

УДК 625.033

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.142.2013.84619>

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

Канд. техн. наук А.М. Штомпель, Л.А. Натягова, М.В. Портянкін

ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ РЕЛЬСОВЫХ ПЛЕТЕЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

Канд. техн. наук А.Н. Штомпель, Л.А. Натягова, Н.В. Портянкин

INCREASE SERVICE LIFE RAFT IN THE OPERATION OF RAIL WELDED TRACK

Cand. of techn. science A.N. Shtompel, L.A. Natiagova, N.V. Portiankin

У статті розглядаються питання щодо підвищення строку служби рейкових плітей при експлуатації безстикової колії; наведено результати досліджень з визначення заходів, які забезпечують збільшення міжремонтного циклу конструкції колії.

Ключові слова: безстикова колія, рейкові пліті, напрацьований тоннаж, зрівнювальний прогін, строк служби, геометричні нерівності, профільне шліфування.

В статье рассматриваются вопросы повышения срока службы рельсовых плетей при эксплуатации бесстыкового пути; представлены результаты исследований по установлению мероприятий, которые обеспечивают увеличение межремонтного цикла конструкции пути.

Ключевые слова: бесстыковой путь, рельсовые плети, наработанный тоннаж, уравнивательный пролет, срок службы, геометрические неровности, профильное шлифование.

"Strategy of Railway Transport of Ukraine till 2020". Provides, inter alia, improving the management of traveling facilities to increase the efficiency of its operations, including by increasing the life of the construction of the rail track.

Operational efficiency based on certain events that are aimed at extending the life of the upper track structure with minimal cost of its arrangement and maintenance.

The article is devoted to improving the life of the operation of rail raft welded rails, the results of studies to determine the measures to increase the rate of structural overhaul cycle track.

Keywords: welded Track Rail raft accumulated tonnage, egalitarian span, lifetime, geometric inequalities, profile grinding.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими (практичними) завданнями. Безстикова колія на залізобетонних шпалах (БК) є основною конструкцією верхньої будови на залізницях України. На сьогодні протяжність БК становить приблизно 73 % розгорнутої довжини головних колій.

Регресійний аналіз статистичних даних [1] дозволив встановити

функціональну залежність зміни протяжності БК ($L_{\text{безст.}}$) на головних коліях залізниць протягом розрахункового періоду (2007-2011 рр.), тис. км:

$$L_{\text{безст.}} = 19,9 + 0,37t, \quad (1)$$

де t – поточний рік експлуатації конструкції БК в межах розрахункового періоду.

Лінійний характер наведеної залежності $L_{\text{безст.}} = f(t)$ підтверджується коефіцієнтами кореляції r і детермінації r^2 , значення яких у даному випадку становлять відповідно $r=0,999$ та $r^2=0,997$.

«Стратегія розвитку залізничного транспорту України до 2020 р.» передбачає, зокрема, удосконалення системи ведення колійного господарства (КГ) з метою підвищення ефективності його діяльності, у тому числі за рахунок збільшення строку служби конструкції залізничної колії (ЗК).

Основною продукцією КГ є технічний стан конструкції ЗК, що знаходиться в експлуатації. Згідно з п. 3.1 [2] «усі елементи залізничної колії... за ... станом мають забезпечувати безпечний і плавний рух поїздів із швидкостями, встановленими на даній ділянці». На сучасному етапі означена вимога доповнюється ще і ефективним функціонуванням конструкції ЗК (на певній ділянці), що у свою чергу передбачає оптимальні витрати на улаштування колії та її експлуатацію протягом «життєвого» циклу.

Таким чином, ефективність експлуатації БК ґрунтується на певних заходах, спрямованих на подовження строку служби верхньої будови колії (ВБК) з мінімальними витратами на її улаштування і технічне обслуговування (у процесі функціонування на певній ділянці залізниці).

Саме цим обумовлюється актуальність питань, що розглядаються нижче, і їх зв'язок з практичними завданнями КГ залізниць на сучасному етапі.

Аналіз основних досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми. Результати досліджень, що висвітлюються нижче, базуються зокрема на наукових роботах [3-6]. Однак у цих роботах не повною мірою простежується комплексність заходів, які можна застосовувати (на певній ділянці залізниці) для збільшення строку служби рейкових плітей БК.

Мета даної статті полягає у визначенні комплексу заходів, які сприяють подовженню строку служби рейкових плітей безстикової колії в процесі її експлуатації.

