

**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ**

**Харламов Павло Олександрович**

*УДК 629.4.088.011.73*

**УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ  
ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ПЕРСПЕКТИВНИХ  
МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ**

Спеціальність 05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2007

## **Дисертацією є рукопис**

Робота виконана на кафедрі „Експлуатація та ремонт рухомого складу” в Українській державній академії залізничного транспорту, Міністерство транспорту та зв’язку України

**Науковий керівник** - доктор технічних наук, доцент  
Фалендиш Анатолій Петрович,  
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра “Експлуатація та ремонт рухомого складу”, професор

**Офіційні опоненти** – доктор технічних наук, професор  
Головко Владислав Федорович,  
Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра “Вагони”, завідувач кафедри

– кандидат технічних наук  
Кашуба Володимир Іванович,  
Випробувально-Сервісний Центр „Лугтранспорт”  
ВАТ ХК „Луганськтепловоз”, директор

**Провідна установа** - Східноукраїнський національний університет  
імені Володимира Даля, кафедра “Залізничний транспорт”, Міністерство освіти і науки України, м.  
Луганськ

Захист відбудеться " 15 " червня 2007 р. о 11 годині 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 у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

Автореферат розісланий "        " \_\_\_\_\_ 2007 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Ломотько Д.В.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

### **Вступ**

Постійна підтримка локомотивів у справному технічному стані забезпечується з однієї сторони доглядом за ними з боку локомотивних бригад, а з іншої - ефективною системою технічного обслуговування і ремонту, яка містить у собі структуру ремонтного циклу, основні положення і правила ремонту, локомотиворемонтну базу і висококваліфіковані кадри ремонтників. Проблема планування постановки локомотивів на ремонт з урахуванням зміни їхнього технічного стану тісно пов'язана, в історичному плані, з розвитком самої системи технічного обслуговування і ремонту (ТОР). Огляд зарубіжної літератури свідчить про те, що практично на всіх залізницях світу основною системою ТОР до середини 90 років ХХ століття була система планово-попереджувальних ремонтів. Разом з тим на залізницях, де використовується планово-попереджувальна система, найбільш перспективним є визначення строків проведення ТОР з урахуванням технічного стану при збільшенні напрацювання, що дозволяє підтримувати експлуатаційну надійність рухомого складу при мінімальних витратах на його експлуатацію, утримання та ремонт.

### **Актуальність теми дисертації**

У ринкових умовах однією з важливих задач підвищення експлуатаційних характеристик нового рухомого складу є удосконалення систем експлуатації та ремонту нового наукоємного рухомого складу. Для нового маневрового тепловоза, який обладнаний новітніми вузлами та агрегатами, використання планово-попереджувальної системи (ППС) ТОР вже не є економічно доцільним. Тому впровадження в практику системи ТОР, яка створена на основі сучасних теоретичних розробок, дозволяє кваліфікувати роботу як актуальну, спрямовану на розв'язання важливої науково-практичної задачі – удосконалення характеристик системи обслуговування та ремонту перспективних маневрових тепловозів.

Тема дисертації відповідає Державній програмі "Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства", що введена в дію Постановою Кабінету Міністрів України від 2 червня 1998 р. №769, та Концепцією Державної програми реформування залізничного транспорту України, що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. N 651-р.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами**

Робота виконана згідно з науково-технічною програмою „Розвиток відомчого залізничного транспорту для забезпечення вантажних перевезень на підприємствах України” (Наказ Міністерства промислової політики України від 13.12.2004 р. №667) та „Концепцією та програмою реструктуризації на залізничному транспорті України”.

Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів таких держбюджетних та господарсько-договірних науково-дослідних робіт: „Розробка техніко-економічного обґрунтування, експертиза нормативно-технічної документації по маневровому тепловозу та участь у випробуваннях” (ДР 0103U000018), „Методичні вказівки з підготовки і проведення приймальних випробувань тягового рухомого складу та його складових” (ДР 0104U007601), „Вибір оптимальних параметрів перспективних типів магістральних, маневрових тепловозів та моторвагонного рухомого складу” (ДР 0104U003178), «Тимчасове положення про обслуговування та ремонт нового наукоємного тягового рухомого складу» (ДР 0105U000893).

### **Мета і задачі дослідження**

Метою роботи є вирішення науково-практичної задачі – удосконалення характеристик системи обслуговування та ремонту перспективних маневрових локомотивів з урахуванням умов експлуатації, що дозволить підвищити їх експлуатаційну надійність.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- виконати аналіз типів систем обслуговування та ремонту рухомого складу, способів їх виконання з урахуванням особливостей конструкції тягового рухомого складу;
- визначити метод отримання інформації щодо надійності вузлів маневрового тепловоза;
- визначити закони розподілу та основні показники надійності вузлів маневрового тепловоза;
- формалізувати задачу вибору циклічності технічного обслуговування та ремонту для маневрових тепловозів з електричною передачею та наукоємними вузлами;
- формалізувати задачу вибору раціональної системи ТОР з урахуванням конструкції маневрового тепловоза, циклічності та виконавців ремонту та обслуговування;
- розробити модель для оцінення економічного ефекту від впровадження раціональної системи ТОР для перспективних маневрових тепловозів.

**Об’єкт дослідження** – процес визначення характеристик раціональної системи ТОР перспективних маневрових тепловозів.

**Предмет дослідження** – перспективний маневровий тепловоз з електричною передачею.

### **Методи дослідження:**

- при аналізі існуючих систем ТОР рухомого складу різних країн світу та визначенні тенденції їх зміни використовувались методи емпіричного та теоретичного дослідження (метод порівняння та моделювання);

- при розробленні моделі надійності маневрового тепловоза використовувались методи математичної статистики, теорія надійності систем, системний підхід;
- при розробленні методики техніко-економічного обґрунтування використання раціональної системи ТОР використовувались системний підхід, методи експерименту, моделювання.

#### **Наукову новизну отриманих результатів представляють:**

- вперше отримані залежності безвідмовної роботи маневрового тепловоза ТЕМ103 від пробігу, за попередніми даними заводів-виробників та що враховують регіон експлуатації, які покладено в основу розрахунку моделі оптимізації системи ТОР;
- доведена залежність типу системи ТОР від покоління ТРС, що дозволило сформулювати тенденції їх розвитку;
- доопрацьовано модель визначення раціональних міжремонтних пробігів, в якій враховано тип рухомого складу, способи виконання ремонту та виконавців;
- розроблено комплекс моделей для визначення характеристик системи обслуговування маневрових тепловозів, що дозволяє отримати показники, необхідні для розрахунку типу системи ТОР.

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

Розроблений комплекс моделей визначення характеристик системи обслуговування та ремонту маневрових тепловозів, що дозволяє отримати показники, необхідні для вибору типу системи ТОР, впроваджено на ВАТ ХК «Луганськтепловоз».

Розроблена модель вибору елементів системи ТОР, яка застосовується при визначенні витрат на технічне обслуговування та ремонт нових маневрових тепловозів з урахуванням умов експлуатації, яка впроваджена в Державній адміністрації залізничного транспорту України Укрзалізниця як складова в «Тимчасовому положенні про обслуговування та ремонт нового наукоємного тягового рухомого складу», і затверджена наказом УЗ № 286-Ц від 1.08.2006 р.

Розроблені наукові положення про удосконалення системи обслуговування та ремонту нових маневрових локомотивів з урахуванням умов експлуатації використовуються в навчальному процесі Української державної академії залізничного транспорту при вивченні дисциплін «Основи технічного обслуговування та ремонту локомотивів», «Теорія та конструкція локомотивів».

Результати роботи підтверджуються відповідними актами та матеріалами впровадження.

