

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

УДК 621.333

**Зубенко Денис Юрійович**

**Підвищення надійності тягових передач електропоїздів**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ**

**дисертації на здобуття наукового ступеня**

**кандидата технічних наук**

**Харків – 2005**

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Вступ.** Сучасний стан міського та приміського рухомого складу потребує вирішення комплексу наукових та практичних задач його відновлення, утримання та ремонту. Напружена економічна ситуація в Україні не дозволяє в повній мірі поповнювати парк електропоїздів. Це викликає необхідність подовження строку експлуатації і вимагає розробку науково-обґрунтованих рекомендацій, що повинні забезпечити на належному рівні їх надійність.

**Актуальність теми** дисертації зумовлена необхідністю вирішення наукової задачі підвищення надійності тягових передач електропоїздів. Електропоїзд (як магістральний, так і метрополітену) є особливим видом транспорту для пасажирських перевезень і його нормальна робота багато в чому залежить від технічного стану вузлів екіпажної частини. Тому наукова задача пошуку та обґрунтування зменшення зносу та його контролю має актуальне значення. Крім того, постановою Кабінету Міністрів України №769 від 2.06.98р. затверджена Державна програма розвитку рухомого складу соціального призначення, яка передбачає комплекс науково-дослідних і конструкторських розробок, включаючи розробку і впровадження нових технологій обслуговування та ремонту електропоїздів. Це також потребує доопрацювання статистичних та інструментальних методів контролю стану тягових передач електропоїздів.

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

Дисертаційна робота виконана на кафедрі "Міський електричний транспорт" Харківської національної академії міського господарства в період 1998-2004р.р. відповідно до планів науково-дослідних робіт академії, що проводяться згідно з Державними і галузевими програмами та висвітлені в звітах: "Дослідження і розробка технічних пропозицій по підвищенню якості тяги та гальмування вагонів метрополітену" (№ГР0199U006494, 1998р., 123с.); "Розробка положення про порядок експлуатації міського транспорту з важкими умовами руху" (№ГР0102U009213, 2001р., 146с.); "Підвищення працездатності тягових електродвигунів вагонів метрополітену" (№ГР0203U001404, 2002р., 151с.).

### **Мета і завдання дослідження.**

Метою роботи є покращення технічного стану електропоїздів на підставі вирішення наукової задачі підвищення надійності їх тягових передач.

Виходячи з цього в дисертації поставлені наступні задачі:

- провести аналіз зносової рівномірності вузлів і деталей тягових передач;

- формалізувати задачу визначення ресурсу тягових передач по зносостійкості та з урахуванням зносової рівномірності;
- визначити залежність зносу робочої поверхні зубчастих коліс від терміну їх служби;
- науково обґрунтувати можливість прогнозування ресурсу тягових передач без розборки методами технічної діагностики;
- отримати експлуатаційні параметри роботи електропоїздів за допомогою автоматизованої системи збирання і обробки інформації (АСЗОІ);
- доопрацювати технології контролю стану деталей тягових передач щодо їх об'єктивності за рахунок впровадження сучасних методів і приладів вібродіагностики;
- доробити методи інструментального контролю та вібродіагностування тягових передач за допомогою ПЕОМ.

*Об'єкт дослідження* – є процес зносу деталей тягових передач електропоїздів.

*Предметом дослідження* є узагальнення закономірностей зміни ресурсу тягових передач електропоїздів при експлуатації з різними технологіями їх ремонту.

*Методи дослідження.* Вирішення наукової задачі виконано на основі системного підходу, який включає технічну діагностику, теорію відновлення, теорію ймовірностей, математичну статистику і методи чисельного експерименту.

#### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Вирішена наукова задача підвищення надійності тягових передач електропоїздів, яка полягає у наступному:

- виконана оцінка надійності тягових передач з визначенням факторів, впливаючих на зносову рівномірність робочої поверхні зубчастих коліс за весь життєвий цикл; □
- Аачення і
- прогнозування зносу тягових передач у різних періодах експлуатації з урахуванням їх зносової рівномірності;

Аачення і

прогнозування зносу тягових передач у різних періодах експлуатації з урахуванням їх зносової рівномірності;

- отримані нові залежності зносу тягових передач від пробігу між ремонтами, які дають змогу прогнозувати термін їх роботи на подальший період;

- запропоновані моделі оцінки ресурсу тягових передач за даними вібродіагностики;

- дістали подальший розвиток методи вібродіагностування елементів тягових передач на сучасній апаратній основі з використанням ПЕОМ;

- за допомогою АСЗОІ отримані експлуатаційні параметри, що дозволяють оцінювати розбіжність характеристик електропоїздів отремонтованих за різними технологіями.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Поставлена у дисертації задача підвищення надійності тягових передач електропоїздів вирішувалась з допомогою нових підходів щодо одержання аналітичними і експериментальними методами інформації про технічний стан лімітуючих вузлів.

Обґрунтованість наукових положень базується на викладках, які поєднують отримані теоретичні результати з експериментальними дослідженнями та адекватністю висновків. Усі висновки досить повно розкривають суть питання, шляхи його вирішення, отримані результати та їх адекватність між теоретичними і експериментальними даними.

**Наукове значення роботи** полягає в можливості використання розробленої комплексної моделі визначення ресурсу тягових передач електропоїздів, методів оцінки ефективності контролю та діагностування для інших лімітуючих надійність вузлів та деталей рухомого складу залізниць України.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичне значення роботи полягає в наступному:

- запропонована комплексна методика досліджень зносової рівномірності деталей тягових передач електропоїздів, яка дозволяє прогнозувати їх остаточний ресурс;

- результати досліджень стали підставою для коректування технології ремонту екіпажної частини магістральних електропоїздів та електропоїздів Харківського метрополітену;

- розроблені та впроваджені технології інструментальних методів контролю і вібродіагностування, які дають змогу отримувати достовірну інформацію про технічний стан тягових передач електропоїздів.

**Особистий внесок здобувача.**

Всі положення і результати, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. У трьох публікаціях у співавторстві автору належать:

- в статті [1] визначені фактори, впливаючі на зносову рівномірність робочої поверхні зубчастих коліс тягових передач;

- в статті [3] виконана формалізація прогнозування ресурсу тягових передач по зносостійкості;

- в статті [4] запропоновані моделі оцінки доцільності впровадження технологій відновлення тягових передач.

### **Апробація результатів дисертації.**

Основні положення дисертаційної роботи докладалися та обговорені на:

- науково-технічних конференціях кафедр Харківської національної академії міського господарства та спеціалістів залізничного і міського транспорту (з міжнародною участю), Харків 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 роки.

Повністю дисертаційна робота докладалась на розширеному засіданні кафедри "Міський електротранспорт" УкрНАМГ, з участю членів спеціалізованої вченої ради Д64.820.04 (2004 р.).

**Публікації.** На тему дисертації опубліковано 8 статей. З них у виданнях, затверджені ВАК України як фахові – 5 (дві з них без співавторів).

**Структура роботи.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи містить 181 сторінку, з них обсяг основного тексту 125 сторінок; додатків, списку використаних джерел, рисунків та таблиць на 56 сторінках. Робота ілюстрована 29 рисунками, наведено 11 таблиць. Список використаних джерел складається з 123 найменувань.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтована необхідність проведення досліджень з підвищення надійності тягових передач електропоїздів. Доводяться актуальність, зв'язок роботи з науковими програмами, мета і задачі, методи дослідження, наукова новизна і значення роботи, обґрунтованість і достовірність, практичне значення, особистий внесок здобувача, апробація результатів і публікації, структурно-логічна схема дисертації.

