

**ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**Ліньков Віктор Васильович**

УДК 629.423.004.5: 625.42

**Удосконалення технології обслуговування і діагностування  
обладнання вагонів метрополітену**

05.22.07 – Рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

**Харків - 1999**

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківській державній академії залізничного транспорту на кафедрі “Експлуатація та ремонт рухомого складу”, Міністерства транспорту України

Науковий керівник

Доктор технічних наук, професор,  
Тартаковський Едуард Давидович, Харківська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедри “Експлуатація та ремонт рухомого складу”

Офіційні опоненти

1. Доктор технічних наук, професор  
Мороз Володимир Ілліч, Харківська державна академія залізничного транспорту, завідувач кафедри “Механіка та проектування машин”
2. Кандидат технічних наук, доцент  
Далека Василь Хомич, Харківська академія міського господарства, завідувач кафедри “Міський електричний транспорт”

Провідна установа

Харківський державний політехнічний університет, кафедра “Локомотивобудування”, Міністерство освіти України, м. Харків

Захист відбудеться “\_3\_” \_\_червня\_ 1999р.  
о \_14\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 у Харківській державній академії залізничного транспорту за адресою: 310050, м. Харків, пл. Фейєрбаха, 7.  
З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту

Автореферат розісланий “\_3\_” \_\_травня\_\_\_\_\_ 1999р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Запара В. М.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

### **Вступ**

Метрополітен, як особливий вид міського транспорту, є важливою частиною пасажирських перевезень і його нормальна робота багато в чому залежить від чіткого та злагодженого функціонування діючої системи обслуговування і ремонту.

Проведені раніше наукові дослідження безперечно доводять, що нормальна робота рухомого складу (РС) метрополітену багато в чому залежить від надійності обладнання вагонів. Тому в умовах старіння парку, погіршення його технічного стану, фінансових труднощів і відсутності централізованого постачання запасними частинами виникає як самостійна задача вдосконалення технології обслуговування і діагностування обладнання вагонів метрополітену, тобто напрямок досліджень, який забезпечує підвищення експлуатаційної надійності, скорочення витрат на ремонти і заміну запасних частин та їх вчасну доставку.

### **Актуальність теми.**

Забезпечення масових перевезень пасажирів при високій інтенсивності руху поїздів метрополітену викликає підвищені вимоги щодо дотримання безпеки і надійності обладнання вагонів.

Постановою Кабінета Міністрів України №769 від 2.06.98р. затверджена державна програма розвитку РС соціального призначення для залізничного транспорту і міського господарства, яка передбачає комплекс науково-дослідних і конструкторських розробок, включаючи розробку і впровадження нових технологій обслуговування та ремонту вагонів метрополітену.

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

Дисертаційна робота є частиною наукових досліджень, які проводяться ХДАЗТ у відповідності до програм та концепцій розвитку систем діагностування в локомотивному господарстві залізниць і рухомому складі метрополітенів України.

**Мета і задачі дослідження.**

Метою даної роботи є розробка прогресивної технології обслуговування обладнання вагонів метрополітену, яка базується на застосуванні засобів і заходів діагностування, науково-обґрунтованому забезпеченню запасними частинами і приладами (ЗІП) для РС.

Для досягнення означеної мети необхідно:

- проведення аналізу системи утримання і експлуатації РС з урахуванням факторів, які впливають на норми і витрати запасних частин;
- розробка методики кількісної оцінки надійності вагонів метрополітену, яка характеризує їх готовність до експлуатації;
- аналіз технічного стану обладнання вагонів метрополітену і визначення вузлів, лімітуючих безвідмовність та ремонтпридатність;
- огляд світового досвіду інформатизації технічного обслуговування, ремонту, діагностування і організації матеріально-технічного забезпечення РС метрополітену;
- розробка методики і проведення розрахунків діагностичної цінності інформації про стан обладнання вагонів метрополітену;
- проведення розрахункового дослідження ЗІП основних деталей обладнання вагонів метрополітену з оцінкою його достатності;
- експериментальне дослідження віброакустичних характеристик обладнання, віброактивності мастил, що застосовуються в тягових двигунах;
- реалізація нової технології обслуговування і діагностування із застосуванням пересувної станції, переносних портативних приладів з волоконно-оптичними перетворювачами, дистанційним контролем температур нагрівання букс, підшипників тягових двигунів, вібраційних характеристик важливого обладнання;
- дослідна експлуатація і апробація нової технології з техніко-економічною оцінкою.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Обґрунтована необхідність визначення технічного стану обладнання вагонів метрополітену згідно з діагностичною цінністю інформації, яка покладена в основу розрахунків ЗІП.

