним. Локальний знос носить додатковий характер. Сумарний боковий знос може проявлятися в більшій або меншій мірі залежно від зовнішніх умов: змащення, посипання рейок піском, надмірного впливу коліс, що враховується коефіцієнтом зовнішніх умов.

Так результати обмірів колії показують, що при появі на кривій ділянці горизонтальної нерівності, збільшується стріла вигину, і в таких місцях спостерігається збільшення бічного зношення. При збільшенні ширини колії в кривих понад встановлені норми спостерігається також збільшення величини зносу. Надмірне підвищення призводить до того, що колісна пара сповзає до внутрішньої рейки. При цьому більший круг катання опиняється не на зовнішньому колесі, а на внутрішньому. Вертикальна сила, що передається від колеса на рейку, також більша по внутрішній нитці. Це призводить до сковзання колеса по зовнішній нитці, що і збільшує бічне зношення рейки. Як показали вимірювання, при зростанні нахилу рейки з 1:20 до 1:10 збільшується величина бічного зношення. Використання лубрикативів, що змащують бічну поверхню голівки рейки, може збільшити строк її служби в 3 рази. Збільшення шорсткості поверхні рейки на 20 мкм призводить до зменшення зносостійкості на 20-25%. На основі отриманих емпіричних даних створено математичну модель бічного зносу голівки рейки від 16-ти параметрів.

На основі норм допустимого зносу рейок та створеної математичної моделі в роботі встановлено строк служби рейок залежно від кривизни колії. Прогнозування ресурсу рейок дозволяють впроваджувати ресурсозбереження на залізничному транспорті.

Ключові слова: прогнозування, ресурс, зношення рейки.

Вступ

Для певних умов експлуатації процес зношення рейок може бути цілком передбачуваним. І ресурс рейок піддається плануванню. В нормативній літературі приводяться норми інтенсивності бічного зношення рейок. Так в Технічних вказівках по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП-0266) приведено оптимальну інтенсивність бокового зносу голівки рейки [1]. Слід відмітити, що оптимальна інтенсивність

бокового зносу голівки рейки – це найменша інтенсивність, яка не викликає внутрішні поздовжні тріщини.

Трапляються випадки, коли зношення рейок відбувається набагато швидше. Так з'явився вираз «наднормативна інтенсивність зношення», причини і розмір якого необхідно дослідити.

В дослідженні приймали участь ділянки колії Львівської залізниці, так як дана проблема найбільш проявилася при складному плані і профілю.

Основна частина

Об'єкт дослідження – рейки, що експлуатуються у складних умовах.

Мета – спрогнозувати ресурс роботи рейок на ділянках залізничної колії з різними умовами експлуатації та розробити рекомендації щодо організації ресурсозаощадної експлуатації колії.

Процес бічного зношення рейки залежить від різних факторів, серед яких можна виділити ті, що являються однаковими для всієї кривої, і ті, що відмінні для різних перетинів кривої. Для всієї кривої однаковими є пропущений тонаж, радіус, встановлена швидкість, підвищення зовнішньої рейки, поздовжній ухил, тип рейок та скріплення. Ці параметри можна назвати глобальними для кривої, і знос, що від них залежить, глобальним z_c . Вздовж кривої виникають локальні нерівності, тобто відхилення в плані, профілі, по шаблону та нахилу рейки в середину колії. Ці параметри можна назвати локальними для кривої, і знос, що від них залежить, локальним z_n . Локальний знос носить додатковий характер. Сумарний боковий знос z може проявлятися в більшій або меншій мірі залежно від зовнішніх умов: змащення, посипання рейок піском, надмірного впливу коліс, що враховується коефіцієнтом зовнішніх умов K_{zy}

$$z = (z_c + z_n) K_{zy}. \quad (1)$$

Раніше авторами опубліковано результати дослідження перевізного процесу як фактору експлуатації залізничної колії [2], де показано, що процес глобального бічного зношення голівки рейки залежить від ряду експлуатаційних факторів:

$$z_c = (100 \arctg(0,1T + 6) - 140,6) * (-5,76 \ln(R) + 49,49) * \frac{1}{38180} * (-0,13V + 22,01)(0,06h + 9,65) * \begin{cases} (0,29i + 11,51) \text{ підйом} \\ (-0,09i + 9,32) \text{ спуск} \end{cases} \quad (2)$$

де T – пропущений тонаж, R – радіус кривої ділянки колії, V – швидкість руху поїзда, h – підвищення зовнішньої рейки, i – поздовжній ухил ділянки колії.