**Розділ 1** присвячений аналізу зноса тягових передач електропоїздів. Він містить матеріали зносотійкості зубчастих коліс, інформаційне і методичне забезпечення оцінки експлуатаційної ефективності існуючих технологій при технічному обслуговуванні та поточному ремонті тягового рухомого складу (ТРС).

Дослідження по удосконаленню системи технічного обслуговування та поточного ремонту ТРС проводяться в країнах СНД під керівництвом відомих вчених: О.Б.Бабаніна, В.А.Беляєва, Б.Є.Боднаря, А.А.Босова, О.І.Володіна, О.Л.Голубенка, А.В.Горського, А.В.Грищенко, В.М.Кашнікова, В.І.Кисельова, Є.Є.Коссова, Т.Ф.Кузнєцова, О.Б.Подшивалова, Т.В.Ставрова, В.І.Сенька, В.В.Стрекопитова, Е.Д.Тартаковського, В.О.Четвергова

Для подовження ресурсу тягових передач запропоновано використовувати технології обробки спеціальним складом. В основі їх лежить можливість триботехнічних сполук РВС технологій (модифікаторів поверхні тертя) за певними умовами дифундувати в глибину поверхневого шару металів. Використання цієї технології для тягових передач за даними перспектив може дати:

- утворювати на робочій поверхні захисні металокерамічні покриття, що мають унікальні властивості (низький коефіцієнт тертя, високі фізико-хімічні характеристики, низький коефіцієнт теплопровідності, високу антикорозійну стійкість);
- відновлювати робочу поверхню шляхом нарощування металокерамічного покриття до початкових розмірів;
- виправляти дефекти поверхонь і порушень геометрії поверхонь деталей пар тертя.

Це викликає додаткову необхідність вдосконалення технології контролю та діагностування тягових передач електропоїздів.

У **розділі 2** запропонована комплексна модель оцінки ресурсу тягових передач електропоїздів на різних стадіях життєвого циклу.

Запропонована комплексна модель визначення зміни величин зносу  $\delta$ , швидкості  $V$  і прискорення  $W$  в функції часу роботи  $t$  у періоди припрацювання (I), нормальної експлуатації (II), інтенсивного зносу (III) та періоду подовження строку служби (IV), геометрична інтерпретація якої представлена на рис.1.

Формалізацію оцінки зносу в період I запропоновано проводити виходячи із залежності

$$\delta_{np} = k \left( \frac{\sigma_H}{HB} \right)^{\alpha_1} \left( \frac{\chi}{h_m} \right)^{\alpha_2} \left( \frac{RT}{Q} \right)^{\alpha_3} \left( \frac{v_{100}}{v_T} \right)^{\alpha_4}.$$

У цьому виразі  $k$  коефіцієнт, що ураховує фізико-технічні властивості контакту,  $\frac{\sigma_H}{HB}$  -

безрозмірний комплекс, що характеризує напружений стан контакту і площу

фактичного дотику тіл;  $\frac{\chi}{h_m}$  комплекс, що ураховує товщину змащувального шару та

шорсткість робочих поверхонь зубів,  $\frac{RT}{Q}$  комплекс, який характеризує властивість та

адсорбційну природу масляного шару;  $\frac{v_{100}}{v_T}$  - комплекс, що характеризує в'язкісні

властивості масла. Коефіцієнт  $k$  та показники ступеню  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  визначаються шляхом спеціальних експериментів у лабораторних умовах.

Для формалізації періоду (II) роботи тягових передач запропоновано (якщо умови роботи досить стабільні і швидкість зношування можна вважати постійною) термін служби визначати як

$$T_p = \frac{\delta_{max}}{\bar{V}},$$

де  $\delta_{max}$  – допустима величина зносу;  $\bar{V}$  – середня швидкість зношування. Цю

залежність можна застосувати коли зноси досягають значення  $\delta_{max}$ . Якщо прийняти

тривалість міжремонтного періоду  $T_p$ , то за цей час знос збільшиться на величину  $(\bar{V} \cdot T_p)$  і деталі тягової передачі необхідно замінити, якщо її знос лежить у межах  $\delta_{max} > \delta > (\delta_{max} - \bar{V} \cdot T_p)$ .