Отримані номограми визначення ЗІП для різних напрацювань РС, здійснена оцінка достатності запасу запасних частин для різних видів

технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) та її вплив на коефіцієнт готовності парку.

Отримані віброакустичні спектри частот, на підставі яких бракуються підшипники тягових двигунів, а їх еталонні величини використовуються при діагностуванні цих вузлів в експлуатації.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Вирішена задача вдосконалення технології обслуговування обладнання вагонів метрополітену, яка базується на застосуванні нової організації діагностичного і матеріально-технічного забезпечення. Результати роботи впроваджені на Харківському метрополітені при проведенні обслуговування РС за новою технологією. Вони включають до себе:

- організацію роботи пересувної станції обслуговування і діагностування на базі легкового автомобіля “Газель”;
- впровадження в технологічні процеси ТО і ПР переносних портативних діагностичних приладів на базі волоконно-оптичних перетворювачів, пірометрів і віброіндикаторів контролю стану підшипників.

### **Особистий внесок здобувача.**

У працях [1,3,4] дисертантом сформульовані основні критерії і вимоги до формування запасу ЗІП, кількісної оцінки надійності РС та запропоновано застосування пересувних майстерень на метрополітені. В праці [2], яка опублікована у співавторстві, автору належить постановка питання і обґрунтування методики експертних оцінок для вдосконалення технології ТО і ПР РС метрополітену.

### **Апробація результатів дисертації.**

Основні положення дисертації доповідалися на:

- VII Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми розвитку рейкового транспорту” (Крим, Лівадія, 1997р.);
- VIII Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми розвитку рейкового транспорту” (Крим, Алушта, 1998р.);

- засіданні науково-технічної комісії з розвитку систем діагностування у локомотивному господарстві, Харків, 1998р.;
- науково-технічних конференціях кафедр ХДАЗТ і робітників підприємств залізничного транспорту у 1994 – 1998 роках.

Повністю дисертаційна робота доповідалася на розширеному засіданні кафедри ЕРРС ХДАЗТ (1999р.).

### **Публікації.**

По темі дисертації надруковано 4 наукові роботи у виданнях, які затверджені ВАК України.

### **Структура та обсяг дисертації.**

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота містить 166 сторінок тексту, 24 ілюстрації, 12 таблиць, бібліографію з 102 найменувань і 7 сторінок додатків.

## **ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовується актуальність проблем, які стоять перед метрополітемом, а також шляхи їхнього вирішення.

**Перший розділ** дисертації містить аналіз системи обслуговування (РС) метрополітену. Вдосконалення системи обслуговування і ремонту відбувалося і відбувається, в основному, за рахунок зміни циклічності та періодичності, не порушуючи по суті технологію технічних обслуговувань. Аналіз надійності РС метрополітену показує, що по вагону в цілому великі трудовитрати на непланові ремонти. По системах дуже ненадійно працює електрообладнання, яке вимагає для себе значних додаткових витрат. Найбільш ненадійним є тяговий двигун на який витрачається додатково до 50% планових витрат. Проаналізовані існуючі системи ТО і ПР, які умовно поділені на чотири категорії, хронологічно відповідні першому, другому, третьому і четвертому поколінням. В системах першого покоління передбачений просто ремонт при відмові обладнання. Основою систем другого покоління є регулярні планово-запобігаючі огляди та ремонти, що значно знижують частоту відмов. В системах третього покоління використовуються певні форми моніторингу технічного стану обладнання з метою прогнозування очікуваних відмов. Це

дозволяє проводити ремонти до фактичної появи відмов та зводити до мінімуму тривалість відволікання обладнання від експлуатації. Відкрита структура програмного забезпечення систем ТО і ПР четвертого покоління дає можливість поєднувати їх з комп'ютеризованими системами.