Нерівності колії та відхилення від встановленого нахилу рейки мають локальний характер виникнення та відповідно впливу на знос рейок. Тому рейка по своїй довжині має нерівномірне зношення.

Проведемо аналіз впливу технічного стану колії на локальне зношення. В табл. 1 представлено результати обмірів ділянки колії перегону

Лавочне-Бескид 1629 пк9 з наднормативним бічним зносом рейок. Крива розбита на точки через 5 м за ходом кілометражу. Кривизна оцінювалася методом стріл при хорді довжиною 10 м. Нахил рейки всередину колії вимірювався спеціальним приладом.

Таблиця 1

Результати обмірів ділянки колії Лавочне-Бескид 1629 пк9 (непарна, СКД-65Б)

№ п/п	Стріла, мм	Шаблон, мм 1500+	Рівень, мм	Нахил	Знос, мм
1	47	42	45	1:14	2,1
2	53	42	54	1:15	1,6
3	44	45	50	1:18	2,2
4	45	48	48	1:16	2,4
5	53	45	44	1:13	3
6	47	44	52	1:18	2,5
7	53	43	50	1:18	3,1
8	46	44	48	1:12	4,3
9	54	44	50	1:10	4,2
10	50	43	46	1:13	4
11	51	45	48	1:18	3,1
12	50	45	58	1:18	4
13	51	48	54	1:23	3,4
14	47	44	56	1:24	3,5
15	56	47	48	1:16	4,1
16	46	47	58	1:17	3,4
17	50	42	64	1:18	3,7
18	50	44	51	1:18	4,5
19	49	44	44	1:19	3,5
20	50	40	52	1:19	3,5

З аналізу табл. 1 випливає, що на величину зношення впливає нахил, рівень, шаблон та коливання стріли вигину. Поперечний профіль зношеної рейки вказує на вплив коліс локомотивів та підрізаних гребенів коліс вагонів, так як кут нахилу зношеної бічної поверхні складає 68° по відношенню до підшви рейки. Якщо від кута нахилу гребеня колеса локомотива 70° відняти нахил рейки на шпалі 2° , то отримуємо рівно 68° .

Проведемо факторний аналіз по оцінці рівня впливовості кожного з розглянутих факторів. За довідковими матеріалами встановлено, що критичне значення критерію Фішера $F_{кр}=3,24$. Якщо розрахункове значення критерію Фішера більше за 3,24, то фактор впливає на досліджуваний процес.

В табл. 2 приведено результати розрахунку критерію Фішера для таких факторів впливу як нахил, рівень, шаблон та стріла вигину.

Таблиця 2

Результати розрахунку критерію Фішера

	Фактор впливу			
	Стріла, f	Шаблон, $Ш$	Рівень, $У$	Нахил, $1/n$
F	57	54	57	46
%	27	25	27	22

Як видно з результатів розрахунку, всі значення критерію Фішера F більше за $F_{кр}=3,24$. Отже, всі фактори впливові. З рис. 1 видно, що нахил, рівень, шаблон та стріла вигину мають приблизно однаковий вплив.