Значення допустимого зносу, починаючи з якого тягову передачу при поточних ремонтах необхідно ремонтувати визначиться як  $\delta_{don} = \delta_{max} - \bar{V} \cdot T_p$ .

Дійсний термін служби  $T_d$  тягових передач для періоду нормальної експлуатації запропоновано визначати слідуючим чином

$$T_d = \frac{\delta_d}{\bar{V}} = \frac{\delta_{max}}{\bar{V}} \cdot \frac{N}{N+1}.$$

На підставі обробки статистичного матеріалу отримані аналітичні залежності верхнього  $V_{e.d.}$  і нижнього  $V_{n.d.}$  інтервалів зносу для періоду (II)

$$V_{e.d.} = e^{0,0036T-2,16}, \quad V_{n.d.} = 0,0475 - 1,56T,$$

тобто залежність  $V_{e.d.}$  носить експоненціальний характер, а  $V_{n.d.}$  - лінійний.

Для періоду (III) інтенсивного зносу прогнозування ресурсу прийнята аналітична залежність прирощування  $\Delta\delta$ , тобто

$$\delta = (\bar{\delta} + h) \cdot 10^{\frac{t+t_2}{A}} + h,$$

де  $\bar{\delta}$  - середній знос робочої поверхні зубчастих коліс;  $h$  - коефіцієнт зсування кривої відповідно початку координат;  $A$  - коефіцієнт довговічності, який визначає форму прогнозуючої кривої. В нашій задачі - це експонента.

Для прогнозування періоду продовження строку служби (IV) покладено, що на знос робочої поверхні тягових передач значний вплив здійснює фактор зносової рівномірності. Тому з урахуванням нижнього  $T_{n.d.}$  і верхнього  $T_{v.d.}$  значення розвитку зносу була запропонована прогнозуюча залежність

$$\delta_n = \left[ A \cdot \ln \left( \frac{T_d + h}{h + T_{v.d.} + T_{n.d.} \cdot \tau} \right) \right] k_p,$$

де  $T_d$  - додатковий ресурс тягової передачі, одержаний за допомогою РВС-технологій;  $\tau$  - поправочний коефіцієнт;  $k_p$  - коефіцієнт зносової рівномірності, який визначався як

$$k_p = \frac{\sum_{i=1}^{z_B} q_B + \sum_{i=1}^{z_M} q_M}{\sum_{i=1}^{z_B} \bar{q}_B + \sum_{i=1}^{z_M} \bar{q}_M},$$

де  $\bar{Q}_B, \bar{Q}_M$  - початкова середня товщина зубів великої і малої шестерні перед обробкою за РВС-технологією;  $\bar{q}_B, \bar{q}_M$  - середня товщина зубів великої і малої шестерні після обробки за РВС-технологією;  $z_B, z_M$  - кількість досліджуваних зубів великої і малої шестерен.

Отримані прогнозуючі аналітичні та експериментальні залежності для поверхні зубчастих коліс тягових передач електропоїздів на етапі їх інтенсивного зносу (рис.2). У **розділі 3** досліджена динаміка зносу й міцність зубів тягової передачі до і після обробки за РВС-технологією.