Використання при цьому логістичної стратегії може дати істотний економічний ефект за рахунок оптимального розподілу складських запасів і ремонтних операцій між декількома депо, з направленням РС у ремонт у найбільш придатне депо.

В Харківському метрополітені проводяться заходи, пов'язані з вдосконаленням технології технічного обслуговування, підвищенням оперативності постачання, поліпшенням якості інформації про кожен одиницю рухомого складу, хоча вони і не носять системного характеру. Це викликає необхідність методичного поєднання різноманітних заходів і розробки наукового забезпечення. При цьому потрібно вивчити досвід інших метрополітенів, проаналізувати науково-дослідні роботи в суміжних галузях транспорту, намітити конкретні заходи для впровадження. Виходячи з цього, були сформульовані мета і задачі дослідження.

**Другий розділ** роботи присвячений дослідженню впливу діагностування і раціонального забезпечення запасними частинами на технічний стан РС метрополітену. Дослідження кафедри ЕРРС ХДАЗТ показали, що середня чисельність стану парку наближається і досягає через певний інтервал часу деяких граничних значень, а процес зміни стану носить характер стійкої рівноваги. Для кількісної оцінки тривалості функціонування системи ТО і ПР метрополітену запропоновано використовувати коефіцієнт готовності  $K_G$  як комплексний для оцінки безвідмовності і ремонтпридатності. Для призначення пріоритетів, а фактично для корегування технології техобслуговування і створення маршрутної технології, запропонована класифікація відмов РС згідно з параметричною надійністю. Проведені розрахунки взаємозв'язку відмов, результати яких оформлені в вигляді кореляційних решіток. Виключені з розгляду поєднання відмов, імовірність появи яких менш 0.01 (1%). Визначені три основних варіанти маршрутів: з розбиттям контрольно-діагностичних операцій на позиції і концентрацією діагностики в залежності від сполучення відмов і трудомісткості їх усунення.

Виходячи з цього запропоновано декілька структур систем організації постачання запасними елементами, які включають до себе такі складові частини:

- одиничний комплект ЗІП (ЗІП-О), що являє собою комплект запасних елементів, які надаються безпосередньо даному обладнанню для забезпечення його дієздатності;

- обмінний фонд ремонтного органу (ОФ-РО), що являє собою комплект запасних елементів які надаються ремонтному органу, що обслуговує групу об'єктів (не обов'язково ідентичних) і служать для заміни у РС елементів, що справні;

- комплект запасних елементів ремонтного органу (ЗІП-РО), що являє собою комплект запасних елементів, який надається ремонтному органу з метою забезпечення його дієздатності. Функціонування ремонтного органу (РО) полягає в усуненні відмов в несправних елементах за рахунок виявлення і заміни в них дрібних конструктивних елементів, що відмовили.

Таким чином, ремонтний орган, призначений для ремонту об'єктів, повинен бути забезпечений запасом типових вузлів, а ремонтний орган, призначений для ремонту вузлів – певним запасом деталей. На підставі цього розроблена нова структура системи забезпечення РС запасними елементами (СЗЗЭ). Заявка на запасний елемент, що надійшла від РС в комплект ЗІП, може бути задовольнена або негайно, або з деякою затримкою. Середній час між відмовою і відновленням запропоновано визначати у вигляді

$$T_{оч} = t_{пои} + t_{зам} + \Delta t_{ЗИП}, \quad (1)$$

де  $t_{пои}$  - середній час виявлення і пошуку несправного елемента, який визначається системою діагностування і не залежить від повноти комплекту ЗІП;

$t_{зам}$  - середній час заміни елемента, що відмовив справним запасним (за наявності його в ЗІП), який визначається ремонтпридатністю об'єкта і не залежить ані від системи діагностування, ані від повноти комплекту ЗІП;

$\Delta t_{ЗИП}$  - середній час затримки для виконання заявки на запасний елемент, який не залежить від системи діагностування об'єкта і визначається потоком відмов елементів і повнотою комплекту ЗІП.

