

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Воронько Олександр Миколайович

УДК 625.282:625.032.07

**ЗБІЛЬШЕННЯ МІЖРЕМОНТНИХ ПРОБІГІВ КОЛІСНИХ ПАР
ЛОКОМОТИВІВ ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ
ДОПУСКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНОСУ КОЛІС**

Спеціальність 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2010

Дисертація є рукописом.

Роботу виконано на кафедрі залізничного транспорту Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Ткаченко Віктор Петрович,
Донецька академія автомобільного транспорту,
перший проректор

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор
Маслієв В'ячеслав Георгійович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», кафедра
тепловозобудування і електричного транспорту,
професор

- кандидат технічних наук
Матяш Віктор Олександрович,
Полтавське проектно-конструкторське
технологічне бюро ремонту локомотивів,
директор

Захист відбудеться 16 грудня 2010 р. о 13⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розіслано 15 листопада 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Прохорченко А.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Починаючи із середини 90-х років на залізницях СНД спостерігається різке підвищення зносу гребенів бандажів коліс локомотивів, що стало серйозною загрозою безпеці руху поїздів і причиною значного збільшення матеріальних витрат на технічне обслуговування і ремонт тягового рухомого складу. Незважаючи на чисельні конструктивні удосконалення екіпажів з метою зменшення зносу гребенів, проблема залишається гострою і досі. Головною задачею практично всіх відомих досліджень зношування гребенів коліс було зменшення інтенсивності зношування, як єдиного шляху збільшення пробігу колісних пар між обточками та замінами бандажів – міжремонтних пробігів. Дослідження методів вирішення цієї задачі, наприклад, за допомогою гребенезмашування, поверхневого зміцнення бандажів і коліс, вибору оптимального співвідношення твердості матеріалів колеса і рейки тощо, надали певних вагомих результатів.

Дана робота спрямована на збільшення міжремонтних пробігів колісних пар локомотивів за рахунок обґрунтованого вибору допускових геометричних параметрів профілів поверхонь кочення коліс, удосконалення технології контролю параметрів зносу гребенів бандажів. Автор стверджує, що від раціонального вибору допускових параметрів зносу суттєво залежать техніко-економічні і експлуатаційні показники роботи рухомого складу, а саме: пробіг колісних пар між обточками бандажів, сумарна кількість обточок бандажів за їх життєвий цикл, загальний строк служби бандажів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження проведені в рамках державної програми: «Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту і міського господарства» (рег.№02-02-104/01-04). Автор є співвиконавцем низки НДР, до яких увійшли основні положення дисертації: «Дослідження впливу на ресурс бандажів коліс локомотивів конструктивних і експлуатаційних факторів і розробка оптимальних заходів щодо його збільшення» (№ держ.рег. 0108U019876); «Дослідження з визначення оптимальних допускових параметрів зношування гребенів бандажів. Розробка програмно-технічних засобів моніторингу зношування гребенів бандажів» (№ держ.рег. 0108U009107); «Розробка і реалізація наукових основ енергоефективності рухомого складу залізниць і комплексу технічних рішень із удосконаленням системи випробувань» (№ держ.рег. 0109U000068).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є збільшення міжремонтних пробігів і загального пробігу колісних пар локомотивів.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання дослідження:

- дослідити залежність між допусковими параметрами зносу поверхонь кочення коліс локомотивів і міжремонтними пробігами колісних пар;
- обґрунтувати підхід до визначення допускових параметрів зносу гребенів коліс локомотивів;
- розробити математичну модель фрикційного гребеневого контактування коліс із колією при протишерстному русі екіпажа у стрілочному переводі;
- теоретично дослідити залежності коефіцієнта запасу стійкості щодо сходу колісних пар з рейок у стрілочному переводі від параметрів зносу гребенів коліс і швидкості руху;
- розробити пропозиції щодо системи моніторингу геометричних параметрів профілю бандажів локомотивів.

Об'єкт дослідження – процес контролю і визначення параметрів зносу поверхонь кочення коліс локомотивів в експлуатації.

Предмет дослідження – допускові параметри зносу гребенів коліс локомотивів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в окремих розділах роботи були використані наступні методи дослідження.

При аналізі даних щодо зносу гребенів бандажів коліс локомотивів та системи допускових параметрів зносу поверхонь кочення коліс рухомого складу – методи математичної статистики та методи планування експерименту.

При аналізі профілів поверхонь кочення та систем моніторингу зносу коліс і рейок на залізницях світу і визначенні тенденцій їх розвитку – методи емпіричного дослідження – порівняння.

При аналізі геометричних та кінематичних параметрів контактування колісної пари з рейками – методи теоретичного дослідження – математичне моделювання з використанням положень аналітичної та нарисної геометрії.

При дослідженні структури силової взаємодії в контактах коліс із рейками та розподілу навантаження між контактами двох-точкового контактування – методи теоретичного дослідження – математичне моделювання з використанням положень теоретичної та будівельної механіки.

При дослідженні фрикційних сил зчеплення у контактах коліс із рейками – методи теоретичного дослідження – математичне моделювання з використанням положень теорії тертя.

При дослідженні умов безпеки по сходу екіпажа з рейок – методи теоретичного дослідження – математичне моделювання на основі рівнянь Лагранжа II роду та чисельних методів інтегрування систем диференціальних рівнянь – методу Хеммінга.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше теоретично досліджено і експериментально доведено, що інтенсивність зношування гребенів коліс локомотивів в експлуатації функціонально залежить від допускових параметрів зносу коліс;

- концептуально обґрунтовано комплексний підхід до визначення допускових параметрів зносу поверхонь кочення коліс на основі двох основних критеріїв: міжремонтних пробігів колісних пар і безпеки руху щодо сходу колісних пар з рейок;

- удосконалено математичну модель фрикційної динамічної взаємодії гребенів коліс з елементами стрілочного переводу, яка відрізняється від відомих урахуванням жорсткості елементів стрілочного переводу і відхилення його параметрів від нормативних;

- за результатами теоретичного дослідження залежності коефіцієнта запасу стійкості щодо сходу колісних пар з рейок у стрілочному переводі від параметрів зносу гребенів коліс і швидкості руху отримала уточнену формулу для критичного співвідношення вертикального навантаження і прямого зусилля, що діють на колесо збоку рейки;

- удосконалено систему моніторингу зносу коліс локомотивів на основі індивідуалізації збору і обробки даних про знос гребенів по колісним парам у загальній базі даних Укрзалізниці.

Практичне значення одержаних результатів.

Запропоновані зміни до «Інструкції з формування, ремонту й утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм» (ВНД 32.0.07.001.2001) дозволять підвищити пробіги колісних пар між обточками на 10-15 %. Пропозиції викладені у звітах про НДР для ДНДЦ Укрзалізниці (№ держ.рег. 0108U009107) і Головного управління локомотивного господарства Укрзалізниці (№ держ.рег. 0108U019876).