Виклад основного матеріалу дослідження. Конструктивно верхня будова БК монтується з рейко-шпальної решітки (РШР) і підшпальної основи (баластовий шар). Основним елементом, який сприймає динамічне навантаження від коліс рухомого складу, а потім передає це навантаження на інші елементи ВБК, є рейкові пліті і, як наслідок, динамічні напруження, що виникають у рейкових плітях під поїзним навантаженням, в основному, визначають ступінь напружень, які з'являються в інших елементах ВБК.

Головним недоліком конструкції БК є наявність зон зрівнювальних прогонів між суміжними рейковими плітями. У цих зонах спостерігається підвищений рівень динамічної взаємодії коліс рухомого складу та колії і, як наслідок, - інтенсивний вихід елементів ВБК за дефектами. Саме на ці ділянки БК припадає 70-80 % загальних витрат, пов'язаних з утриманням конструкції ВБК у справному стані.

Визначена особливість конструкції БК (наявність зон зрівнювальних прогонів і присутність стикових з'єднань рейок) обумовлює зниження експлуатаційної надійності елементів РШР, що в свою чергу негативно впливає на ефективність роботи конструкції БК в цілому при напруженні тоннажу.

У роботі [6] встановлено функціональні залежності виходу елементів конструкції БК у дефектні від обсягу напруженого тоннажу T , млн т бруто. У табл. 1 наведено математичні моделі, які характеризують сумарний одиночний вихід рейок у дефектні під час експлуатації БК (рейкові пліті довжиною $l_{\text{пл}}=650$ м зварені з термозміцнених рейок типу Р65; залізобетонні шпали; щебеневий баласт; швидкість руху поїздів $V=100$ км/год; середнє осьове навантаження $P_{\text{ос}}=155$ кН).

Таблиця 1

Показник	Математична модель залежності $\gamma_{\text{рейок}} = f(T)$	
	зона середньої частини рейкових плітей	зона зрівнювальних прогонів
Сумарний поодинокий вихід у дефектні термозміцнених рейок типу Р65, шт./км	$\gamma_{\text{рейок}} = 0,56 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (2)	$\gamma_{\text{рейок}} = 5,5 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (3)

Видно, що інтенсивність появи дефектних рейок у зоні зрівнювальних прогонів значно вище (у даному випадку в 10 разів) порівняно з середньою частиною рейкових плітей (без урахування їх температурно-рухомих кінців). Тому ліквідація цих зон є діючим заходом

підвищення довговічності рейкових плітей БК в процесі експлуатації.

У табл. 2 наведено результати розрахунків з визначення інтенсивності ураження рейок дефектами для конструкції БК з плітями різної довжини. Розрахунки виконувалися із застосуванням залежностей (2-3).

Таблиця 2

Довжина, м		Функціональна залежність $\gamma_{\text{рейок}} = f(T)$, шт./км
рейкової пліті	у т.ч. її середньої частини на 1 км БК [6]	
650	845	$\gamma_{\text{рейок}} = 1,33 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (4)
1250	930	$\gamma_{\text{рейок}} = 0,91 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (5)
2450	964	$\gamma_{\text{рейок}} = 0,74 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (6)
4250	980	$\gamma_{\text{рейок}} = 0,66 \cdot 10^{-8} \cdot T^3$ (7)

Аналіз отриманих результатів свідчить, що при збільшенні довжини рейкових плітей БК спостерігається певне зниження параметра $\gamma_{\text{рейок}}$ при напрацюванні тоннажу. Змінення величини цього параметра відбувається за деякою криволінійною залежністю й при $l_{\text{пл}} > 4500$ м його значення наближається до 0,65 шт./км після пропускання 1 млн т бруто вантажу.

Таким чином, шляхом ліквідування зон зрівнювальних прогонів (як наслідок, скорочення температурно-рухомих кінців рейкових плітей) і доведення довжини останніх (плітей) до 4,5 км і більше можна удвічі знизити інтенсивність появи дефектних рейок (на 1 км колії) у процесі експлуатації БК. А це у свою чергу позитивно вплине на довговічність рейкових плітей та інших елементів ВБК.

На головних коліях I-IV категорій «життєвий» цикл конструкції БК (і відповідно строк служби рейкових плітей) обмежується напрацюванням 800 млн т бруто вантажу [8]. При цьому як додатковий критерій враховується допустимий сумарний вихід рейок з дефектності [$\gamma_{\text{рейок}}$] на 1 км колії за весь період експлуатації. Для конструкції БК на ділянках означених категорій цей показник становить [$\gamma_{\text{рейок}}$]=10 шт./км [9].

Якщо прийняти за основу вказане значення [$\gamma_{\text{рейок}}$], можна визначити (за формулами з табл. 2) прогнозний строк служби $T_{\text{прог}}$ рейкових плітей різної довжини (див. табл. 3) для прийнятих експлуатаційних умов (V; P_{ос}).