Таким чином, знаючи середній час затримки для задоволення заявки на запасний елемент ( $\Delta t_{ЗИП}$ ), можна оцінити вплив обмеженості комплекту ЗІП на показник надійності обладнання РС. При цьому, імовірність того, що для ремонту елементу  $i$ -го типу знадобиться комплектуючий елемент  $j$ -го типу, визначиться з формули



$$P_{ij} = \frac{m_{ij} \lambda_j}{\sum_{j=1}^{M_{PO}} m_{ij} \lambda_j}, \quad (2)$$

де  $m_{ij}$  - кількість необхідних для ремонту елементів;  
 $\lambda_j$  - інтенсивність вимог на елементи певного типу.

Отже, інтенсивність потоку заявок на елементи  $j$ -ГО типу в ЗП-РО може бути визначена з формули

$$\Lambda_{jPO} = \sum_{i=1}^{M_{PO}} \Lambda_i P_{ij}, \quad (3)$$

де  $\Lambda_i$  - середня кількість елементів  $i$ -ГО типу, що надходять в РО за одиницю часу.

Обчислення показника достатності ЗП-РО  $\Delta t_{PO}^{TP}$  пропонується визначати з формули

$$\Delta t_{PO}^{TP} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{PO}} \Lambda_{jPO} \Delta t_{jPO}}{\Lambda_{PO}}. \quad (4)$$

На підставі прийнятого вибору і розрахункового визначення основних показників формування СЗЗЭ запропоновано раціональне формування ЗП для обладнання РС метрополітену при його обслуговуванні і ремонті.

В **третьому розділі** розглянуте діагностичне і матеріально-технічне забезпечення експлуатації РС метрополітену. Для вибору діагностичних параметрів запропоновано використання методу, який заснований на узагальненій формулі Байєса. Якщо є діагноз  $D_i$  і проста ознака  $k_j$ , що зустрічається при цьому діагнозі, то імовірність спільної появи подій (наявність у об'єкта стану  $D_i$  і ознаки  $k_j$ ) визначиться як

$$P(D_i k_j) = P(D_i) P(k_j / D_i) = P(k_j) P(D_i / k_j). \quad (5)$$

З цього рівняння можна отримати

$$P(D_i / k_j) = P(D_i) \frac{P(k_j / D_i)}{P(k_j)}, \quad (6)$$

де  $P(D_i)$  - імовірність діагнозу  $D_i$ , що визначається згідно з статистичними даними.

За діагностичну вагу реалізації ознаки  $k_j$  для діагнозу  $D_i$  прийнято, що

$$Z_{D_i}(k_j^*) = Z_{D_i}(k_{js}) = \log_2 \frac{P(D_i / k_{js})}{P(D_i)} \quad (7)$$

де  $P(D_i / k_{js})$  - імовірність діагнозу  $D_i$  за умови, що ознака  $k_j$  отримала значення  $k_{js}$ .

Для оцінки несправностей і відмов були вибрані наступні системи діагнозів: Д1 – обладнання вагонів метрополітена, що відмовило у неплановому порядку замінюється запасним, яке є у наявності; Д2 - – обладнання вагонів метрополітену, що відмовило у плановому порядку замінюється запасним, яке є у наявності; Д3 - – обладнання вагонів метрополітену, що відмовило через відсутність запасу. Для неремонтуємого обладнання були визначені такі ознаки: К1 – електровакуумні вироби; К2 – гальмова колодка; К3 – деталі механізму автозчіплювача; К4 – кріпильні вироби; К5 – змащувальні матеріали; К6 – котушки електропневматичних вентилів; К7 – обшивка салону; К8 – накладка струмозйому (полоз); К9 – щітки тягових електродвигунів; К10 – контакти реле і контакторів. Аналогічним чином були виділені ознаки для обладнання, яке ремонтується.