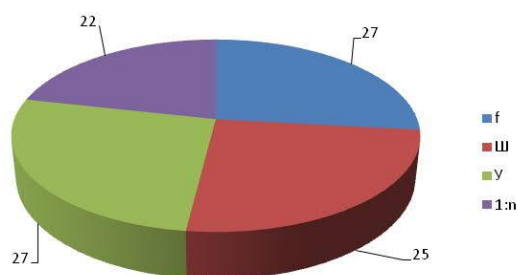


Рис. 1. Розподіл рівня впливу факторів у відсотках

Під час досліджень також були виконані обміри інших ділянок напрямку Славсько-Лавочне-Бескид, аналіз яких показує, що такі локальні фактори як нахил, рівень, шаблон та стріла вигину мають стійкий вплив на величину зношення. Так результати обмірів колії показують, що при появі на кривій ділянці горизонтальної нерівності, збільшується стріла вигину, і в таких місцях спостерігається збільшення бічного зношення. Цей висновок є логічним, так як збільшення стріли вказує на зменшення радіусу. І, як було встановлено, при зменшенні радіуса збільшується кут набігання гребеня колеса і бічне зношення рейки збільшується.

При збільшенні ширини колії в кривих понад встановлені норми спостерігається збільшення величини зносу. Це пояснюється тим, що встановлена норма ширини колії забезпечує вільне вписування, а при розширенні збільшується виляння вагону та збільшується кут набігання гребеня колеса. Це призводить до збільшення бічного зношення. Важливо відмітити, що при зменшенні ширини колії менше нормативної вписування коліс рухомого складу стане заклинилим, що також призводить до збільшення бічного зносу рейок.

Відхилення рівня в бік його збільшення по відношенню до встановленого підвищення зовнішньої рейки призводить до збільшення бічного зносу. Надмірне підвищення призводить до

того, що колісна пара сповзає до внутрішньої рейки. При цьому більший круг катання опиняється не на зовнішньому колесі, а на внутрішньому. Вертикальна сила, що передається від колеса на рейку, також більша по внутрішній нитці. Це призводить до сковзання колеса по зовнішній нитці, що і збільшує бічне зношення рейки.

Нахил рейки як і інші параметри значно впливає на величину бічного зношення. Але відхилення рихтовки, шаблону та рівня контролюється, а нахил має лише нормативне значення та допуски. Технічного засобу на залізницях сьогодні нажалі немає. Тому для проведення досліджень був розроблений та виготовлений спеціальний пристрій. Як показали вимірювання, при зростанні нахилу з 1:20 до 1:10 збільшується величина бічного зношення. Це пояснюється тим, що при зростанні нахилу рейки контакт колеса з рейкою стає двохточковим, ростуть контактні напруження і збільшується тим самим знос рейки. Важливо відмітити, що зношені колеса вагонів проходять спеціальне обточування, щоб уникати двохточкового контакту.

Отже, враховуючи отримані результати, можна записати рівняння, яке відображає вплив локальних факторів на величину зносу:

$$z_n = A \left(f - \frac{1000a^2}{8R} \right) + B(Ш - Ш_R) + C(h - h_{рек}) + D(20 - n) \quad (3)$$

де f – фактична стріла вигину, мм;
 a – хорда при якій визначена фактична стріла вигину, м;
 R – глобальний радіус кривої, мм;
 $Ш_R$ – нормативна ширина колії, що відповідає радіусу кривої, мм;
 $Ш$ – розширення колії, мм;
 h – фактичне підвищення зовнішньої рейки, мм;
 $h_{рек}$ – встановлене підвищення зовнішньої рейки, мм;
 n – показник фактичного нахилу рейки, (якщо нахил 1:20, то $n=20$);

A, B, C, D – коефіцієнти, що враховують рівень впливовості фактора і відповідно складають $A=0,09$; $B=0,10$; $C=0,09$; $D=0,11$.

На перегоні Лавочне-Бескид 1629 пк9 по непарній колії було обладнано дослідну ділянку колії тензодатчиками та прогиномірами. Було виявлено зростання бокової сили у вагонів, що знаходяться перед локомотивом-штовхачем. Але перевищення допустимого значення не спостерігалось. Під час досліджень встановлено, що

під час руху вантажного поїзда колеса половини вагонів не скриплять, а колеса інших вагонів, що знаходяться перед штовхачем, скриплять. Це вказує на те, що вагони перед штовхачем чинять підвищений боковий вплив на колію.

Як показали спостереження під час досліджень на перегоні Лавочне-Бескид рухомий склад пересувається зі швидкістю 35 км/год. При цьому встановлена швидкість руху вантажних поїздів складає 60 км/год і під час розрахунків приймається як мінімальна вантажна. Тобто присутня недореалізація швидкості. Розрахунки показують, що при цьому скорочується строк служби рейок на 38%.