Для проведення розрахунку міцності зібрані статистичні дані про тривалість роботи магістральних електропоїздів і електропоїздів метрополітену на різних режимах, які дозволили розрахувати випадкові навантаження за постійними, еквівалентними по впливу на тягові передачі. Вони визначалися як

$$N_G(V_j) = \left\{ \left( \frac{1}{T_p} \right) \sum_{i=1}^n [N_i(V_j)]^{\alpha_G} t_i \right\}^{\frac{1}{\alpha_G}}, \quad N_H(V_j) = \left\{ \left( \frac{1}{T_p} \right) \sum_{i=1}^n [N_i(V_j)]^{\frac{\alpha_H}{2}} t_i \right\}^{\frac{2}{\alpha_H}},$$

де  $N_i(V_j)$  - сила тяги на автотягачі в  $i$ -му режимі роботи при швидкості руху  $V_j$ ;  $t_i$  – тривалість  $i$ -го режиму роботи;  $T_p$  – сумарний час спостереження за роботою в заданому діапазоні швидкості руху  $V_j$ ;  $n$  – сумарне число режимів роботи за час  $T_p$ . Було встановлено, що перекручування профілю зубів призводить до мінливості передаточного відношення редуктора й виникненню в ньому під дією кінематичного збудження значних динамічних навантажень зубової частоти.

При розрахунку зубів на витривалість при вигині й на контактну витривалість за вихідні розрахункові навантаження  $S_{GO}$   $S_{HO}$  були прийняті найбільші значення  $S_{GO}$   $S_{HO}$  з отриманих вище еквівалентних для частково зношеної й обробленої за РВС-технологією тягових передач.

При плавних циклограмах навантаження числа зміни напруж  $S_{GE}$  і  $S_{HE}$  визначалися як

$$S_{GE} = 2,4 S_{GO} \int_{N_G(V)}^{N_{G \max}} \left( \frac{N_G(V) - N_{G \max}}{2 N_{G \max}} \right)^{\alpha_G} d \left( \frac{n_u}{2,4 S_{GO}} \right),$$

$$S_{HE} = 2,4 S_{HO} \int_{N_H^*(V)}^{N_{H \max}^*} \left( \frac{N_H^*(V) - N_{H \max}^*}{2 N_{H \max}^*} \right)^{\alpha_H} d \left( \frac{n_u}{2,4 S_{HO}} \right),$$

де  $dn_u$  - число циклів, що відповідає інтервалу швидкості  $dv$ ;  $S_{GO}$  - базове число циклів навантаження;  $S_{HO}$  - число циклів на контактну витривалість після обробки за РВС-технологією; 2,4 – коефіцієнт, що враховує частку, яка дозволяє розглядати, циклограми з найбільшими навантаженнями.

На основі цього були визначені коефіцієнти довговічності зубчастих тягових передач

$$k_{GL} = \left( \frac{S_{GO}}{S_{GE}} \right), \quad k_{HL} = \left( \frac{S_{HO}}{S_{HE}} \right).$$

На підставі даної методики вихідне розрахункове навантаження  $N_{G_p}$ , визначене за циклограмою  $N_G(V)$  для розрахунку зубів тягової передачі електропоїзда ЕР-2 на витривалість при вигині, після застосування РВС-технологій, була встановлена рівною  $75,6 \cdot 10^4 H$ . Аналогічно були визначені розрахункові навантаження для електропоїздів метрополітену:  $N_{G_p} = 67,9 H$ ; і  $N_{H_p} = 65,6 \cdot 10^4 H$ .

За попередніми даними на дослідних електропоїздах, тягові передачі яких були оброблені за РВС-технологіями, визначилась тенденція зменшення їх зносу, але для нормування показників ще недостатній обсяг інформації. Це стало передумовою для створення дагностичного комплексу та впровадження автоматизованої системи збирання і обробки експлуатаційної інформації (АСЗОІ) про технічний стан тягових передач.

У **4 розділі** для реалізації теоретичних положень приведені організаційно-технічні заходи щодо вдосконалення технології контролю і діагностування тягових передач електропоїздів. Крім статистичних запропонований комплекс інструментальних і апаратних методів вібраційного контролю параметрів екіпажної частини. Він включає до себе вібродатчики і переносний мікропроцесорний накопичувач даних, інтерфейс з ПЕОМ та програму обробки отриманих сигналів. За допомогою цих технічних засобів у базових локомотивних депо отримані дані відсотка відхилень діагностичних параметрів (у межах 5÷8%).