В системі Д1 було обстежено 116 елементів, в системі Д2 – 127 і в системі Д3 - 142 найменування. За цими даними були визначені ознаки, що мають найбільшу вагу, значущість, і проведений розрахунок кількості елементів, які повинні знаходитися у ЗІП. На підставі виконаних розрахунків побудована номограма, яка дозволяє визначати кількість елементів ЗІП РС метрополітену в залежності від його напрацювання і інтенсивності відмов вузлів в експлуатації.

Отримана номограма дозволяє визначати частку елементів ЗІП від загальної кількості однойменних запасних деталей в одному вагоні (поїзді) метрополітену. Ці дані покладені в основу створення ЗІП для пересувної станції обслуговування і діагностування.

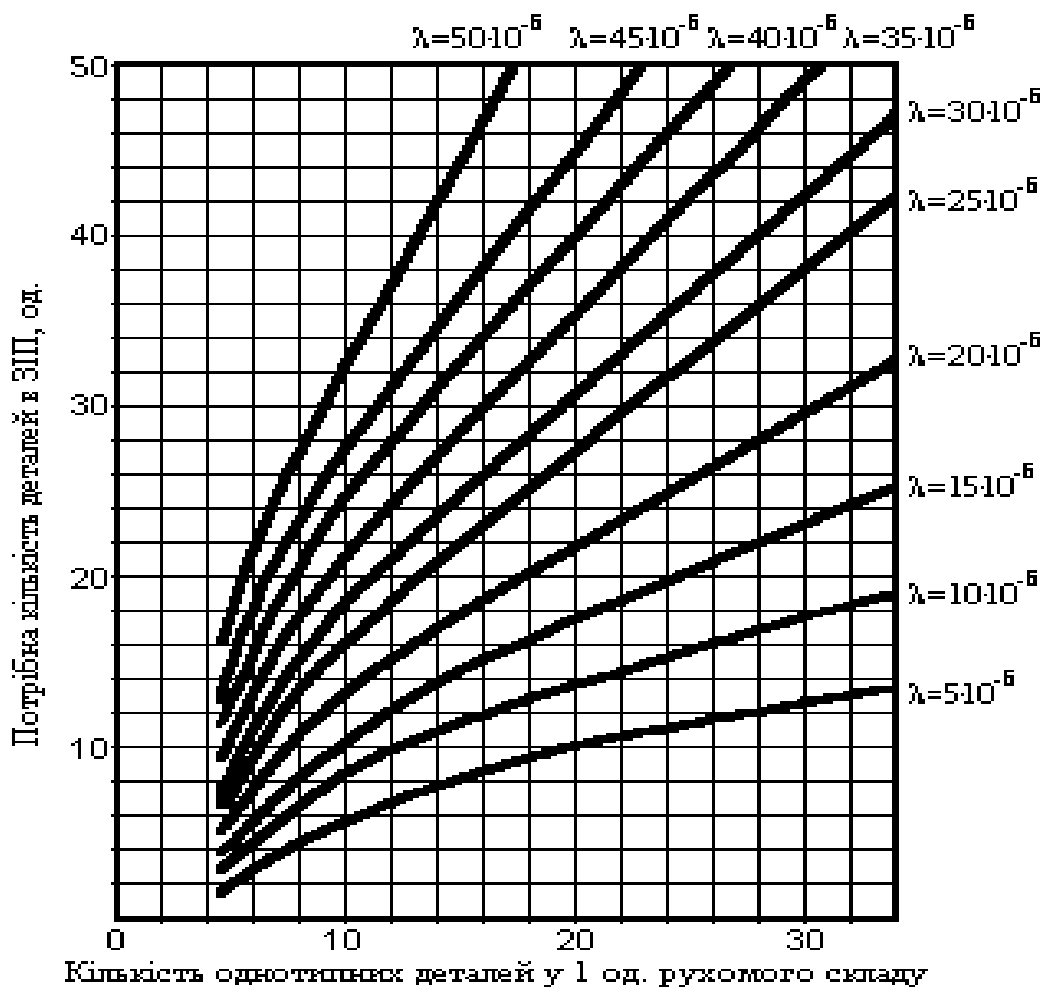


Рисунок 1 – Номограма для розрахунку ЗІП

**Четвертий розділ** присвячений віброакустичному діагностуванню підшипників тягових двигунів. На підставі проведеного аналізу було встановлено, що відмови тягових двигунів, викликані механічним впливом (динамічні навантаження, вібрації, удари і ін.), складають значну частину всіх несправностей рухомого складу. При цьому частіше інших виникають в експлуатації відмови підшипникового вузла, які можна умовно поділити на такі групи: руйнування від втомленості матеріалу; пошкодження від підвищеного зносу; руйнування, яке визвано зміною зазорів між деталями; пошкодження, що виникають при недостатності або припиненні подачі мастила.

При проведенні експериментальних досліджень було запропоновано оцінювати ступінь розвитку деградаційних процесів по підшипнику в цілому і на підставі цього визначати його залишковий ресурс. Для аналізу спектрального складу вібрацій тягового електродвигуна були визначені частоти вимушених коливань електромеханічного походження по кожному

вузлу, які проводилися з використанням апаратури “Брюль і Кьєр”. Вони показали, що на всьому досліджуваному діапазоні частот спостерігається безперервний спектр з дискретними викидами на відповідних розрахункових частотах. Дослідження проводилися в двох частотних діапазонах: низькочастотному (0-3200Гц) і середньочастотному (3200-12500Гц). Найбільш інформативним і достатнім з точки зору виявлення дефекту підшипників кочення спектральним засобом виявився низькочастотний діапазон в смузі частот до 100Гц. В результаті віброобстеження підшипникових вузлів тягових електродвигунів був накопичений значний статистичний матеріал, який дозволив, при наявності різноманітних видів дефектів, визначати технічний стан підшипникових вузлів за одною діагностичною