Комплекс програмно-технічних засобів моніторингу зносу бандажів колісних пар локомотивів відкриває широкі можливості для дослідження і аналізу факторів, що впливають на інтенсивність зносу в експлуатації. Елементи системи моніторингу, а саме, електронні таблиці для реєстрації і первинної обробки результатів вимірювання у процесі моніторингу зносу бандажів передано до використання до депо Родакове. Повністю пропозиції викладено у звітах про НДР для ДНДЦ Укрзалізниці (№ держ.рег. 0108U009107) і Головного управління локомотивного господарства Укрзалізниці (№ держ.рег. 0108U019876).

Розроблений автором метод математичного моделювання гребеневого контакту колісних пар із елементами стрілочного переводу дозволяє значно підвищити вірогідність дослідження безпеки щодо сходу з рейок. Метод використано при розробці лекцій та тематики дипломного проектування за програмою підготовки магістрів зі спеціальності «Рухомий склад і спецтехніка залізниць» Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля.

Особистий внесок здобувача. Всі положення і результати, винесені на захист, були одержані автором самостійно. Конкретний персональний внесок здобувача в працях, опублікованих у співавторстві полягає в виконанні наступного:

- аналіз значущості факторів щодо сходу екіпажів із рейок [2];
- статистичний аналіз сходу з рейок вантажних вагонів [3];
- розробка програми розрахунку геометричних параметрів гребеневого контактування колеса з рейкою [4];
- розробка розрахункової схеми контактування колеса з рейкою [5];
- дослідження впливу форми профілю гребеневої частини бандажу на безпеку вкочування колеса на рейку [6];
- розробка розрахункової схеми екіпажа; визначення масиву незалежних змінних; формування системи диференційних рівнянь руху [7];
- аналіз геометричних характеристик профілю гребеня бандажа [8];
- розробка розрахункової схеми і визначення параметрів тестової ділянки колії [9];
- розробка алгоритму і програми розрахунку параметрів гребеневого контакту залежно від відносного положення колеса і рейки [10];
- виведення формули для визначення мінімально-допустимої товщини гребеня колеса, як функції від фактичного прокату [11];
- аналіз існуючої системи параметрів профілю поверхонь кочення коліс, що визначають ресурс бандажів; визначення метрологічних причин зниження ресурсу бандажів; пропозиції щодо зміни методів вимірювання параметрів зносу і визначення критеріїв прийняття рішення про відновлення профілю [12];
- виведення формули для визначення приведених радіусів контактування у гребеному контакті колеса із рейкою [13];
- аналіз недоліків лазерних профілометрів *ИКП* у системі моніторингу зносу коліс локомотивів; розробка пропозиції щодо удосконалення профілометрів для вимірювання параметрів профілю [14].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідались на Міжнародних науково-технічних конференціях «Проблеми розвитку залізничного транспорту» (АР Крим, 2006-2009рр.); на науково-технічних конференціях науковців СНУ ім. В.Даля (Луганськ, 2006-2009 рр.).

В цілому дисертацію докладено на наукових семінарах: каф. залізничного транспорту СНУ ім. В.Даля (Луганськ, 2009, 2010 рр.); каф. експлуатації та ремонту рухомого складу УкрДАЗТ (Харків, 2010 р.); каф. вагонів Державного економіко-технологічного університету транспорту (Київ, 2010 р.); науково-технічної ради Донецької академії автомобільного транспорту (Донецьк, 2010 р.).

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 14 наукових праць (12 з них – у наукових виданнях, включених до Переліків наукових фахових видань ВАК України): 11 статей – у наукових журналах (один –

закордонний); дві статті – у збірниках наукових праць; одна стаття – у матеріалах міжнародної наукової конференції.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації – 210 стор., з яких 125 стор. основного тексту; 98 рис. і 11 табл., з яких – 38 рис. і одна табл. – на 38 повних стор.; 2 додатки на 27 стор.; список використаних джерел з 176 найменувань – на 20 стор.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** показано актуальність теми, обґрунтовано вибір об'єкта і предмета дослідження, дана загальна характеристика роботи.

У **першому розділі «Аналіз допускових параметрів зносу гребенів коліс рухомого складу»** виконано аналіз даних моніторингу зносу гребенів бандажів коліс локомотивів по Укрзалізниці за 1996-2008рр.; огляд досліджень з проблеми зношування гребенів коліс рухомого складу; аналіз системи допускових параметрів зносу гребенів коліс локомотивів та стану питання щодо обґрунтованості вибору гранично-допустимих значень кута нахилу гребеня бандажа.

При аналізі досліджень факторів, що впливають на інтенсивність і характер зносу поверхонь кочення коліс і закономірність формоутворення їх профілів у процесі експлуатації виконано огляд наукових робіт вчених: С.Андрієвського, А.Беляєва, Є.Блохіна, В.Богданова, М.Винокурова, О.Голубенка, В.Іванова, І.Ісаєва, А.Камаєва, О.Когана, М.Ковальова, Д.Курасова, С.Куценка, В.Лазаряна, Д.Маркова, В.Маслієва, В.Медея, І.Ніколаєва, Ю.Осеніна, Н.Панькіна, А.Савоськіна, О.Сладковського, В.Ткаченка, М.Фришмана, Х.Хеймана, В.Хлебнікова, В.Яковлева. Автор звернув увагу на одну із вдалих спроб українських вчених щодо створення, так званих, «стабілізованих» профілів – *DMem1* і «*МІНТЕК*».

Виконано аналіз показників моніторингу зносу гребенів коліс локомотивів по залізницях України за даними Головного управління локомотивного господарства Укрзалізниці, а саме: інтенсивності зносу гребенів по залізницях та по типах локомотивів (мм/міс); абсолютної кількості обточок по місяцях, по роках та по залізницях (тис. шт.); середнього розрахункового ресурсу бандажів локомотивів по місяцях та по залізницях (тис. км).

На основі статистичного аналізу даних моніторингу автором отримано залежність міжремонтних пробігів від профілю коліс.

В дисертації приведено аналіз гранично-допустимих параметрів геометрії (рис. 1) і визначено допускові параметри зносу профілів бандажів.

Максимально-допустимий підріз гребеня можна визначити, як різницю між номінальною і мінімально-допустимою товщиною гребеня:

$$[\lambda] = b^* - [b]. \quad (1)$$

Мінімально-допустимий параметр крутості можна визначити як:

$$[qR] = qR^* - [\lambda - \xi], \quad (2)$$

де $[\lambda - \xi]$ – максимально-допустима різниця підрізів, відповідно, у точках А і В на рис. 1.

Вибір граничних значень кута нахилу гребеня пов'язаний, насамперед, із питаннями безпеки руху. Аналіз численних досліджень стійкості рухомого складу від сходу з рейок показує, що основною причиною сходу є відхилення параметрів екіпажа від нормативних. До таких параметрів, насамперед, відносяться: геометрія установки колісних пар і рами візка; поздовжні і поперечні зазори або нерівно-жорсткість у буксових вузлах; порушення установки автозчеплень; розбіг діаметрів поверхонь кочення коліс.