Таблиця 3

$\ell_{пл}, \text{ м}$	$T_{\text{прог}}, \text{ млн. т бруто}$
650	920
1250	1030
2450	1110
4250	1150

Видно, що функція $T_{\text{прог}} = f(\ell_{пл})$ відповідає криволінійній залежності, яка має зростаючий характер з асимптотою на рівні 1,2 млрд т бруто. Результати виконаних розрахунків добре кореспондуються з даними роботи [6], де строк служби рейкових плітей оцінюється у 1000-1100 млн т бруто.

Таким чином, задача, яка ставиться нині перед КГ, з підвищення «життєвого» циклу рейкових плітей до 1,1 млрд т бруто [7] може бути (певною мірою) досягнута шляхом збільшення їх (плітей) довжини (не менше 2,5 км) з ліквідуванням відповідних зон зрівнювальних прогонів.

Останнім часом у рамках системи ведення рейкового господарства як одне з пріоритетних напрямків розглядається профільне шліфування рейок (ПШР). Ця ремонтно-колійна робота виконується для оздоровлення поверхні кочення рейок (за рахунок зменшення розмірів геометричних нерівностей на головці рейок або повної їх ліквідації) і відновлення робочого профілю головки рейок шляхом зняття поверхневого (перенаклепаного) шару металу на ній (на головці). При цьому змінюються певні параметри технічного стану рейок, поліпшуються умови їх взаємодії з колесами рухомого складу, забезпечуються більша рівномірність й зниження рівня динамічних сил, що діють на елементи конструкції ВБК.

Геометричні нерівності на поверхні кочення рейок поділяються на довгі, середні та короткі. Останні (тобто короткі нерівності) суттєво впливають на рівень динамічного навантаження, що діє з боку рухомого складу на ВБК, і можуть бути у вигляді хвилеподібного зносу головки, її

ізолюваної нерівності, сідловин у зварних стиках і пробуксовок.

У роботі [4] досліджувалося змінення величини вертикальної динамічної сили $P_{\text{верт}}$, що передається від коліс вантажного (чотиривісного) вагона на рейкові пліті типової конструкції БК залежно від швидкості рухомого складу V , а також її (сили) складової $P_{\text{нер}}$, яка обумовлена наявністю геометричної нерівності на поверхні кочення головки рейок. За результатами цих досліджень функції $P_{\text{верт}} = f(V)$ і $P_{\text{нер}} = f(V)$ відповідають (для прийнятих умов) математичній моделі вигляду

$$P = A + B(V - 30), \quad (8)$$

де A, B – емпіричні величини (наведені у роботі [4]).

Зростання коротких нерівностей на головці рейок призводить до підвищення величини визначених сил ($P_{\text{верт}}$ та $P_{\text{нер}}$). При цьому погіршуються умови взаємодії рухомого складу та колії, ускладнюється робота елементів ВБК і, як наслідок, у ряді випадків виникає необхідність обмеження (на конкретній ділянці БК) швидкості руху поїздів.

У процесі експлуатації при напрацюванні тоннажу T геометричні нерівності на поверхні кочення рейок розвиваються. Встановлено [10], що змінення (приріст) їх глибини (параметр $\Delta e_{\text{нер}}$) залежить від вантажонапруженості дільниці Γ , млн ткм бруто/км колії за рік, V , км/год і T , млн т бруто і відповідає (для термозміцнених рейок типу Р65) математичній моделі

$$\Delta e_{\text{нер}} = (0,87 \cdot 10^{-5} \cdot V + 0,54 \cdot 10^{-6} \cdot \Gamma - 1,25 \cdot 10^{-4}) \Delta T, (9)$$

де ΔT – пропущений тоннаж (при зростанні глибини нерівності від $e_{\text{нер}1}$ до $e_{\text{нер}2}$).

Область застосування формули (9): $V > 25$ км/год; $\Gamma > 10$ млн ткм брутто/км за рік.

У табл. 4 наведено результати розрахунків величини $\Delta e_{\text{нер}}$ залежно від параметра ΔT (для діапазону $\Gamma = 10 - 40$ млн ткм брутто /км за рік і $V = 100$ км/год).