ознакою, що притаманна більшості видів дефектів. Такою діагностичною ознакою є зростання третьої гармоніки вібраційного спектра якоря. Зростання цієї гармоніки супроводжувалося також значним збільшенням потужності сигналу біля цієї гармоніки в смузі частот  $f = 15\text{Гц}$ . Були отримані діагностичні ознаки дефектного і бездефектного підшипників в низькочастотній частині віброакустичного сигналу, які дозволили використати ці дані при створенні приладів для діагностування технічного стану підшипників тягових електродвигунів вагонів метрополітену і визначення віброактивності мастил.

В п'ятому розділі приведені організаційно-технічні заходи щодо вдосконалення діагностичного і матеріально-технічного забезпечення РС метрополітену. Для вдосконалення технології обслуговування РС запропоновано використання пересувної станції ТО і діагностування, оснащеної переносними приладами для дистанційного визначення нагрівання букс і підшипників тягових двигунів; віброакустичної оцінки стану і віброактивності мастил тягових двигунів; оптично-волоконних приладів візуального контролю стану обладнання у важкодоступних місцях; приладами для оцінки нерівномірності струморозподілу тягових двигунів.

На підставі проведених розрахунків на Харківському метрополітені створена пересувна станція обслуговування і діагностування РС метрополітену на базі автомобіля “Газель”. Ці дані були покладені в основу нової технології обслуговування і діагностування обладнання РС.

Отримані дані дослідної експлуатації вагонів метрополітену, обслуговування і забезпечення яких здійснювалося на підставі засобів технічної діагностики, свідчать про можливість підвищення коефіцієнта

готовності на 0,12; скорочення часу непродуктивного простою на 8%; підвищенні безвідмовності в експлуатації на 14%. При цьому вартість додаткового обладнання для дослідної експлуатації склала 60.0 тис. грн. Джерела інвестицій: власні кошти (20%) і внутрішні кредити інших служб (80%) з річною ставкою 110%. Погашення боргу здійснюється згідно з договором рівномірно на протязі 5 років. Річний приріст чистого прибутку метрополітену після впровадження прогнозується в розмірі 19,0 тис. грн. на один поїзд. Для встановлення норми дисконту  $E$ , відповідної прийнятій для інвестора нормі прибутку на капітал, визначена "ціна" авансованого капіталу

$$Ц_1 = 0.01 \times 16 \times 110 = 17,6\%,$$

де 16% - частка щорічного погашення кредиту в залежності від вартості створення і закупівлі засобів діагностування для метрополітену у розмірі 9.6 тис. грн.