#### **Особистий внесок здобувача**

У працях, які написані у співавторстві, дисертанту належить:

[1] – автором розроблені моделі та виконані розрахунки показників економічної ефективності від використання маневрових локомотивів та їх складових;

[2, 3, 10, 11] – автором розроблені моделі, програми розрахунку основних характеристик маневрових тепловозів;

[4, 7] – автором розроблені моделі для розрахунку показників надійності рухомого складу та його складових;

[5] – автором проведений аналіз існуючих та перспективних систем ТОР рухомого складу та дані пропозиції щодо вибору раціональної системи для залізниць України;

[8, 12, 13, 14] – автором проаналізовані дані по експлуатаційних випробувань, безвідмовності та надійності вузлів рухомого складу;

[9] – автором було визначено характеристики системи обслуговування для перспективних маневрових локомотивів.

**Апробація результатів дисертації.** Основні матеріали і результати дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на 5 міжнародних та 3 галузевих науково-технічних конференціях:

- VII-й міжнародній науково-практичній конференції «Наука і освіта 2004» (Україна, м. Дніпропетровськ, 2004 р.);

- 66-й, 67-й та 68-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр академії та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (Україна, м. Харків, 2004, 2005, 2006 рр.);

- Міжнародній науково-практичній конференції «Наука в транспортному вимірі» (Україна, м. Київ, 2005 р.);

- II-й та III-й науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: Техніка, технологія, економіка і управління» (Україна, м. Київ, 2004, 2005 рр.);

- I-й науково-практичній конференції «Впровадження наукоємних технологій на магістральному і промисловому залізничному транспорті» (Україна, Крим, м. Алушта, 2005 р.).

Основні положення дисертації доповідались на засіданнях кафедри з 2004 по 2006 рр., а повністю дисертація доповідалась на розширеному засіданні кафедри ЕРРС УкрДАЗТ з участю членів спеціалізованої вченої ради в 2006 р.

**Публікації.** Результати дослідження опубліковані в 6 статтях у фахових виданнях, затверджених ВАК України, а також у 8 додаткових працях.

**Структура роботи.** Дисертаційна робота має вступ, чотири розділи, висновки, список використаної літератури, який включає 147 найменувань, та додатки. Повний обсяг дисертації складає 173 сторінки, в тому числі 117 сторінок основного тексту, 16 таблиць, 15 рисунків, 7 додатків.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована необхідність проведених досліджень з метою визначення сучасного рівня існуючих систем обслуговування та ремонту рухомого складу та доводиться актуальність задачі розроблення та впровадження у виробництво раціональної системи ТОР, яка відповідає існуючим потребам у забезпеченні надійності рухомого складу та збільшенні економічності його експлуатації.

**Перший розділ** присвячено аналізу існуючих систем обслуговування та ремонту тягового рухомого складу.

Розглянута задача планування постановки локомотивів на ремонт, враховуючи нерівномірності зміни їхнього технічного стану в залежності від регіону експлуатації та обсягу робіт, з визначенням зв'язку в історичному плані з розвитком самої системи технічного обслуговування і ремонту. При цьому визначено, що основою підтримки локомотивів у працездатному стані на залізницях Росії, України і країн СНД була і залишається планово-попереджувальна система (ППС), а характерною і постійною тенденцією є періодичне корегування міжремонтних пробігів у бік їх збільшення, а також диференціювання їх у залежності від видів ремонту, умов експлуатації і серій, що визначає рівень експлуатаційної надійності локомотива. Разом з тим як у країнах СНД, так і за кордоном проводяться роботи по переходу на систему утримування з урахуванням технічного стану, за результатами діагностування.