Вібраційне діагностування тягових передач проводилося за лінійним трендом віброприскорень (дБ) за часом напрацювання. Інтерпретація визначення ресурсу об'єкта діагностування наведена на рис.3а. Отримані співвідношення для прогнозування ресурсу  $T_p$ :

$$T_p = \frac{S_{\max} - S_H}{K_T}; \quad K_T = \text{tg } \alpha = \frac{S_{T_1} - S_H}{T_1 - T_o}; \quad S_{\max} = S_H + K_T \cdot T_p$$

де  $S_{\max}$ ,  $S_H$  - максимальні і початкові значення віброприскорень;  $K_T$  - кутовий коефіцієнт тренду;  $S_{T_1}$  - рівень вібрації у поточний момент часу.

На базі лінійного тренду віброприскорень запропонована модель експрес-діагностування максимального  $T_{\max}$  і залишкового ресурсу при обмеженій інформації – за результатами одного або двох вимірів вібраційного параметра. Максимальний і залишковий ресурси тягової передачі при відомих значеннях нормованого параметру  $S_i$ , його відхилення від максимального значення  $\Delta S_i$  та при напрацюванні від початку експлуатації на момент діагностування  $S_1$  можна визначити за коефіцієнтом ( $a$ ) швидкості наростання вібрації за допомогою одного виміру вібрації (рис.3а)

$$a = \frac{S_1 - S_i}{\Delta S_i}; \quad T_{\max} = \frac{T_1}{a}; \quad T_p = T_{\max} - T_1 = \frac{T_{\max} (S_n - S_1)}{\Delta S_n}.$$

При відсутності даних про напрацювання елемента з початку експлуатації необхідно провести два виміри через деякий проміжок часу напрацювання  $\Delta T_1$ . Тоді

$$a = \frac{\Delta S_1}{\Delta S_i}; \quad T_{\max} = \frac{T_2 - T_1}{a} = \frac{\Delta T_1}{a}; \quad \Delta T_1 = T_2 - T_1;$$

$$T_2 = \frac{T_{\max} (S_2 - S_i)}{\Delta S_i}; \quad T_p = T_{\max} - T_2.$$

Прогнозування залишкового ресурсу за зміною рівня вібрації зводилося до екстраполяції знайденого тренду й визначення моменту його перетинання з лінією  $\Delta S_{\phi}$  (значень вібраційних параметрів для функціональних елементів тягової передачі).

Для одержання експлуатаційних даних розроблена мікропроцесорна автоматизована система збору та обробки інформації (АСЗОІ). Сформульовані вимоги до складу та архітектури АСЗОІ, а також до прикладного програмного забезпечення. Запропоновано гнучку структурну схему АСЗОІ, що дозволяє під час експлуатації проводити реєстрацію і накопичення інформації від штатних датчиків на електропоїздах. Отримані залежності на дослідному парку магістральних електропоїздах та електропоїздах метрополітена використання потужності в функції часу, питомих витрат електроенергії з обробленими тяговими передачами за РВС-технологією. Проведені дослідження підтверджені матеріалами впровадження, у яких наведені основні результати виконаної роботи.

## ВИСНОВКИ

Підсумовуючи результати виконаного дослідження можна затвердити, що поставлена мета вирішена – досягнені позитивні результати випробувань нових технологій на підставі розробки

наукової задачі підвищення надійності тягових передач електропоїздів.