Термін окупності інвестицій  $T_o$  визначився 5 років. Оскільки  $\mathcal{E}_{imm} > 0$ ,  $\mathcal{E}_k > 1$ ,  $E_p > C_o$ , то припущено, що впровадження нової технології обслуговування з діагностуванням є економічно виправданим і ефективним при вибраних джерелах фінансування.

## ВИСНОВКИ

Аналіз технології обслуговування РС метрополітену показав, що вона потребує значного покращення. Дисертація містить отримані автором науково-обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, що в сукупності дозволяють зробити певні висновки про те, що розроблена нова технологія обслуговування обладнання вагонів метрополітену, яка базується на застосуванні засобів і заходів діагностування та науково-обґрунтованому забезпеченні ЗІПом, тобто поставлена мета і задачі вирішені.

На підставі висновків і результатів можна відзначити:

1. Розроблена методика кількісної оцінки надійності вагонів метрополітену, яка характеризує їх готовність до експлуатації за коефіцієнтом готовності.

2. Проведений детальний аналіз технічного стану обладнання РС Харківського метрополітену і визначені вузли, які лімітують їх безвідмовність і ремонтпридатність.

3. Проведений огляд світового досвіду технічного обслуговування, інформатизації ремонту, діагностування і організації матеріально-технічного забезпечення РС метрополітену.

4. Розроблена методика і проведені розрахунки діагностичної цінності інформації про стан обладнання вагонів метрополітену;

5. Розроблена методика і проведений розрахунок ЗІП основних деталей обладнання вагонів метрополітену, запропоновані номограми залежностей кількості потрібних деталей від інтенсивності відмов елементів.

6. Проведені експериментальні дослідження віброакустичних характеристик і віброактивності мастил, що застосовуються в тягових електродвигунах РС. Розроблений і виготовлений прилад для оцінки стану підшипників двигунів.

7. Розроблена нова технологія обслуговування і діагностування із застосуванням пересувної станції, яка оснащена переносними портативними приладами діагностування (волоконно-оптичним ендоскопом, пірометром, вимірювачем рівня вібрації вузлів і ін.).

8. Проведена дослідна експлуатація вагонів метрополітену з обслуговуванням і забезпеченням ЗІПом за запропонованою технологією. Отримане збільшення коефіцієнта готовності на 12%.

9. Виконана техніко-економічна оцінка впровадження нової технології обслуговування РС метрополітену, яка підтвердила її достатню ефективність.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Линьков В.В. Основы формирования запаса запасных частей для подвижного состава метрополитена // Міжвуз. зб. наук. праць /ХарДАЗТ, 1998. – Вип.34. – С.19-21.
2. Диковенко О.М., Линьков В.В. Використання експертних систем для удосконалення технології ТО і ПР локомотивів // Міжвуз. зб. наук. праць /ХарДАЗТ, 1998. – Вип.34. – С.88-90.
3. Линьков В.В. Количественная оценка надежности вагонов метрополитена // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1998. -№ 6. – С.68.
4. Линьков В.В. Оценка возможности применения передвижных мастерских на метрополитене // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. -№ 1. – С.38-39.

## АННОТАЦИЯ

Линьков В.В. Совершенствование технологии обслуживания и диагностирования оборудования вагонов метрополитена. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 1999.

Диссертация посвящена вопросам теоретических и экспериментальных исследований по проблеме повышения надежности ПС метрополитена на базе совершенствования технологии его обслуживания и диагностирования.

Проведен анализ существующей системы обслуживания ПС метрополитена с анализом ремонтпригодности вагонов; рассмотрены вопросы организации материально-технического снабжения на Харьковском метрополитене, а также их взаимосвязь с обслуживанием и диагностированием.

Выполнены исследования влияния диагностирования и рационального обеспечения запасными частями на техническое состояние оборудования вагонов метрополитена. Для количественной оценки устойчивости функционирования системы ТО и ТР метрополитена предложено использовать коэффициент готовности  $K_G$  как комплексный, для оценки безотказности и ремонтпригодности.