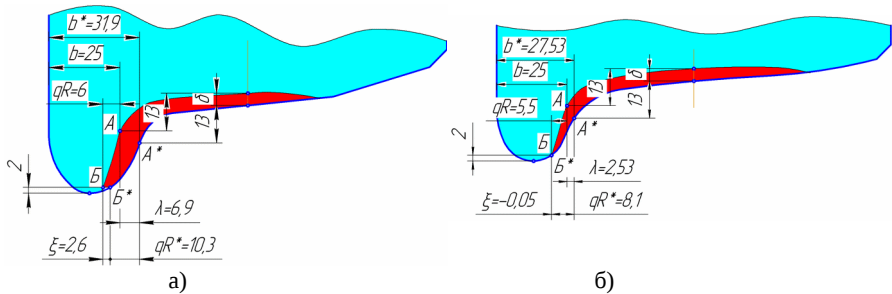


Рис. 1. Гранично-допустимі значення параметрів геометрії зносу профілів а) профіль ГОСТ 11018; б) профіль «МИНТЕК»:

b^* , b – відповідно, товщина гребеня нового і зношеного бандажа; δ – прокат – вертикальний знос по колу кочення; qR^* , qR – відповідно, параметр крутості гребеня нового і зношеного бандажа

На основі аналізу обґрунтованості гранично-допустимих значень кута нахилу гребеня бандажа автор приходять до висновку, що досі вибір цього параметру базувався на інтуїтивних, науково необґрунтованих підходах, що не враховують основні чинники проблеми: безпеку руху по сході з рейок та економічні показники процесу відновлення профілів коліс.

У другому розділі «Обґрунтування допускових параметрів зносу гребенів коліс рухомого складу» розглянуто геометричні параметри профілів коліс і рейок та кінематику і динаміку гребеневого контактування.

Для профілів ГОСТ 11018-2000 і «МИНТЕК» отримано геометричні характеристики контактування із рейкою – як залежності геометричних параметрів контактування від відносного положення колеса і рейки, що визначається поперечним dy_i і кутовим $d\psi_i$ переміщеннями колеса. В якості геометричних параметрів контактування розглядалися: координати центрів основного і гребеневого контактів колеса з рейкою –

$K_{1jk}(x_{1jk}, y_{1jk}, z_{1jk})$ і $K_{2jk}(x_{2jk}, y_{2jk}, z_{2jk})$; радіуси кочення колеса в центрах контактів – R_{1jk}, R_{2jk} ; ухили профілю колеса в центрах контактів – $\mathcal{J}'_{1jk}, \mathcal{J}'_{2jk}$. Алгоритм визначення характеристик контактування базується на пошуку координати U_k , при якій вертикальна відстань між точками рейки і колеса є мінімальною.

В якості кінематичних параметрів контактування розглядалися: кутова швидкість обертання k -ї колісної пари навколо власної осі обертання – $\dot{\varphi}_k$; кутова швидкість повороту k -ї колісної пари в горизонтальній площині – $\dot{\psi}'_k$; швидкості проковзування коліс відносно рейок у відповідних контактах – V_{1jk} (основні контакти) і V_{2jk} (гребеневі контакти); поздовжні і поперечні складові швидкостей проковзування у відповідних контактах – V_{xijk}, V_{yijk} .

На основі векторних рівнянь кінематичних складових отримано вирази для швидкостей проковзування в основних і гребневих контактах.

Визначено структуру сил зчеплення у контактах при гребневому контактуванні коліс із рейками, а саме: P_{1jk}, P_{2jk} – вертикальні навантаження, відповідно, у основних (1) і гребневих (2) контактах; H_{1jk}, H_{2jk} – горизонтальні складові нормального навантаження у контактах; S_{1jk}, S_{2jk} – сили зчеплення в контактах; $S_{x1jk}, S_{y1jk}, S_{y2jk}, S_{z2jk}$ – поздовжні (x), поперечні (y) і вертикальні (z) складові сил зчеплення в контактах у системах координат відповідних коліс; $F_{x1jk}, F_{x2jk}, F_{y1jk}, F_{y2jk}$ – поздовжні і поперечні складові сил зчеплення в контактах в абсолютній системі координат OXY . Система векторних рівнянь контактних сил абсолютної системи координат має вигляд:

$$\begin{aligned} \bar{X}_{jk} &= \sum_{i=1}^2 \bar{F}_{xijk}; & \bar{Y}_{jk} &= + \sum_{i=1}^2 (\bar{H}_{ijk} + \bar{F}_{yijk}); \\ \bar{Z}_{jk} &= \bar{S}_{z2jk} + \sum_{i=1}^2 (\bar{P}_{ijk} + \bar{P}_{ijk}). \end{aligned} \quad (3)$$

При гребневому контакті одного з коліс колісної пари контактування стає трьох-точковим з центрами контактів $K_{11k}, K_{12k}, K_{22k}$. При цьому система обпирання перетворюється в статично-невизначену систему. У зв'язку з чим задача про розрахунок розподілу навантажень у контактах вирішувалась із урахуванням деформацій елементів системи.

У розділі приведено результати дослідження щодо визначення раціональних допускових параметрів зносу гребенів бандажів.

Мінімально-допустиме значення параметра крутості гребеня $|qR|$.

На рис. 2 показано схему наїзду гребеня максимально зношеного профілю бандажа на гостряк стрілочного переводу.

На рис. 3 показано схему контактування гребеня з гостряком стрілочного переводу. Кут ухилу профілю β' в точці K'_2 контакту гребеня з гостряком, від якого залежить коефіцієнт запасу стійкості сходу з рейок, визначається положенням точки K'_2 на профілі гребеня.

На основі розрахункових залежностей кута нахилу профілю гребеня в точці контакту з гостряком від зазору між рамною рейкою і гостряком (σ), заниження вершини гостряка відносно рамної рейки (h) і параметра крутості гребеня (qR) отримано ізодіаграму для максимально-допустимого кута контакту з гостряком $[\beta'] = 60^\circ$ при різних значеннях параметра крутості qR (рис. 4).