Крім того було виявлено деякі криві з недопідвищенням зовнішньої рейки. Так крива ділянка непарної колії перегону Лавочне-Бескид 1629 пк 7 має фактичне підвищення 30 мм, хоча проектне складає 70 мм. Розрахунки показують, що таке недопідвищення подовжує строк служби рейок на 35%.

Використання лубрикаторів, що змащують бічну поверхню голівки рейки може збільшити строк її служби в 3 рази. Але, якщо попадає пісок на бічну змащену поверхню, то утворюється абразивна маса, і строк служби зменшується в 1,7 раз.

Збільшення шорсткості поверхні рейки на 20 мкм призведе до зменшення зносостійкості на 20-25%. Оптимальне значення шорсткості в кривих R_z 5-10 мкм, в прямих 35-50 мкм. Практично, шорсткість зношеної бічної поверхні може сягати значень 140 мкм [3]. Тобто при високих значеннях шорсткості рейки інтенсивність зношення збільшується в 2 рази.

Останніми роками з'являються пристрої лазерного загартовування поверхні кочення колеса. Через невисоку якість обточування та надмірне загартовування коліс утворюється абразивність колеса, що негативно відображається на рейках. Вимірювання твердості коліс показали, що твердість їх поверхні кочення сягає 420 НВ. Тоді як рейка має твердість 360 НВ.

Таким чином, враховуючи вище приведені фактори можна записати коефіцієнт зовнішніх умов роботи бічної поверхні голівки рейки

$$K_{zy} = \frac{0,01R_z}{k_{луб}} \cdot \frac{Y_B}{Y_B^m} \cdot \frac{HB_K}{HB_P} \quad (4)$$

де $k_{луб}$ – коефіцієнт лубрикації, що вказує величину збільшення строку служби рейок при її використанні, визначається емпіричним шляхом для кожної конструкції змащувача та виду мастила, може прийматися від 1 до 3. При попаданні піску на змащену рейку $k_{луб}=0,4-0,6$. Навіть при

невикористанні змащення рейки мастилом у вологу, морозну пору року $k_{луб}=1,1-1,2$, а в суху, літню пору $k_{луб}=1$;

R_z – локальна шорсткість бічної поверхні рейки, мкм;

Y_B – фактична бокова сила, що спричиняється впливом коліс рухомого складу;

Y_B^m – табличне значення бокової сили, що визначається за довідником;

HB_P – фактична твердість рейки;

HB_K – фактична твердість колеса.

Як показують розрахунки вплив локальних факторів та зовнішніх умов роботи рейок може призводити до збільшення бокового зносу в 1,5-4 рази.

Інтенсивність зношення – це відношення фактичного зносу z до фактичного пропущеного тону T .

$$\gamma = \frac{z}{T} \quad (5)$$

За формулами (1)-(5) можна поррахувати середні значення інтенсивності зношення бічної поверхні голівки рейки в залежності від умов експлуатації $\bar{\gamma}$. Тоді максимальні значення інтенсивності зношення бічної поверхні рейки з врахуванням конструкції колії та середньоквадратичного відхилення, тобто нормативні значення будуть визначатися за формулою

$$\gamma_{max} = \bar{\gamma} P C k_{\sigma} \quad (6)$$

де $\bar{\gamma}$ – середнє значення інтенсивності зношення бічної поверхні голівки рейки;

P – коефіцієнт, що залежить від виробника рейок: 1 (А, Ч), 0,95 (Т), 0,85 (К), 0,8 (Ісп), 0,65 (Фр);

C – коефіцієнт, що залежить від типу скріплення: 0,95 (Д0, СКД 65Дм), 1 (СКД 65Д), 1,15 (КПП-5), 1,2 (КБ-65, СКД-65Б);

k_{σ} – коефіцієнт, що приводить до верхньої межі через середньоквадратичне відхилення $+3\sigma$, для практичних розрахунків $k_{\sigma}=1,6$.