У дослідженнях, присвячених удосконалюванню системи ТОР, необхідність врахування зміни рівня технічного стану в процесі експлуатації постійно відзначається і є очевидною. З точки зору прогресивних технічних рішень інтерес викликають розробки по системах обслуговування та ремонту рухомого складу, які існують в країнах Західної Європи, США і Канади. Важливим фактором, прийнятим до уваги при оцінюванні існуючих систем, є витрати за весь строк служби локомотива, на які безпосередньо впливають способи виконання системи експлуатації, технічного обслуговування та ремонту локомотивів.

Для визначення відповідності рухомого складу системі обслуговування та ремонту був проведений аналіз рухомого складу (РС), що експлуатується на залізницях, та з використанням історичного методу доведена взаємозалежність розвитку рухомого складу та систем ТОР (рис.1).



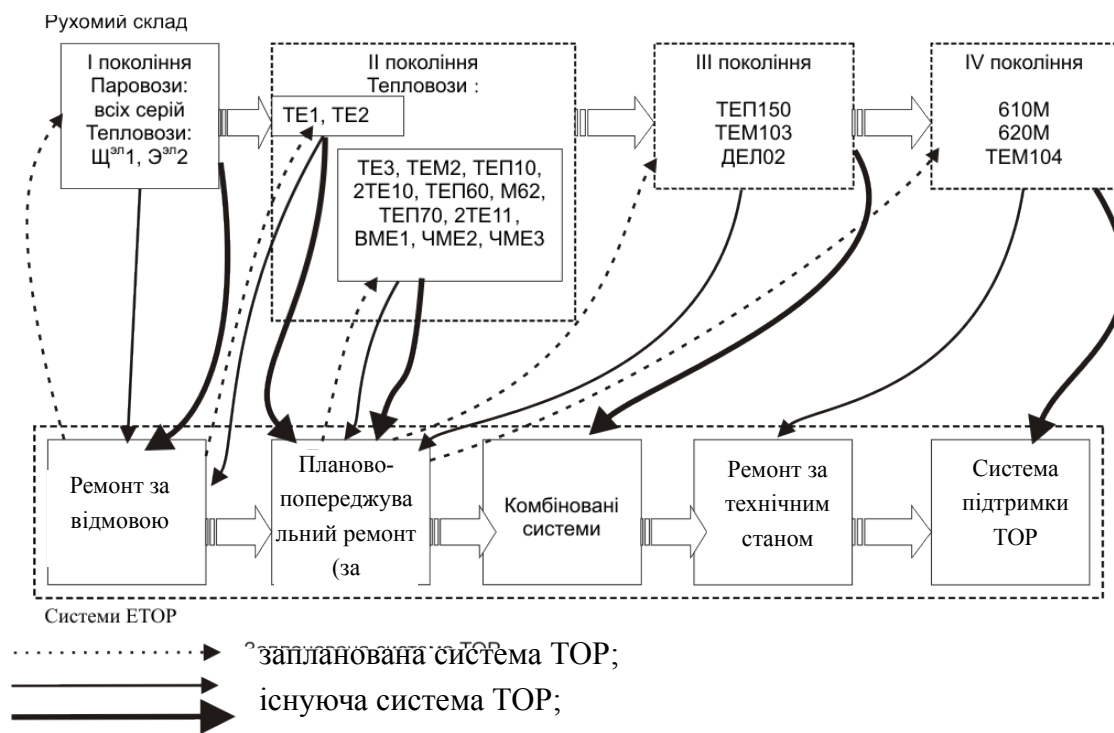


Рис. 1. Взаємозалежність розвитку рухомого складу та систем ТОР

Вагомий внесок у вирішення проблеми визначення параметрів систем обслуговування та ремонту рухомого складу і його складових зробили відомі вчені: Блохін Є.П., Боднар Б.Є., Боднар Є.Б., Босов А.А., Буцько Т.В., Головка В.Ф., Басов Г.Г., Кашуба В.І., Ісаєв І.П., Кельріх М.Б., Голубенко О.Л., Косов Є.Є., Стрекопитов В.В., Грищенко С.Г., Кисельов В.І., Кузьмич В.Д., Никифоров Б.Д., Павлович Е.С., Подшивалов А.В., Тартаковський Е.Д., Четвергов В.А. та ін.