Крім того:

1. В роботі виконаний аналіз умов роботи тягових передач, їх динаміка і міцність, що висуває доцільність впровадження нових технологій ремонту та відновлення.
2. Розроблена комплексна модель оцінки ресурсу тягових передач електропоїздів для всіх стадій життєвого циклу, яка базується на лінійних та експоненціальних залежностях зносу робочої поверхні зубчастих коліс з урахуванням їх зносової рівномірності.
3. Одержані аналітичні залежності прогнозування ресурсу тягових передач на стадії їх інтенсивного зносу.
4. Запропонована модель визначення ресурсу на основі даних віброакустичного діагностування та отримані залежності для прогнозування залишкового ресурсу за екстраполяцією з найденого тренду й визначення моменту його перетинання з лінією граничного стану.
5. Виконана розробка мікропроцесорної автоматизованої системи збирання та обробки інформації (АСЗОІ), за допомогою якої отримані залежності навантаження тягових передач в функції часу, а також значення питомих витрат електроенергії дослідними та серійними електропоїздами.
6. На підставі впровадження дослідних зразків мікропроцесорних приладів та доопрацьованої технології вібромоніторингу екіпажної частини електропоїздів значно підвищений обсяг достовірної діагностичної інформації під час проведення технічного обслуговування та поточного ремонту.
7. На підставі зіставлення теоретичних даних з отриманими параметрами, під час експлуатаційних випробуваннях на дослідних електропоїздах, для ПЕОМ сформовані еталонні віброкритерії, які дозволяють при діагностуванні визначати конкретну відмову у вузлах тягових передач.
8. Запропоновані заходи на дослідному парку електропоїздів дозволило підвищити їх коефіцієнт готовності на 0,1%, скоротити час їх непродуктивного простою на 3% і підвищити безвідмовність у експлуатації на 7%.

### ***Основні положення дисертації опубліковані в роботах***

1. Далека В.Х., Зубенко Д.Ю., Білоус М.В. Підвищення ефективності захисту рухомого складу міського електротранспорту від корозії, старіння та біологічного пошкодження // Зб. наук. праць "Коммунальное хозяйство городов", ХНАМГ. - 2003. – Вип.49. – С.207-211.

2. Зубенко Д.Ю. Визначення віброакустичних характеристик тягових приводів електропоїздів // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків – 2004. - №39. – С.59-64.
3. Далека В.Х., Зубенко Д.Ю. Прогнозування ресурсу тягових приводів електропоїздів // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків – 2004. - №42. – С.43-51.
4. Далека В.Х., Зубенко Д.Ю. Исследование динамики износа зубчатых тяговых передач электроподвижного состава // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2004. - №4(10). – С.19-21.
5. Зубенко Д.Ю. Прогнозування ресурсу тягових передач електропоїздів метрополітену // Зб. наук. праць. – Харків.: УкрДАЗТ. - 2004.-Вип.64. - С.117-123.

Список робіт, додатково опублікованих за темою дисертації:

6. Далека В.Ф., Зубенко Д.Ю. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта подвижного состава городского электрического транспорта // Тезисы ХХІХ научно-технической конференции ХГАГХ. – Харьков. – ХГАГХ. – 1998. – С.8.
7. Далека В.Х., Зубенко Д.Ю. Экономия ресурсов на электрическом транспорте путем применения полимерных материалов и ремонтно-восстановительных составов // Тезисы ХХХ научно-технической конференции ХГАГХ. – Харьков. – ХГАГХ. – 2000. – С.ёб.
8. Словник термінів електротранспорту / Укладачі Ю.Ф.Зубенко, Д.Ю.Зубенко. – Х.: Харків, 2000.

## **АНОТАЦІЯ**

Зубенко Д.Ю. Підвищення надійності тягових передач електропоїздів. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.22.07 - "Рухомий склад залізниць і тяга поїздів", Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2005.