Перевищення максимальних значень γ_{max} вказує на те, що крива має понаднормативну інтенсивність зношення і потребує прийняття організаційних, або технічних заходів.

Сукупність формул (1)-(6) відображає емпіричну математичну модель бічного зносу голівки рейки від 16-ти параметрів, що побудована на експлуатаційних даних.

Кожен параметр може приймати значення від мінімальної до максимальної величини. Проведемо математичну оцінку рівня впливу кожного параметра на бічний знос рейки при коливаннях значень параметру від найменшого до

найбільшого, та визначимо відсоток такого впливу по відношенню до сумарного впливу всіх параметрів. Результати розрахунків впливовості факторів показано на рис. 2 у відсотках.

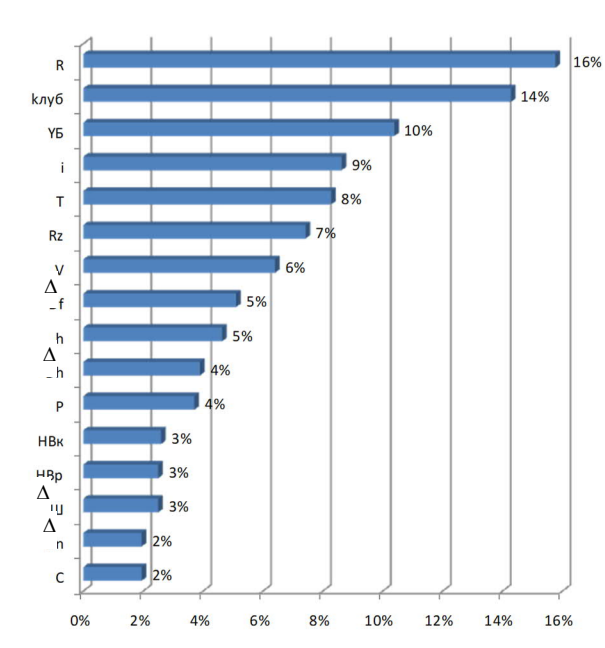


Рис. 2. Рівень впливу параметрів на бічне зношення рейки

Як видно з діаграми (рис. 2), величина бічного зносу рейки в першу чергу визначається кривизною ділянки. Найбільш ефективний в боротьбі з високою інтенсивністю зношення бічної поверхні голівки рейки є лубрикація.

З діаграми (рис. 2) видно, що наступними впливовими факторами є надмірна бічна сила, що передається від колеса на рейку, поздовжній ухил та швидкість руху поїзда. Вагомою причиною інтенсивного зношення бічної поверхні рейок є небагатоприємні умови зчеплення коліс з рейками: в гірській місцевості, на затяжних та крутих підйомах, при великій кількості кривих малого радіуса і великих вагових нормах поїздів. Використання штовхачів на підйомах, та рекуперативного гальмування на спусках призведе до положення вагонів «ялинкою» і, як результат, до збільшення бокової сили та збільшення інтенсивності бічного зношення рейок. Зниження швидкості руху до 25...35 км/год заставляє колеса боксовати, і відповідно, подавати пісок в зону зчеплення колеса з рейкою. Також при недореалізації швидкості відбувається просковзування по зовнішній рейковій нитці, що і збільшує зношення рейки.

Вагомим фактором у процесі зношення є шорсткість поверхні. Використання рейкошліфувальних поїздів могло б значно подовжити строк експлуатації рейок. Шліфування не тільки

забезпечує необхідну шорсткість, а й формує необхідний профіль, що в комплексі знижує кількість появи дефектів та інтенсивність зношення.

Інші дев'ять факторів також мають впливовість. І хоча вони по окремоті не такі впливові як вищезазначені, сумарна їх дія значно перевищує самий впливовий фактор. Ці дев'ять факторів відображають конструкцію колії, параметри її улаштування та утримання. Серед них виділяються в першу чергу підвищення зовнішньої рейки, рихтовка колії та завод-виробник рейок.