Аналіз їх робіт показав, що загальна кількість раніше створених способів отримання раціональних міжремонтних пробігів передбачає визначення цільової функції мінімізації експлуатаційних витрат, використовуючи один визначений показник. Але, з урахуванням переходу залізниць до ринкових відносин, залучання сторонніх виконавців до ремонту та сервісного обслуговування, закупівлі рухомого складу в закордонних виробників та ін. необхідно враховувати й ці витрати при мінімізації загальної функції.

Діюча планово-попереджувальна система ремонтів і технічного обслуговування на даний момент вимагає детального перегляду з урахуванням сформованого технічного стану парку, впровадженням сучасного рухомого складу та дотриманням вимог ринкових відносин щодо зниження експлуатаційних витрат. Не можна призначати однакові параметри системи ТОР для локомотивів, які працюють з різним завантаженням. Тому питання розроблення та впровадження раціональної системи ТОР для сучасних вітчизняних локомотивів, яка враховувала б тип системи, спосіб виконання

робіт та виконавця, конструкцію маневрового тепловоза та регіон його експлуатації (рис. 2), носить актуальний характер.

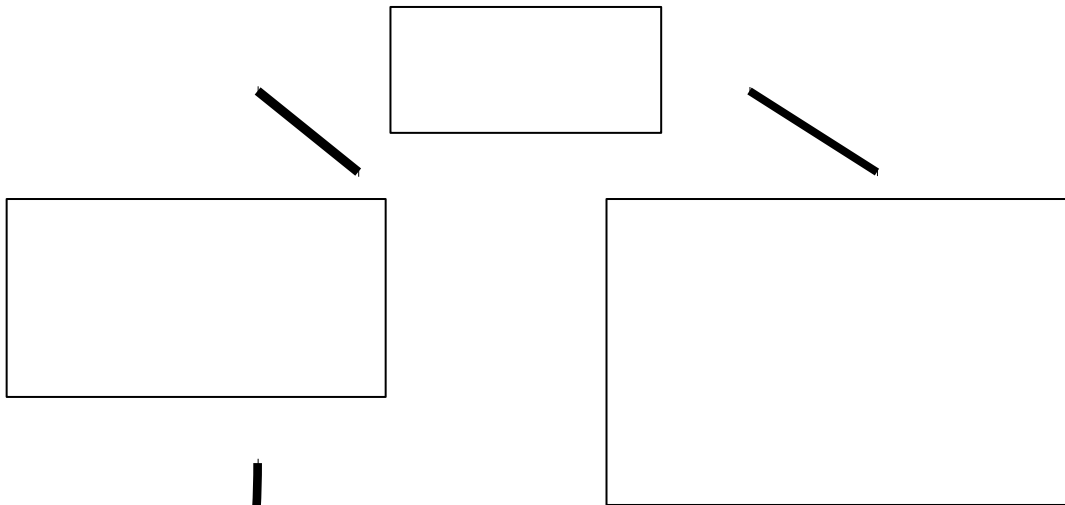


Рис.2. Загальна структура взаємовпливу різних характеристик системи обслуговування та ремонту маневрових тепловозів

**Другий розділ** присвячено доопрацюванню існуючих методів та моделей оптимізації системи обслуговування та ремонту маневрових тепловозів.

З метою вибору показників оптимізації системи ТОР було розглянуто існуючі методи визначення раціональних міжремонтних пробігів і показники, що лежать в їх основі. На основі цього аналізу була сформована адаптивна модель системи ТОР, в якій виконується аналіз та розрахунки необхідних показників, що описують технічні характеристики маневрового тепловоза, ремонтну базу, систему експлуатації, обирається тип системи ТОР, виконується оптимізація системи ремонту, в результаті якої отримують основні функціональні характеристики системи ТОР.