Таблиця 4

Г	Значення $\Delta e_{\text{нер}}$, мм при ΔT , млн т брутто									
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
10	0,19	0,38	0,56	0,75	0,94	1,13	1,31	1,50	1,69	1,88
20	0,19	0,38	0,57	0,76	0,94	1,13	1,32	1,52	1,70	1,89
30	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,52	1,71	1,90
40	0,19	0,38	0,57	0,76	0,96	1,15	1,34	1,53	1,72	1,92

Математична обробка даних у табл. 4 дозволила встановити функціональну залежність $\Delta e_{\text{нер}} = f(\Delta T)$, яка має лінійний характер й описується формулою (з областю застосування $\Delta T = 25 - 250$ млн т брутто)

$$\Delta e_{\text{нер}} = 0,19 + b(\Delta T - 25), \quad (10)$$

де b – коефіцієнт пропорційності, значення якого залежить від Γ та V (див. табл. 5).

Таблиця 5

V, км/год	Г, млн ткм брутто/км за рік	Значення коефіцієнта b
100	10	0,00751
	20	0,00756
	30	0,00760
	40	0,00769

Застосовуючи формулу (10) і враховуючи рекомендації, наведені у роботі [5], для конкретної ділянки колії з певними експлуатаційними умовами, можна встановити необхідну періодичність виконання ПШР (у межах «життєвого» циклу ВБК) і скоригувати міжремонтну схему (для даної ділянки колії).

Так, наприклад, на ділянці колії (з $\Gamma = 30$ млн ткм брутто/км за рік; $V = 100$ км/год) початкове значення параметра $e_{\text{нер}}$ становить 0,3 мм. Згідно з роботою [5] на цій ділянці геометричні нерівності на головці рейкових плітей не

повинні по глибині перевищувати 1 мм. За даними табл. 4 параметр $e_{\text{нер}} = 1$ мм слід очікувати після напрацювання 100 млн т брутто тоннажу, тобто у даному випадку роботи з ПШР необхідно призначати до виконання через кожні три роки експлуатації конструкції БК.

Набутий досвід свідчить, що періодичне шліфування рейкових плітей сприяє збільшенню строку служби їх (та інших елементів ВБК) у 1,5-2 рази. Це підтверджує ефективність ПШР як заходу з підвищення довговічності рейкових плітей і їх «життєвого» циклу.

Висновки з даного дослідження.
Комплекс заходів (ліквідування зон зрівнювальних прогонів БК та доповнення міжремонтної схеми роботами з

періодичного ПШР) слід розглядати ефективними технологіями підвищення довговічності рейкових плітей під час їх експлуатації.

Список використаних джерел

1. Довідник основних показників роботи залізниць України (2001-2011 роки) [Текст]. – К., 2012. – 53 с.
2. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст] / Міністерство транспорту України. – К., 2003. – 133 с.
3. Чорний, Ю.Я. Конструкція безстикової колії та експлуатаційний вихід за дефектами її елементів [Текст] / Ю.Я. Чорний, А.М. Штомпель // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 118. – С. 152-156.
4. Бугеря, А.В. Нерівності поверхні кочення рейок та їх вплив на стан конструкції колії [Текст] / А.В. Бугеря, В.Г. Дроботенко, А.М. Штомпель // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 126. – С. 213-216.
5. Абдурашитов, А.Ю. Профильное шлифование рельсов [Текст] / А.Ю. Абдурашитов // Путь и путевое хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 14-20.
6. Андреев, Г.Е. Многократное использование элементов путевой решетки с железобетонными шпалами [Текст] / Г.Е. Андреев, Т.А. Лапидус, Г.В. Мельков. – М.: Транспорт, 1989. – 143 с.
7. Абдурашитов, А.Ю. Повышение срока службы пути [Текст] / А.Ю. Абдурашитов // Путь и путевое хозяйство. – 2012. – № 12. – С. 13-15.
8. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [Текст]. – К., 2004. – 40 с.
9. Положення про систему ведення колійного господарства на залізницях України [Текст] / Е.І. Даніленко, М.І. Карпов, В.О. Яковлев та ін. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 96 с.
10. Скубак, В.Ф. Отказы рельсов и продление их срока службы [Текст] / В.Ф. Скубак, В.Л. Порошин, В.В. Порошин, О.И. Цысь // Путь и путевое хозяйство, 1997. – № 5. – С. 10-12.

Рецензент д-р техн. наук, професор А.А. Плугін

Штомпель Анатолій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: 730-10-24.

Натягова Лариса Анатоліївна, студент кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: 730-10-24.

Портянкін Микита Вікторович, студент кафедри колії та колійного господарства Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: 730-10-24.

Shtompel Anatoly, cand. of techn. sciences department track and travel industry Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: 730-10-24.

Natyahova Larisa A., stud. department of track and travel industry Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: 730-10-24.

Portyankin Nikita V., stud. department of track and travel industry Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: 730-10-24.