Для кривих ділянок колії, що працюють в перевальних умовах, необхідно розробити окремі вимоги щодо улаштування та експлуатації колії. Важливо розрахунок підвищення зовнішньої рейки проводити з урахуванням фактичних швидкостей руху поїздів. Необхідно для таких ділянок передбачити непогашені прискорення пасажирських поїздів 1 м/с^2 , або мінімально допустиму швидкість руху вантажних поїздів.

Високу зносостійкість показали французькі рейки BS SC 16 60E1 та рейки типу Р65 ПрАТ «МК Азовсталь» з підвищеною твердістю. Такі рейки необхідно вкладати в ділянки колії з інтенсивним бічним зношенням, але обов'язково після оцінки економічної доцільності. Рейки покращеної якості можуть мати таке здоровення, що їх застосування буде не доцільне.

Забезпечення стабільності ширини колії, стабільності нахилу рейки та забезпечення необхідної пружності досягається використанням проміжного скріплення, що спроможне надійно працювати у важких умовах. Як показали огляди складних ділянок колії напрямку Славсько-Лавочне-Бескид, найкраще працює скріплення типу КПП-5К.

Твердість коліс рухомого складу знаходить своє відображення на голівці рейки, і, як показують вимірювання, біля 20% коліс мають твердість більшу за твердість рейки. Тому є необхідність ініціювати нормування та контроль твердості колеса на його поверхні кочення.

Використання рейко-шліфувальних поїздів та зменшення вагової норми поїздів могло б значно подовжити строк експлуатації рейок.

Мінімальний строк служби рейок (в роках) по критерію бічного зношення буде визначатися за формулою

$$t_{сл} = \frac{z_{доп}}{B \cdot \gamma_{max}} \quad (7)$$

де $z_{доп}$ – допустимий бічний знос рейки;
 B – вантажонапруженість ділянки колії;
 γ_{max} – максимальна інтенсивність зношення.
 Середній строк служби рейок (в млн. т

брутто) по критерію бічного зношення буде визначатися за формулою

$$T_{сер} = \frac{z_{доп}}{\bar{\gamma}PC}. \quad (8)$$

Як відомо, в кривих переважає бічний знос голівки рейки, а в прямих – вертикальний. Тому встановлено норми максимально допустимого зносу бічного, вертикального, і приведеного (сума вертикального та половини бічного).

За проф. Даніленко Е. І. вертикальний знос

$z_{верт}$ залежить від пропущеного тону T , і описується залежністю [4]

$$z_{верт} = a\sqrt{T} + bT \quad (9)$$

де a та b – коефіцієнти, що відповідають за зминання та стирання металу рейки і залежать від експлуатаційних умов. Практичні розрахунки показують, що для найпоширеніших умов можна прийняти значення коефіцієнтів $a=0,2$, та $b=0,0019$.