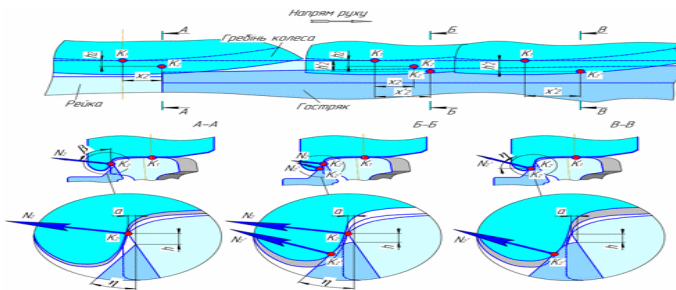


Рис. 2. Схема наїзду гребеня максимально зношеного профілю бандажа ГОСТ 11018 на гостряк стрілочного переводу (а) і схема гребневих реакцій в контактах з рамною рейкою (K_2) і гостряком (K'_2) (б)

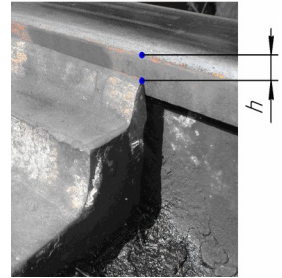
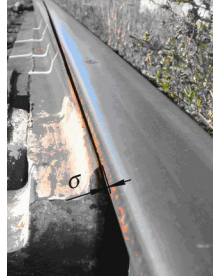
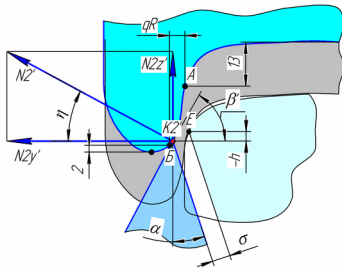


Рис. 3. Схема контактування гребеня колеса з гостряком

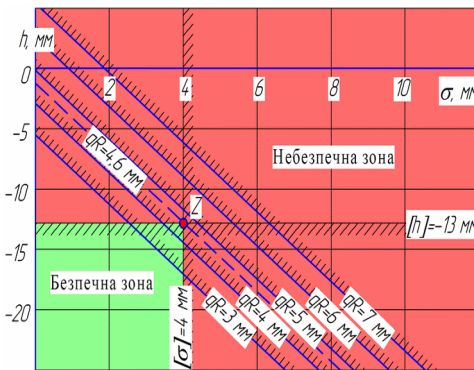


Рис. 4. Ізодіаграма для максимально-допустимого кута контакту гребеня з гостряком $[\beta'] = 60^0$

Штрихова ізолінія $qR = 4,6$ мм проходить через критичну точку безпеки (точка Z), що дає підставу, при існуючих нормах відхилення параметрів стрілочного переводу ($[h] = 13$ мм, $[\sigma] = 4$ мм) вибрати мінімально-допустиме значення параметра крутості $[qR] = 4,6$ мм.

Внаслідок зношування коліс, товщина гребеня і параметр крутості зменшуються від номінальних значень – відповідно b^* і qR^* – до мінімально-допустимих – $[b]$ і $[qR]$. На рис. 5 у вигляді блокуючих контурів показані області можливих

значень товщини гребеня b і параметра крутості гребеня qR . Лінія "а" – лінія номінальної товщини гребеня – визначається нерівністю $b(qR) \leq b^*$. Лінія "б" – обмеження по мінімально-допустимій товщині гребеня – $b(qR) \geq [b]$.

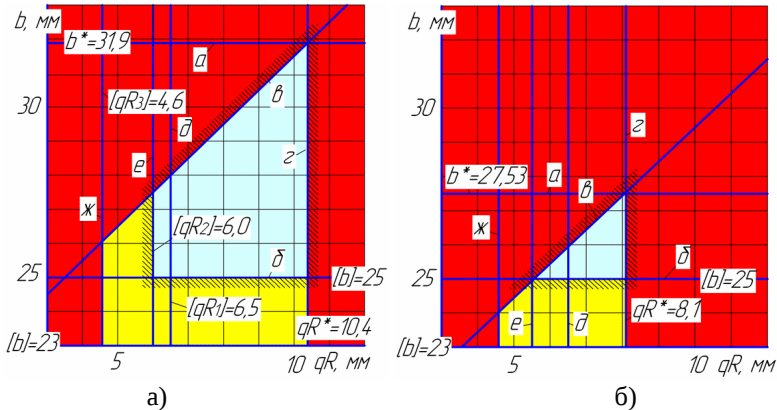


Рис. 5. Блокуючі контури можливих значень параметрів профілів бандажів у координатах $b - qR$: а) профіль ГОСТ 11018; б) профіль «МИНТЕК»

Лінія "в" обмежує область контуру за формою гребеня і відповідає нерівності $b(qR) \leq qR - qR^* + b^*$. Лінія "z" – лінія безпеки руху відносно сходу з рейок – яка визначається номінальним значенням параметра крутості гребеня за нерівністю $qR \leq qR^*$. Лінія "e" обмежує контур за умови відсутності небезпечної форми гребеня і визначається мінімально-допустимим значенням параметра крутості гребеня і нерівністю $qR \geq [qR]$.

Відповідно до ВНД 32.0.07.001.2001 для профілю ГОСТ 11018 (рис. 5а) $[qR] = 6,0$ мм, а для профілю «МИНТЕК» (рис. 5б) $[qR] = 5,5$ мм.

Мінімально-допустима товщина гребеня $[b]$. Мінімально-допустима товщина гребеня визначена Правилами технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ). При цьому товщина гребеня ($b_{ПТЕ}$) вимірюється на рівні 20 мм (для профілю «МИНТЕК» – 18 мм) від вершини гребеня. Вимірювання товщини гребеня за методикою наведеною у ВНД 32.0.07.001.2001 – гребневимірювачем ГУ-1 – базується, на відміну від ПТЕ, на поверхні кочення. Тому, значення товщини гребеня виміряне ГУ-1 залежать від прокату δ .

На рис. 6 показано розрахункові залежності між результатами вимірювання товщини гребеня різними методами – за ПТЕ та ВНД 32.0.07.001.2001. Зокрема, з рис. 6 видно, що для виконання вимог ПТЕ відносно мінімально-допусти-

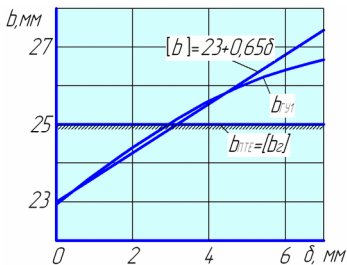


Рис. 6. Залежності між результатами вимірювання товщини гребеня за ПТЕ і ВНД32.0.07.001.2001

мої товщини гребеня, $b_c \geq [b] = 25 \text{ мм}$, товщина гребеня, виміряна ГУ-1, в залежно від прокату, коливається у межах від 22,9 мм (для $\delta = 0$) до 26,6 мм (для $\delta = 7$ мм). Зроблено висновок: для приведення у відповідність до вимог ПТЕ результатів вимірювання товщини гребеня за ВНД 32.0.07.001.2001 необхідно при кожному вимірюванні параметрів зносу визначати мінімально-допустиму товщину гребеня, як функцію фактично виміряного прокату δ , за наближеною формулою:

$$[b] = 23 + 0,65 \cdot \delta \quad (4)$$

У третьому розділі «Теоретичні дослідження умов безпеки по сходу екіпажа з рейок при русі в прямих, кривих ділянках колії і стрілочних переводах» представлено розрахункову схему і систему незалежних координат руху екіпажа тепловоза 2ТЕ116, диференціальні рівняння руху та результати дослідження впливу профілю гребеня коліс на стійкість екіпажа від сходу з рейок у прямих і кривих ділянках колії і стрілочних переводах.