Разработана математическая модель количественной оценки надежности вагонов метрополитена с установлением маршрутной технологии обслуживания и диагностирования. Определена стратегия оценки поставок запасных частей для ПС метрополитена, предусматривающая несколько структур организации снабжения запасными элементами. В эти структуры предложено включать такие составляющие, как: одиночный комплект ЗИП, обменный фонд и комплект запасных элементов ремонтного органа. Предложена методика расчета ЗИП для ремонтируемых и неремонтируемых элементов, а также оценка его достаточности.

Проведены расчеты по диагностическому и материально-техническому обеспечению эксплуатации ПС метрополитена. Определены диагностические веса признаков и диагностическая ценность информации, на основании которых рассчитан ЗИП для ремонтируемых и неремонтируемых деталей и определена его достаточность для различных периодов эксплуатации. Получены номограммы, позволяющие определять количество элементов ЗИП в зависимости от наработки и интенсивности отказов в эксплуатации.

Экспериментальное исследование посвящено виброакустическому диагностированию подшипников тяговых двигателей. Исследование спектра

вибрации подшипниковых узлов производилось на специальном стенде с использованием аппаратуры “Брюль и Кьер”. Полученные диагностические признаки дефектного и бездефектного подшипников в низкочастотной части спектра, которые были положены в основу при создании приборов для диагностирования этих узлов в эксплуатации.

Приведены примеры практической реализации результатов исследований по организации работы передвижной станции обслуживания и диагностирования и применении переносных портативных диагностических приборов; приводятся данные об экономической эффективности внедрения результатов работы.

Ключевые слова: виброакустическая диагностика, готовность, диагностирование, достаточность, ЗИП, метрополитен, обслуживание, подвижной состав, признак, технология.

### АНОТАЦІЯ

Линьков В. В. Удосконалення технології обслуговування і діагностування обладнання вагонів метрополітену. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць і тяга поїздів. – Харківська державна академія залізничного транспорту, Харків, 1999.

Дисертація присвячена дослідженню технології обслуговування і діагностуванню вагонів метрополітену. Розроблені математичні моделі кількісної оцінки надійності, діагностичного та матеріально-технічного забезпечення. Експериментальне дослідження присвячене віброакустичному діагностуванню підшипників тягових двигунів.

Наведені приклади практичної реалізації результатів досліджень з діагностування та застосування переносних діагностичних приладів; наводяться дані про економічну ефективність практичного впровадження результатів роботи.

Ключові слова: віброакустична діагностика, готовність, діагностування, достатність, ЗІП, метрополітен, обслуговування, рухомий склад, ознака, технологія.



### **THE SUMMARY**

Linkov V.V. Perfection of technology of maintenance and diagnostics of metro vans. – Manuscript.

The dissertation on a scientific degree of the candidate of technical sciences on a specialty 05.22.07 – rolling - stock of railway and traction of trans. – Kharkov State Academy of Railway Transport, Kharkov, 1999.

The thesis is devoted to the investigation of the technology of maintenance and diagnostics of metro vans. Models of quantitative evaluation of reliability were elaborated, calculations of diagnostic and material and technical maintenance were conducted. The experimental research deals with the vibroacoustics diagnostics of bearings in endings.

Practical realization of organizing maintenance and using diagnostic instruments is given; data about economical efficiency of interdicting the results of the work are given.

Key words: vibroacoustic diagnostics, availability, diagnostics, sufficiency, spare parts, metro, maintenance, rolling stock, feature, technology.

**Ліньков Віктор Васильович**

**Удосконалення технології обслуговування і діагностування  
обладнання вагонів метрополітену**

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск Бабанін О.Б.

---

Підписано до друку  
Формат паперу 60x84 1/16 Папір офсетний.  
Умовн.-друк. арк. 1,0 Обл.-вид. Арк. 1,25.  
Замовлення №\_\_\_\_\_. Тираж 100 прим.

---

Видавничий комплекс ХарДАЗТу  
310050, м.Харків, пл.Фейербаха, 7