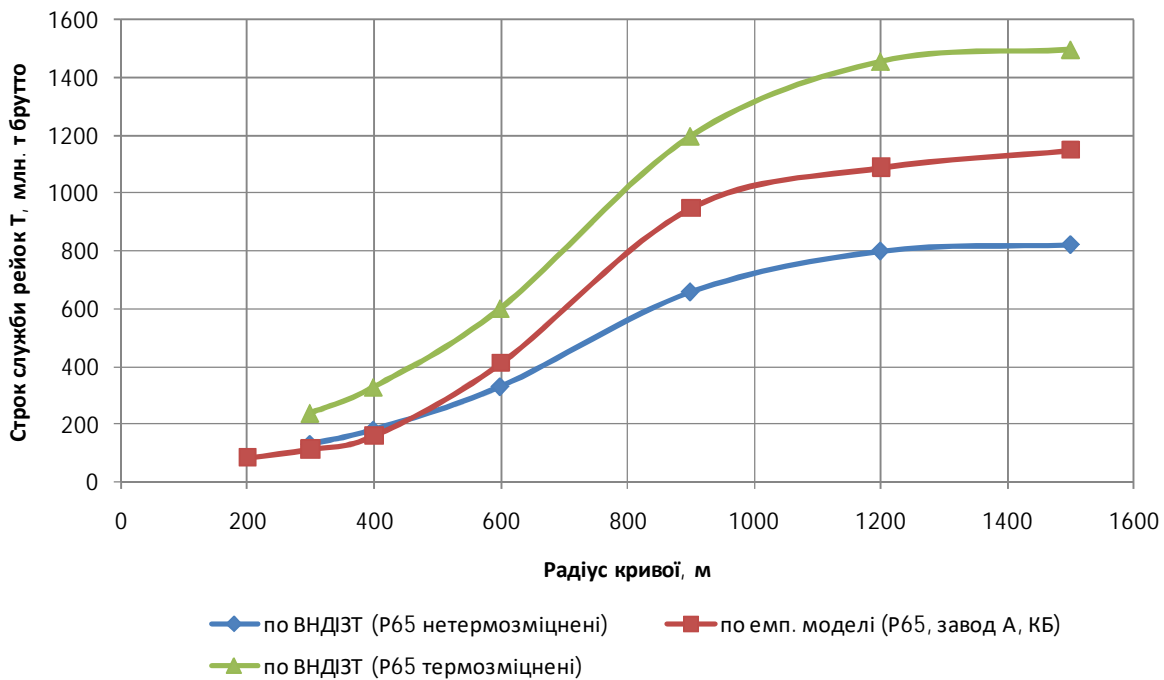


Рис. 3. Строк служби рейок за зносом залежно від радіуса кривої

В залежності від радіуса кривої строк служби рейок буде визначатись одним з трьох видів допустимого зносу. Отже, за формулою (8) можна побудувати графік (рис. 3) середнього строку служби сучасних найпоширеніших рейок (типу Р65, виготовлених металургійним комбінатом «Азовсталь», що вкладені на залізобетонні шпали зі скріпленням типу КБ) та порівняти із середніми значеннями строку служби термозміцнених та нетермозміцнених рейок за дослідженнями ВНДІЗТ в 1960-х роках [4].

Наукова новизна та практична значимість

На основі результатів обмірів колії та обробки статистичних даних вперше встановлено математичну залежність бічного зношення голівки рейки від 16-ти параметрів, що дало можливість виконати співставлення рівня впливовості розглянутих параметрів. На величину бічного зносу рейки найбільш негативно впливають радіус кривизни ділянки та несправний стан візків

рухомого складу. Найбільш ефективним способом боротьби зі зношенням рейок є змащення контакту колеса та рейки.

Визначено основні напрямки розвитку ресурсозберігаючих технологій експлуатації рейок та надані відповідні рекомендації для ділянок колії з важкими умовами.

В ході досліджень встановлено строк служби сучасних рейок за зносом в залежності від радіуса кривої, як найбільш впливового фактора.

Висновки

Таким чином, сучасні поверхнево загартовані рейки «Азовсталь» характеризуються невисокою зносостійкістю. До радіуса 800 м відбувається інтенсивне зношення бічної поверхні голівки, і рейки вилучаються по досягненню допустимого бічного зносу. В кривих більшого радіуса рейки вилучаються по досягненню допустимого приведеного зносу. В прямих та кривих великих радіусів рейки вилучаються по

досягненню допустимого вертикального зносу.

Особливим на рис. 3 є те, що графіки мають пологі та круту ділянки. Це пов'язано з різною динамікою та геометрією взаємодії колії та рухомого складу в кривих. Так виділяються діапазони кривих: 450 м і менше, від 450 до 850 м, 850 м і більше. Діапазон 450 м і менше часто в галузевій літературі називається кривими малого радіуса. Визначення «малий» радіус відсутнє. З точки зору зношення, малим радіусом можна назвати такий радіус кривої, який відповідає двом умовам:

1) рейки вилучаються по причині досягнення граничного бічного зносу;

2) збільшення радіуса на 10 м викликає збільшення строку служби рейки не більше, ніж на 4 млн. т бруто.

Слід відмітити, що збільшення строку служби рейки на 4 млн. т бруто при збільшенні радіуса на 10 м – це найменше значення, і воно практично не змінюється до 450 м включно. При радіусах більше 450 м його приріст на 10 м викликає збільшення строку служби рейки на 5 млн. т бруто і більше. По іншому говорячи, криві малого радіуса, це такі криві, в яких зміна радіуса має мінімальний ефект на строк служби рейки.