Розрахункова схема включає 21 тверде тіло: кузов, дві рами візків, шість колісних пар і 12 ділянок рейок, контактуючих з відповідними колесами. Система має 36 ступенів свободи в плоскій горизонтальній системі координат. Прийнято низку допущень і ідеалізацій.

Детермінована математична модель руху екіпажу являє собою диференціальні рівняння, отримані на основі рівнянь Лагранжа другого роду:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_n} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_n} + \frac{\partial \Pi}{\partial x_n} = F_n, \quad (5)$$

де T , Π – відповідно, кінетична енергія руху мас системи та потенційна енергія пружних зв'язків системи; Φ – функція розсіювання демпферів зв'язків системи; \dot{x}_n , x_n – узагальнені швидкості і переміщення елементів екіпажу; F_n – узагальнені сили системи.

У процесі інтегрування системи диференціальних рівнянь руху екіпажу обчислювалися нормальні реакції в основних і гребневих контактах і напрямні зусилля в гребневих контактах. З огляду на необхідність перевірки вірогідності моделювання по похідних і проміжних параметрах руху, додатково розраховувалися кінематичні і динамічні параметри руху: бічні віднесення і кути виляння колісних пар і рам візків;

кутові швидкості обертання колісних пар; швидкості ковзання в основних і гребневих контактах; вертикальні навантаження в основних і гребневих контактах коліс із рейками.

На рис. 7 показано розрахункові залежності коефіцієнта запасу стійкості щодо сходу з рейок від параметра крутості гребеня і швидкості руху у пошерстному і протишерстному русі в стрілочному переводі.

За результатами моделювання наїзду колеса екіпажа на гостряк стрілочного переводу при протишерстному русі зроблено висновок: вплив швидкості руху на коефіцієнт запасу стійкості менш значний, ніж на коефіцієнт запасу по вповзанню на рамну рейку.

Наприклад, у межах допустимих відхилень параметрів технічного стану стрілочного переводу, при параметрах крутості гребеня $qR \geq [qR] = 4,6 \text{ мм}$, забезпечується проходження стрілки за відсутності небезпеки в'їзду на гостряк стрілочного переводу до швидкості $31,6 \text{ м/с}$, а за від-

сутності небезпеки вповзанню гребеня на рамну рейку – до 20 м/с . На підставі врахування в математичній моделі кочення колісної пари по колії кінематики гребневого контактування отримала уточнення формула Марьє для критичного співвідношення вертикального навантаження P_0 і напрямного зусилля Y , що діють на колесо збоку рейки. Встановлено, що мінімально-допустима величина відношення P_0 до Y залежить від кута набігання і може бути визначена за формулою:

$$\left[\frac{P_0}{Y} \right] = \frac{f_0 \cdot \cos \xi + \cos \beta}{\sin \beta}, \quad (6)$$

де f_0 – коефіцієнт тертя в гребневому контакті;

β – кут нахилу гребеня в гребневому контакті;

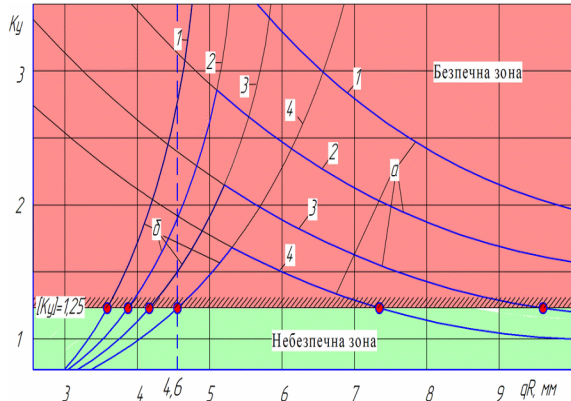


Рис. 7. Залежності коефіцієнта запасу стійкості щодо сходу з рейок від параметра крутості гребеня і швидкості руху

а) пошерстний рух у стрілочному переводі; б) протишерстний рух у стрілочному переводі; 1 - $V = 5 \text{ м/с}$; 2 - $V = 10 \text{ м/с}$; 3 - $V = 20 \text{ м/с}$; 4 - $V = 31,6 \text{ м/с}$

ξ – кут, що визначається за формулою:

$$\xi = \arctg \left(\frac{\sqrt{1 - \operatorname{tg} \psi' \cdot \operatorname{tg} \beta}}{\operatorname{tg} \psi' \cdot \operatorname{tg} \beta} - \operatorname{tg} \psi' \cdot \operatorname{tg} \beta \right), \quad (7)$$

де ψ' – кут набігання колеса на рейку.

У четвертому розділі «Програмно-технічні засоби моніторингу зносу гребенів бандажів колісних пар локомотивів» представлено розробку програмно-технічних засобів автоматизованої системи моніторингу зносу гребенів бандажів колісних пар локомотивів із використанням комп'ютерних технологій для одержання, розрахунку, вибірки, редагування, збереження і передачі інформації. Автор розглядає цю частину дослідження, як безпосередньо пов'язану із проблемами збільшення міжремонтних пробігів і підвищенням безпеки експлуатації локомотивів за рахунок удосконалення системи контролю параметрів зносу коліс.

Автором виконано аналіз відомих автоматизованих систем моніторингу зношування поверхонь кочення коліс рухомого залізничного складу: ARGUS, P&D-GRAW, РИФТЕК. Враховуючи те, що Укрзалізниця у 2007 році придбала партію лазерних профілометрів ИКП-5 виробництва ТОВ «РИФТЕК» (Білорусь) для дослідної перевірки їх працездатності, автор побудував автоматизовану систему моніторингу зносу бандажів локомотивів саме на цьому первинному приладі.

Розробка програмно-технічних засобів моніторингу зносу поверхонь кочення бандажів локомотивів включала наступні етапи: формалізація **вхідних, розрахункових** та **вихідних** даних моніторингу у межах локомотивного депо; розробка **структури обміну даних**; розробка **програмного забезпечення**.

Вхідними даними моніторингу є дані про показники зносу по кожному колесу рухомого складу, при вимірюванні коліс профілометром ИКП-5 у депо – дані вимірювання – та дані про пробіги локомотивів. Система вимірюваних параметрів профілів відповідає ВНД 32.0.07.001.2001. Автор значно спростив процедуру вводу даних у програму профілографа при первинних вимірюваннях.