Виходячи з поставленої задачі цільовою функцією розробленої математичної моделі є функція мінімізації експлуатаційних витрат на обслуговування та ремонт маневрових тепловозів на протязі усього життєвого циклу

$$C_{жц} = f(S_n, L_i, V_i, T_{cl}, k_i, Ц_i, r_i, b_m, M_t, C_n, k_{nt}) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

$$C_{жц} \leq kЦ_l, \quad k=1...5,$$

де  $C_{жц}$  - витрати на обслуговування та ремонт маневрового тепловоза за весь життєвий цикл, тис. грн;

- $S_l$  - тип системи ТОР;  
 $L_i$  - загальні відомості про тип, інвентарний парк та регіон експлуатації маневрового тепловоза;  
 $V_i$  - спосіб виконання обслуговування та ремонту;  
 $T_{cl}$  - термін служби маневрового тепловоза, років;  
 $k_i$  - кількість вузлів у маневровому тепловозі,  $i = \overline{1, K_1}$  ;  
 $C_i$  - ціна вузла маневрового тепловоза,  $i = \overline{1, K_1}$   
 $C_{nl}$  - ціна маневрового тепловоза, тис. грн.;  
 $r_i$  - вузли маневрового тепловоза,  $i = \overline{1, K_1}$  ;  
 $b_m$  - виконавець ТОР,  $m = \overline{1, K_3}$  ;  
 $M_t$  - вид обслуговування чи ремонту,  $t = \overline{1, K_4}$  ;  
 $C_n$  - витрати на ТОР при  $n$  - му типі системи за весь життєвий цикл,  $n = \overline{1, K_5}$  ;  
 $k_{nt}$  - кількість  $t$  - типу обслуговування чи ремонтів при  $n$  - му типі ТОР.

Для визначення раціональної системи обслуговування та ремонту з урахуванням типу маневрового тепловоза, способу виконання та виконавця була розроблена така модель

$$\sum_{m=1}^{K_3} C_{nm} \cdot k_i \cdot C_{ni} \cdot x_{nimt} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{K_1} C_{TOP} = C_i$$

та введено обмеження на вихідний масив:

$$C_{TOP} < k_i \cdot C_{nl}; \quad x_{nimt} = \{0, 1\}, k_i \geq 1, k_i - \text{ціле число} \quad (3)$$

та  $X_{imtn}$  та  $C_{nimt}$  визначалися таким чином:

$$X_{nimt} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } C_{nimt} = 1 \\ 0, & \text{якщо } C_{nimt} = 0 \end{cases}, \quad C_{nimt} = \begin{cases} C_{ni} \cdot k_i, & \text{якщо } C_{nimt} \leq C_i \\ C_i, & \text{якщо } C_{nimt} > C_i \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{K_1} x_{nimt} = \dots$$

$$\sum_{i=1}^{K_1} C_{nimt} = \dots$$



го вузла на  $j$ -их видах ремонту була розроблена математична модель, вихідними даними для якої є:  $\{R_i\}$  - групи вузлів локомотива,  $\{C_i\}$  - вартість ремонту групи вузлів,  $\{L_{\vartheta mj}\}$  - міжремонтні пробіги,  $\{L_i\}$  - ресурс групи вузлів,  $\{C_{ij}\}$  - вартість ремонту  $i$ -ї групи вузла на  $j$ -ому ремонті,  $\{Ц_i\}$  - ціна групи вузла,  $L_{\Sigma i}$  - термін служби локомотива. Цільовою функцією для розрахунків моделі є мінімум витрат на ремонт  $i$ -ої групи вузлів на  $j$ -му ремонті

$$\sum c_{ij} \cdot n_{ij} \rightarrow \min \quad (9)$$

$$F(n_{ij}) = M\left(\sum c_{ij} \cdot n_{ij}\right) \rightarrow \min \quad (10)$$