Таким чином, в прийнятті рішень, щодо ресурсозбереження рейок та при розробці заходів зменшення інтенсивності бічного зношення рейки та подовження строку служби необхідно

враховувати встановлений рівень впливовості факторів зношення, що дає можливість прогнозувати ефективність заходів. В галузевих стандартах необхідно встановити єдині правила розрахунку інтенсивності зношення та межі нормативної та наднормативної інтенсивності бічного зношення голівки рейки відповідно до розробленої методики.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України [Текст] : ЦП-0266; затв. Наказом 3 033-Ц від 01.02.2012.- К., 2012.- 150 с.

2. Арбузов М. А., Арбузова Є. В. Дослідження перевізного процесу як фактору експлуатації залізничної колії. Транспортні системи та технології перевезень / Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна.- Дніпро, 2020. – Вип. 20. С. 60-65

3. Матафонов А.В., Пыко А.Н., Ильиных А.С. Технологическое обеспечение качества поверхности рельсов при шлифовании в условиях железнодорожного пути. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Машиностроение. 2015.

4. Даніленко Е. І. Залізнична колія. / Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом / Підручник для вищих навчальних закладів (у 2-х томах). Київ, Інпрес, 2010. – Том 2- 456 с.

Надійшла до редколегії 17.10.2022.

Прийнята до друку 27.10.2022.

A. RADKEVYCH, M. ARBUZOV, E. ARBUZOVA

FORECASTING THE WORK RESOURCE OF THE RAILS IN DIFFERENT CONDITIONS OF OPERATION OF THE RAILWAY TRACK

In different operating conditions of the railway track, the service life of the rails is different. This indicates that there are external factors that have a significant impact on the process of rail wear. In the work, the analysis of influential factors was carried out and their degree of influence was determined in comparison with each other and in the statistical population.

To study this problem, the most difficult section of the Slavsko-Lavochne-Beskid-Volovets track on the regional branch of Lviv Railway was chosen. The collection and processing of statistical data was carried out, measurements of the rail track and measurements of rail wear were carried out.

The process of lateral wear of the rail depends on various factors, among which it is possible to single out those that are the same for the entire curve, and those that are different for different intersections of the curve. For the entire curve, the tonnage passed, the radius, the set speed, the rise of the outer rail, the longitudinal slope, the type of rails and the binding are the same. These parameters can be called global for the curve, and the wear that depends on them is global. Along the curve, there are local irregularities, that is, deviations in the plan, profile, pattern and inclination of the rail in the middle of the track. These parameters can be called local for the curve, and the wear that depends on them is local. Local wear is additional. The total side wear can be manifested to a greater or lesser extent depending on external conditions: lubrication, sanding of rails, excessive impact of wheels, which is taken into account by the coefficient of external conditions.

The results of track measurements show that when a horizontal unevenness appears on a curved section, the bending radius increases, and in such places, there is an increase in lateral wear. When the width of the track in the curves exceeds the established norms, there is also an increase in the amount of wear. Over-inflating causes the wheelset to slide to the inner rail. At the same time, the larger rolling circle is not on the outer wheel, but on the inner one. The

vertical force transmitted from the wheel to the rail is also greater along the inner thread. This leads to slipping of the wheel on the outer thread, which increases the lateral wear of the rail. As the measurements showed, when the slope of the rail increases from 1:20 to 1:10, the amount of lateral wear increases. The use of lubricators that lubricate the side surface of the rail head can increase its service life by 3 times. An increase in the surface roughness of the rail by 20 μm leads to a decrease in wear resistance by 20-25%. Based on the received empirical data, a mathematical model of lateral wear of the rail head based on 16 parameters was created.

Based on the norms of permissible wear of the rails and the created mathematical model, the service life of the rails is determined in the work depending on the curvature of the track. Forecasting the resource of rails allows to implement resource-saving in railway transport.

Keywords: forecasting, resource, rail wear.