Розрахункові дані – дані первинної обробки результатів вимірювання – показників зносу для кожної колісної пари локомотива: підріз гребенів колісної пари в точках А і Б (рис.1), як більші значення підрізів для лівого і правого коліс колісної пари; прокат бандажів колісної пари, як більший з прокатів лівого і правого коліс колісної пари; параметр крутості гребенів колісної пари, як менший з параметрів крутості лівого і правого коліс; зменшення товщини гребеня колісної пари у порівнянні із попереднім вимірюванням; абсолютне прирощення горизонтального зносу в точці Б колісної пари у порівнянні із попереднім вимірюванням; абсолютне зменшення параметра крутості колісної пари у порівнянні із попереднім вимірюванням; абсолютне прирощення прокату колісної пари у порівнянні із попереднім вимірюванням. Для усіх показників зносу розраховуються їх середньодобова інтенсивність на пробіг у мм на 10^4 км пробігу.

Структуру обміну даних моніторингу зносу гребенів показано на рис. 8.

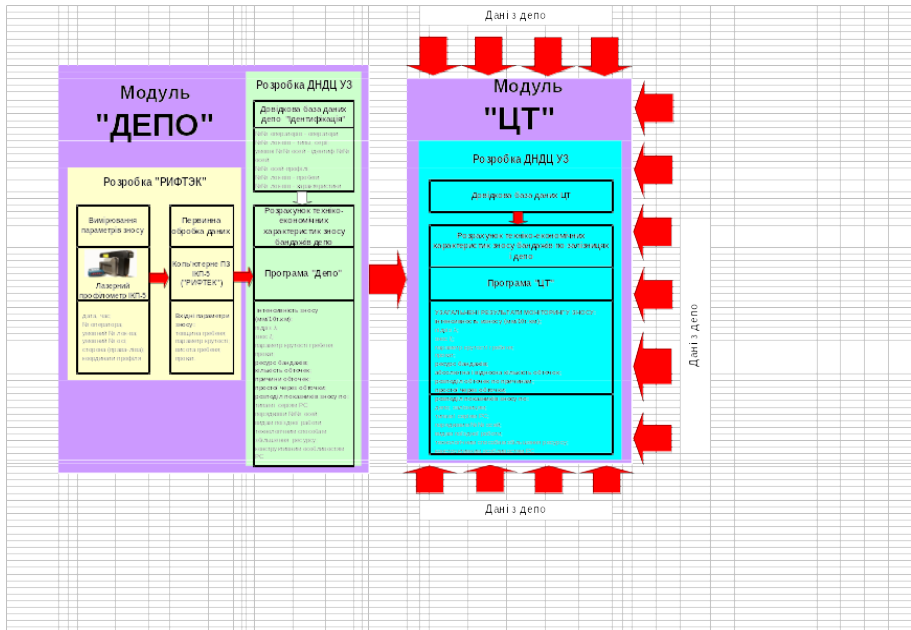


Рис. 8. Структура програмно-технічних засобів моніторингу зносу гребенів

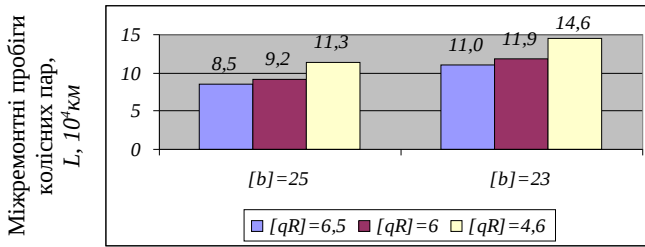
Програмне забезпечення виконує наступні функції: накопичення первинних даних про зношування колісних пар; розрахунок похідних параметрів зносу; аналіз динаміки зносу колісних пар; аналіз впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на термін служби бандажів. Склад програмного забезпечення: база даних первинних параметрів зношування – ІКР-5.dbf; програма обробки первинних даних і одержання звітів ІКР-5.xls; шаблон для введення даних, що ідентифікують локомотиви та колісні пари (Identification.xls); шаблон для введення даних про пробіги локомотивів (Probeg.xls); бібліотека BDE (Borland Database Engine) для імпорту первинних даних.

Автором розроблено низку пропозицій щодо удосконалення конструкції і програмного забезпечення профілометра *ІКП-5*.

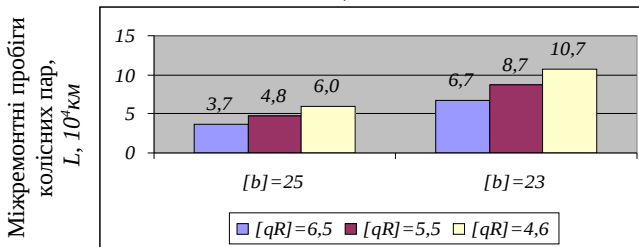
Техніко-економічний ефект роботи може бути отриманий за рахунок зменшення середньої інтенсивності зносу гребеня за період між обточками і, як наслідок, зменшення витрат на утримання, ремонт і заміну бандажів колісних пар локомотивів.

Дані про залежність інтенсивності зносу від параметра крутості гребеня були отримані автором на основі аналізу даних вимірювання геометричних

колів в експлуатації парку тепловозів 2ТЕ116 депо Родакове у період з січня 2006 р. по серпень 2008 р. (рис. 9).



а)



б)

Рис. 9. Залежності міжремонтних пробігів колісних пар від допусккових значень параметра крутості гребеня $[qR]$ при мінімально-допустимій товщині гребеня $[b] = 25 \text{ мм}$ і $[b] = 23 \text{ мм}$ для профілів:

а) ГОСТ 11018; б) «МІНТЕК»

На основі прогнозованого збільшення міжремонтних пробігів колісних пар локомотивів виконано розрахунок економічного ефекту від раціонального вибору допусккових параметрів зносу гребенів.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-прикладної задачі, що виявляється у збільшенні міжремонтних пробігів колісних пар локомотивів за рахунок раціонального вибору допусккових параметрів зносу гребенів коліс.

В роботі отримано наступні головні наукові та практичні результати.

1. Статистичний аналіз результатів моніторингу зносу гребенів коліс локомотивів Укрзалізниці показав, що інтенсивний підріз гребенів, через який суттєво скорочуються міжремонтні пробіги і загальний строк служби бандажів, залишається однією з нерозв'язаних проблем залізничного транспорту.

2. Міжремонтні пробіги колісних пар суттєво залежать від допусккових параметрів зносу гребенів, які не є достатньо обґрунтованими за

критеріями безпеки руху і техніко-економічними показниками експлуатації. Введення змін №1 і №2 до «Інструкції з формування, ремонту і утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм» (у ВНД 32.0.07.001.2001) позитивно вплинуло на збільшення ресурсу бандажів і дозволило підвищити пробіги колісних пар між обточуваннями на 10-15 %.

3. Концептуально обґрунтовано комплексний підхід до визначення допускових параметрів зносу поверхонь кочення коліс. Підхід базується на виборі мінімально-допустимого параметру крутості гребеня і мінімально-допустимої товщини гребеня на основі двох основних критеріїв: середньої інтенсивності зношування у період між обточками бандажів і безпеки руху щодо сходу колісних пар з рейок.