Дисертаційна робота присвячена питанням підвищення надійності тягових передач електропоїздів. Визначено зносостійкість деталей тягових передач із прив'язкою на термін служби. Формалізовано задачу визначення ресурсу тягових передач по зносостійкості та зносової рівномірності. Визначено залежність зношування робочої поверхні тягових передач і вплив на неї РВС-технологій. Визначені коефіцієнти довговічності для тягового приводу магістральних електропоїздів і електропоїздів метрополітену. Отримано експлуатаційні параметри роботи електропоїздів за допомогою автоматизованої системи збору й обробки інформації. Розроблений і впроваджений діагностичний комплекс із системою датчиків, накопичувачем інформації та програмним забезпеченням для ПЕОМ.

Ключові слова: діагностування, зношення, контроль, напруга, параметри, прогнозування, ресурс, технологія, тягова передача, електропоїзд.

## АННОТАЦИЯ

Зубенко Д.Ю. Повышение надежности тяговых передач электропоездов. 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, 2005.

Диссертационная работа посвящена вопросам повышения надежности тяговых передач электропоездов. Проведен анализ работ и методов оценки ресурса тяговых передач, который показал их низкую надежность в эксплуатации и недостаточный ресурс. Определены особенности РВС-технологий и их влияние на работу тяжело нагруженных деталей.

Формализована задача определения ресурса тяговых передач по износостойкости и износной равнопрочности. Предложена геометрическая интерпретация жизненного цикла тяговых передач. Она включает в себя четыре основных этапа: приработочный, эксплуатационный, интенсивного изнашивания и продления срока службы. Для каждого из этапов предложены соответствующие зависимости, исходя из которых можно определять и прогнозировать величину износа деталей тяговых передач в зависимости от величины срока службы.

Определены усталостные изгибные и контактные напряжения в зависимости от условий работы, на основании которых предложены коэффициенты долговечности при различных видах нагрузки электропоездов в эксплуатации.

Получены эксплуатационные параметры работы тяговых передач магистральных электропоездов и электропоездов метрополитена с помощью автоматизированной системы сбора и обработки информации. Определено, что многие параметры локомотива во время проведения испытаний не поддаются непосредственным измерениям и подлежат определению их расчетным путем. Установлено, что правомочность проведения испытаний должна все время подтверждаться контролем целого ряда параметров, определяющих соответствие электропоезда и его узлов требованиям технических условий. Поэтому к методике испытаний и используемой аппаратуре предъявляется безусловное требование оперативной информативности и наглядности. Всеми этими качествами в достаточной степени обладает предложенная автоматизированная система.

Доработаны и внедрены методы инструментального контроля и вибродиагностирования экипажной части электропоездов. Для этих целей разработан комплекс, включающий в себя систему датчиков, накопитель первичной информации, интерфейс с ПЭВМ, а также соответствующее программное обеспечение для расшифровки полученных данных.

Выполнена оценка эффективности предлагаемой технологии при ремонте и восстановлении рабочих поверхностей тяговых передач электропоездов.

Ключевые слова: диагностирование, износ, контроль, напряжения, параметры, прогнозирование, ресурс, технология, тяговая передача, электропоезд.

## **THE SUMMARY**

Zubenko D.U. Increase of reliability of traction transfers of electric. Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate technical science on a specialty 05.22.07 - "The rolling stock of railways and to pull of trains ", Ukrainian state academy of a railway transportation; Kharkov, 2005.

Dissertational work is devoted to questions of increase of reliability of traction transfers of electric trains. Wear resistance of details of traction transfers with binding to life is determined. The problem of definition of a resource of traction transfers in wear resistances and deteriorations equal durability is formalized. Dependence of deterioration of a working surface of traction transfers and influence on her of RVS-technology is determined. Factors of durability for a traction drive of the main electric trains and electric trains of underground are determined. Operational parameters of work of electric trains with the help of the automated system of gathering and processing of the information are received. The diagnostic complex with system of gauges, the storing device of the information and the software for the personal electronic computer is developed and introduced.

Key words: diagnosing, deterioration, the control, pressure, parameters, forecasting, a resource, technology, traction transfer, an electric train.