**Третій розділ** присвячений розрахунку циклічності системи обслуговування та ремонту маневрових тепловозів.

3 Спочатку було розглянуто питання визначення методу «отримання інформації» про надійність вузлів тепловоза. Серед існуючих найбільш відповідним щодо поставлених вимог був обраний метод аналізу відповідностей. Важливою складовою частиною є система збору статистичної інформації про надійність вузлів рухомого складу як безпосередньо з даних щодо експлуатації, які надаються локомотивним депо, так і використовуючи інші джерела. Тому дотримання якості вхідної інформації через обрання надійного джерела є дуже важливим та актуальним завданням.

4 У загальному випадку надійність вузла залежить не тільки від конструктивних і технологічних особливостей, а також від спектра навантажень, теплового режиму й інших впливових факторів у локомотиві. Тому показник надійності окремого вузла може відрізнятися залежно від того, у якому локомотиві знаходиться обраний вузол. Щоб було можливо об'єднання всіх даних, необхідні відомості, що дозволяють зв'язати між собою показники надійності однотипних елементів (деталей), що перебувають у різних вузлах і агрегатах. Якщо ресурс однойменного встаткування локомотива в різних умовах експлуатації буде істотно відрізнятися, то і система ремонту повинна визначатися на основі фактичного ресурсу вузлів маневрового тепловоза для конкретного депо.

Таким чином, отримані дані про надійність елементної бази набору вузлів маневрового тепловоза характеризуються матрицею

$$A = \{a_{ij}\}$$

де  $a_{ij}$  – показник надійності  $i$ -го елемента в  $r_j$ -му джерелі

$$\begin{aligned} r_1 & \text{— дані про надійність з експлуатації, депо} \\ r_2 & \text{— дані про надійність заводу— виробника} \\ r_3 & \text{— аналіз даних з наукових досліджень} \\ r_4 & \text{— використання апріорних даних} \\ r_j & = \{ \dots \} \end{aligned} \quad (11)$$

Результуюча матриця «отримання інформації» для основних вузлів маневрового тепловоза  $\{m_i\}$  буде мати вигляд:

$$r_i = \begin{array}{|l} r_1 \text{— Рама тепловоза} \\ r_2 \text{— Автозчепний пристрій} \\ r_3 \text{— Ударопоглинальний апарат} \\ r_4 \text{— Рама візка} \\ r_5 \text{— Колісна пара} \\ r_6 \text{— Буксовий вузол} \\ r_7 \text{— Фрикційні гасники коливачів} \\ r_8 \text{— Повертальний пристрій} \\ r_9 \text{— Паливна система} \\ r_{10} \text{— Масляна система} \\ r_{11} \text{— Водяна система} \\ r_{12} \text{— Повітряна система} \\ r_{13} \text{— Випускна система} \\ r_{14} \text{— Система автоматики} \\ r_{15} \text{— Дизель} \\ r_{16} \text{— Тяговий генератор} \\ r_{17} \text{— Схема електр., управл. та діагностики} \\ r_{18} \text{— Тяговий електродвигун} \\ r_{19} \text{— Тяговий редуктор} \\ r_{20} \text{— Редуктори, вентилятори} \\ r_{21} \text{— Система електропостачання, опалення} \\ r_{22} \text{— Система забезпечення піском} \\ r_{23} \text{— Гальмова система} \\ r_{24} \text{— Система сигналізації} \\ r_{25} \text{— Система АЛСН} \\ r_{26} \text{— Система діагностики} \end{array} \quad (12)$$

Розрахунки надійності маневрового тепловоза як складної технічної системи виконувались із застосуванням структурних схем. Перед складанням

структурної схеми був зроблений аналіз функціонування системи й елементів, розглянуто і описано можливі відмови елементів, оцінено вплив відмов кожного з них на працездатність системи. Оскільки залежності взаємного впливу відмовлень систем не встановлені й умовні імовірності невідомі, то було зроблене припущення, що відмови елементів незалежні, а система й елементи її можуть знаходитися тільки в двох станах: працездатному і непрацездатному.