4. За результатами теоретичних досліджень протишертного руху локомотива у стрілочному переводі, з'ясовано, що вплив швидкості руху на коефіцієнт запасу стійкості щодо сходу з рейок внаслідок наїзду на гостряк, менш значний, ніж на коефіцієнт запасу стійкості щодо вповзанню гребеня на рамну рейку.

5. Отримано уточнену формулу для критичного, щодо сходу з рейок, співвідношення вертикального навантаження і напрямного зусилля, що діють на колесо збоку рейки. Обґрунтовано залежить цього співвідношення від кута набігання колеса на рейку.

7. Існуюча методика контролю небезпечної форми гребеня гребеневимірником ГУ-1 і пов'язана з нею система допускових параметрів зносу поверхонь кочення бандажів не відповідає основним вимогам «Правил технічної експлуатації залізниць України» і створює метрологічні передумови для необґрунтовано частих обточувань бандажів колісних пар, тим самим, штучно знижує їх міжремонтні пробіги.

8. Для приведення у відповідність положень існуючої «Інструкції з формування, ремонту і утримання колісних пар тягового рухомого складу» з «Правилами технічної експлуатації залізниць України» і збільшення, за рахунок цього, міжремонтних пробігів колісних пар необхідно прийняти наступні зміни допускових параметрів зносу бандажів:

8.1. Понизити мінімально-допустиме значення параметра крутості гребеня для профілів *ГОСТ11018* і "МІНТЕК" до $|qR| = 4,6$ мм.

8.2. Мінімально-допустиму товщину гребеня визначати при кожному вимірюванні параметрів зносу, як функцію фактично заміряного прокату δ , за формулою:

$$|b| = 23 + 0,65 \cdot \delta.$$

9. Існуюча методика оцінки інтенсивності зносу гребенів в процесі моніторингу зносу бандажів, а саме зносу гребенів за одиницю часу (мм за місяць), не є об'єктивною, тому, що не враховує напруженості роботи бандажа. Запропоновані автором методика оцінки показників зносу за пробігами локомотивів і програмно-технічні засоби моніторингу зносу бандажів дозволять отримувати оперативну об'єктивну інформацію про

вплив різних чинників на міжремонтні пробіги колісних пар і обґрунтованого впровадження заходів для їх збільшення.

10. Розрахунковий економічний ефект від впровадження запропонованих автором заходів може складати для одного тепловоза від 25 до 120 тис.грн. на рік; для всього парку локомотивів Укрзалізниці – від 50 до 240 млн.грн. на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Воронько О. М. Засоби автоматизованого моніторингу зносу гребенів бандажів колісних пар локомотивів / О. М. Воронько // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2009. – №4 (134). – С. 62–67.

2. Воронько А. Н. Анализ критериев устойчивости железнодорожных экипажей от схода с рельсов / А. Н. Воронько, С. Ю. Сапронова, В. П. Ткаченко // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2006. – №8 (102). – С. 115–120.

3. Воронько О. М. Аналіз статистичних даних щодо умов сходу з рейок залізничних вантажних вагонів / О. М. Воронько, В. П. Ткаченко // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2007. – №9 (115). – С. 36–39.

4. Воронько А. Н. Решение геометрической задачи контактирования колеса железнодорожного экипажа с рельсами в среде Maple / А. Н. Воронько, В. П. Ткаченко, Т. Н. Чаплинская // Зб. наук. праць. – Харків : ХарДАЗТ, 2007. – Вип.81. – С. 161–168.

5. Воронько О. М. Геометричний аналіз гребеневої частини профілів поверхонь кочення коліс рейкових екіпажів / О. М. Воронько, Д. М. Діденко, С. Ю. Сапронова, В. П. Ткаченко // Зб. наук. праць. – Харків : ХарДАЗТ, 2007. – Вип.80. – С. 37–42.

6. Воронько О. М. Форма профілю поверхонь кочення коліс рухомого складу і проблеми безпеки руху залізниць / О. М. Воронько, С. Ю. Сапронова // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – 2008. – №1Е – режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Vsunud/2008-1E/08_vanbrz.htm.

7. Воронько О. М. Математичне моделювання сходу з рейок вантажного вагона при русі в прямих і кривих ділянках колії / О. М. Воронько, В. П. Ткаченко // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2007. – 8 (114). – ч.1. – С. 127–134.

8. Діденко Д. М. Ефективний профіль контактування коліс залізничних екіпажів з рейками / Д. М. Діденко, О. М. Воронько, С. Ю. Сапронова, В. П. Ткаченко // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2007. – №1 (107). – С. 136–140.

9. Сапронова С. Ю. Теоретичні дослідження зношування поверхонь кочення колісних пар локомотива 2ТЕ116 / С. Ю. Сапронова, В. П.

Ткаченко, С. Г. Грищенко, О. М. Воронько // Вісник Східноукр. нац. ун-ту. ім. В. Даля. Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2008. – №5 (123). – С. 104–111.

10. Ткаченко В. П. Исследование вкатывания гребня колеса на рельс / В. П. Ткаченко, А. Н. Воронько, Д. М. Диденко, С. Ю. Сапронова // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2005. – №5 (87). – С. 255–260.

11. Ткаченко В. П. До оптимізації системи нормативно-допускових параметрів зносу гребенів бандажів локомотивів / В. П. Ткаченко, С. Ю. Сапронова, О. М. Воронько, Г. В. Логвінов, О. М. Гончаров // Залізничний транспорт України. – Київ, 2009. – №1. – С. 37–39.

12. Ткаченко В. П. Увеличение ресурса бандажей колесных пар локомотивов (метрологический аспект) / В. П. Ткаченко, С. Ю. Сапронова, Д. М. Диденко, А. Н. Воронько // Залізничний транспорт України. – Київ, 2007. – №6. – С. 37–39.

13. Saproнова S. Regularities of shaping of a wheel profile as a result of deterioration of the rolling surface in exploitation / S. Saproнова, V. Tkachenko, N. Kramar, A. Voron'ko / Transport Problems // International Scientific Journal, 2008. – V.3. – Is. 4. – P.2. – P.47–57.

14. Сапронова С. Ю. Анализ возможностей использования лазерных профилометров ИКП в системе мониторинга износа гребней бандажей локомотивов / С. Ю. Сапронова, В. П. Ткаченко, А. Н. Воронько // Политранспортные системы: материалы VI Всерос. НТК, Новосибирск, 21–23 апреля 2009 г.: в 2-х ч. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. – Ч. 2. – С. 87–193.

АНОТАЦІЯ

Воронько О.М. Збільшення міжремонтних пробігів колісних пар локомотивів за рахунок раціонального вибору допускових параметрів зносу коліс. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків, 2010.

У роботі дістала подальшого розвитку теорія моделювання фрикційної взаємодії коліс локомотива з рейками. Розроблено методи збільшення пробігів колісних пар між обточуваннями бандажів за рахунок раціонального вибору допускових параметрів зносу коліс.

Встановлено, що однією з істотних причин зниження ресурсу бандажів локомотивів є необґрунтований вибір допускових параметрів зносу гребенів, що створює передумови для передчасних обточувань бандажів і, як наслідок, штучно зменшує міжремонтні пробіги колісних пар.

Запропоновано внести зміни до «Інструкції з формування, ремонту й утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниці України колії 1520 мм» відносно значень допускових параметрів, а саме мінімально-допустимого параметра крутості гребеня і мінімально-допустимої товщини гребеня.

Пропозиції автора дають змогу сподіватися на збільшення міжремонтних пробігів колісних пар на 20-25%.

Ключові слова: локомотив, колісні пари, контакт колеса із рейкою, фрикційна взаємодія колеса з рейкою, математичне моделювання, знос поверхонь кочення, ресурс бандажів, міжремонтні пробіги, підріз гребенів.

АННОТАЦІЯ

Воронько А.Н. Увеличение межремонтных пробегов колесных пар локомотивов за счет рационального выбора допускаемых параметров износа колес. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта. – Харьков, 2010.

В работе получила дальнейшее развитие теория моделирования фрикционного взаимодействия колес локомотива с рельсами. Разработаны методы увеличения пробегов колесных пар между обточками бандажей за счет рационального выбора допусковых параметров износа колес. Усовершенствована математическая модель взаимодействия колесных пар и пути, которая отличается от известных учетом жесткости элементов стрелочного перевода и отклонения его параметров от нормативных.

Автором исследованы условия безопасности по сходу с рельсов при противошерстном движении локомотива в стрелочном переводе. В частности, установлено, что величина критического соотношения вертикальной нагрузки и направляющего усилия, действующих на колесо, зависят от угла набегания колесной пары. Автором предложена формула для минимально-допустимого значения этого отношения. Установлено, что влияние скорости движения на коэффициент запаса устойчивости при наезде на остяк стрелочного перевода менее значительно, чем на коэффициент запаса устойчивости по вползанию гребня на рамный рельс.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации обеспечиваются благодаря использованию при моделировании износа колес и проверке теоретических результатов данных многолетнего мониторинга износа поверхностей катания колес по Укрзалізниці. При исследованиях учтены эксплуатационные отклонения параметров профилей колес и параметров стрелочных переводов от номинальных, как в пределах нормативных, так и в сверхнормативных значений. При математическом моделировании динамических процессов вписывания в стрелочные переводы использовались функции, описывающие

нелинейные связи между элементами экипажа, в частности, характеристики сил продольного и поперечного сцепления в основных и гребневых контактах колес с рельсами.

Показано, что одной из существенных причин снижения ресурса бандажей локомотивов есть необоснованный выбор допусковых параметров износа гребней, что создает предпосылки для преждевременных обточек бандажей и, как результат, искусственно уменьшает межремонтные пробеги колесных пар. Впервые, теоретически обоснованна и экспериментально доказана зависимость между допусковыми параметрами износа поверхностей катания колес локомотивов и интенсивностью изнашивания гребней колес в эксплуатации.

Предложены изменения к «Инструкции по формированию, ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог Украины колеи 1520 мм» (ВНД 32.0.07.001.2001) в части нормативно-допусковых параметров износа: минимально-допустимого параметра крутизны и минимально-допустимой толщины гребня.

Впервые, концептуально обоснован комплексный подход к выбору допусковых параметров износа поверхностей катания колес локомотивов на основе двух основных факторов: межремонтного пробега бандажей колесных пар и безопасности движения относительно схода колесных пар с рельсов.

Научную значимость работы составляют: развитие научных методов системного обоснования допусковых параметров технического состояния подвижного состава, в частности, предельно допустимых параметров износа профилей колес; усовершенствование методов моделирования фрикционного динамического взаимодействия элементов транспортных систем, в частности, процесса контактирования гребней колес с элементами стрелочного перевода.

В работе предложена усовершенствованная система мониторинга износа колес локомотивов путем индивидуализации сбора и обработки данных об износе по колесным парам на основе общей базы данных Укрзалізниці.

Существующая методика оценки интенсивности изнашивания гребней в процессе мониторинга, а именно измерение горизонтального износа гребней за единицу времени работы локомотива (*мм за месяц*), не является объективной, так как не учитывает действительной напряженности работы бандажа. Предложенный автором метод расчета показателей износа по пробегам локомотивов и программно-техническая система мониторинга износа бандажей позволят получать объективную информацию о влиянии разных факторов на межремонтные пробеги колесных пар и способствовать внедрению мероприятий для их увеличения.

Предложения автора позволяют надеяться на увеличение межремонтных пробегов колесных пар на 20-25%. Экономический эффект от внедрения предложенных в диссертации мероприятий составляет для

одного тепловоза 2ТЭ116 – от 25 до 120 тыс. грн. в год; а для парка локомотивов Укрзалізниці – от 50 до 240 млн. грн. в год.

Ключевые слова: локомотив, колесные пары, фрикционный контакт колеса с рельсом, математическое моделирование, износ бандажей, износ гребней, межремонтные пробеги, допусковые параметры износа гребня.

SUMMARY

Voron'ko O. Increasing of service life of locomotive wheelsets by a rational choice of acceptable parameters of wheels wearing. - It is Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a specialty 05.22.07 – a rolling stock of the railways and train traction. – a Ukrainian state academy of the railway transport, Kharkov, 2010.

Mathematical modeling of frictional wheel-rail contact has received further development in the dissertation. Methods of increasing the service life of wheelset between bandages repairs by choosing the rational parameters of wheels wearing.

One of the major reasons for lower lifetime of locomotive bandages is determined. This reason is the unreasonable choice of parameters ridges wear. It predisposes premature repairs of bandages and, consequently, artificially reduces service life of wheelsets.

The amendment of the departmental normative document "Regulations of the formation, repair and maintenance of wheelsets of traction rolling stock of Ukraine 1520" is proposed. The amendments concern such parameters: minimally-acceptable steepness parameter of the crest and minimally-acceptable thickness of the crest.

Introduction of offers of the author will allow to increase service life of wheelsets by 20-25 %.

Keywords: a locomotive, wheelset, frictional wheel-rail contact, mathematical modeling, wheels wearing, bandages wearing, bandages repairs, service life, acceptable parameters of wheels wearing.

Воронько Олександр Миколайович

**ЗБІЛЬШЕННЯ МІЖРЕМОНТНИХ ПРОБІГІВ КОЛІСНИХ ПАР
ЛОКОМОТИВІВ ЗА РАХУНОК РАЦІОНАЛЬНОГО ВИБОРУ
ДОПУСКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ЗНОСУ КОЛІС**

Спеціальність 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Надруковано з оригіналу автора

Відповідальний за випуск

Сергєєв І.Д.

Підписано до друку 12. 11. 2010 р. Формат видання 145x215

Формат 60x90/16. Папір для розмножувальних апаратів.

Друк офсетний. Обсяг 0,8 авт. арк.

Замовл. № Тираж 100 прим.

Видавництво Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля
91034, Україна, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а