Подальший розрахунок надійності маневрового тепловоза зводився до визначення законів розподілу відмов вузлів, їх параметрів ймовірності безвідмовної роботи до ТОЗ елементів підсистем  $P_e(\text{ТОЗ})$ , підсистем  $P_{le}(\text{ТОЗ})$  та систем маневрового тепловоза  $P_c(\text{ТОЗ})$ , результати якого зведено в табл.1 та наведено на рис. 3.

Таблиця 1

## Розрахунок надійності маневрового тепловозу

Системи	Найменування елементу системи	Функція розподілу $f(t)$	$P_e(\text{ТОЗ})$	$P_{le}(\text{ТОЗ})$	$P_c(\text{ТОЗ})$
Система ходової частини	Рама тепловоза	$f(x) = 1,42xe^{-0,035x^{1,4}}$	0,987		0,82
	Автомобільний пристрій	$f(x) = 0,069x^{-0,14}e^{-0,123x^2}$	0,990	0,98	
	Ударопоглинальний апарат	$f(x) = 4,243x^{0,32}e^{-0,015x^2}$	0,992	0,98	
	Рама візка	$f(x) = 0,0264xe^{-0,032x^2}$	0,989	0,97	
	Колісна пара	$f(x) = 1,011xe^{\frac{-0,065x^2}{1,3}}$	0,991	0,99	
	Буксовий вузол з комплектом пружин	$f(x) = 5,6089xe^{\frac{-0,9647x}{0,5}}$	0,851	0,92	
	Фрикційні гасники коливань	$f(x) = 4,6726x^{0,2}e^{-0,8764x}$	0,998	0,99	
	Повертальний пристрій	$f(x) = 1,939x^{-0,6}e^{-0,4028x}$	0,997	0,98	
Система дизеля з системами забезпечення	Паливна система	$f(x) = 3,259xe^{\frac{-0,028x}{1,4}}$	0,917	0,74	0,86
	Масляна система	$f(x) = 1,939x^{0,15}e^{-0,4028x}$	0,990		
	Водяна система	$f(x) = 0,004xe^{\frac{-0,045x^2}{1,5}}$	0,997		
	Повітряна система	$f(x) = 0,18x^{0,45}e^{-0,08x}$	0,993		
	Випускна система	$f(x) = 1,034x^{0,7}e^{-0,102x}$	0,990		
	Система автоматики	$f(x) = 3,558xe^{-0,465x}$	0,839		
	Дизель	$f(x) = 2,45x^{0,56}e^{-0,033x}$	0,840		
Система а	Тяговий генератор	$f(x) = 81,69x^{0,6}e^{-0,369x}$	0,999		0,73
	Силова електрична схема	$f(x) = 0,003xe^{-0,05x^2}$	0,708		

Тяговий електричний передачі	Тяговий електродвигун	$f(x) = 0.103x^{0.7}e^{-0.0515x^2}$	0,985	0,83	
	Тяговий редуктор	$f(x) = 0.393xe^{\frac{-0.197x^2}{1.3}}$	0,847		
Система допоміжного електричного обладнання	Редуктори, вентилятори	$f(x) = 1,352x^{1.2}e^{-0.05x}$	0,811	0,93	0,85
	Система електропостачання, опалення	$f(x) = 0.213xe^{-0.215x^2}$	0,996		
	Система забезпечення піском	$f(x) = 0.023xe^{-0.325x^2}$	0,958		
	Гальмова система	$f(x) = 4,23xe^{-0.003x}$	0,999		
	Система діагностики	$f(x) = 1,23xe^{-0.243x}$	0,923		

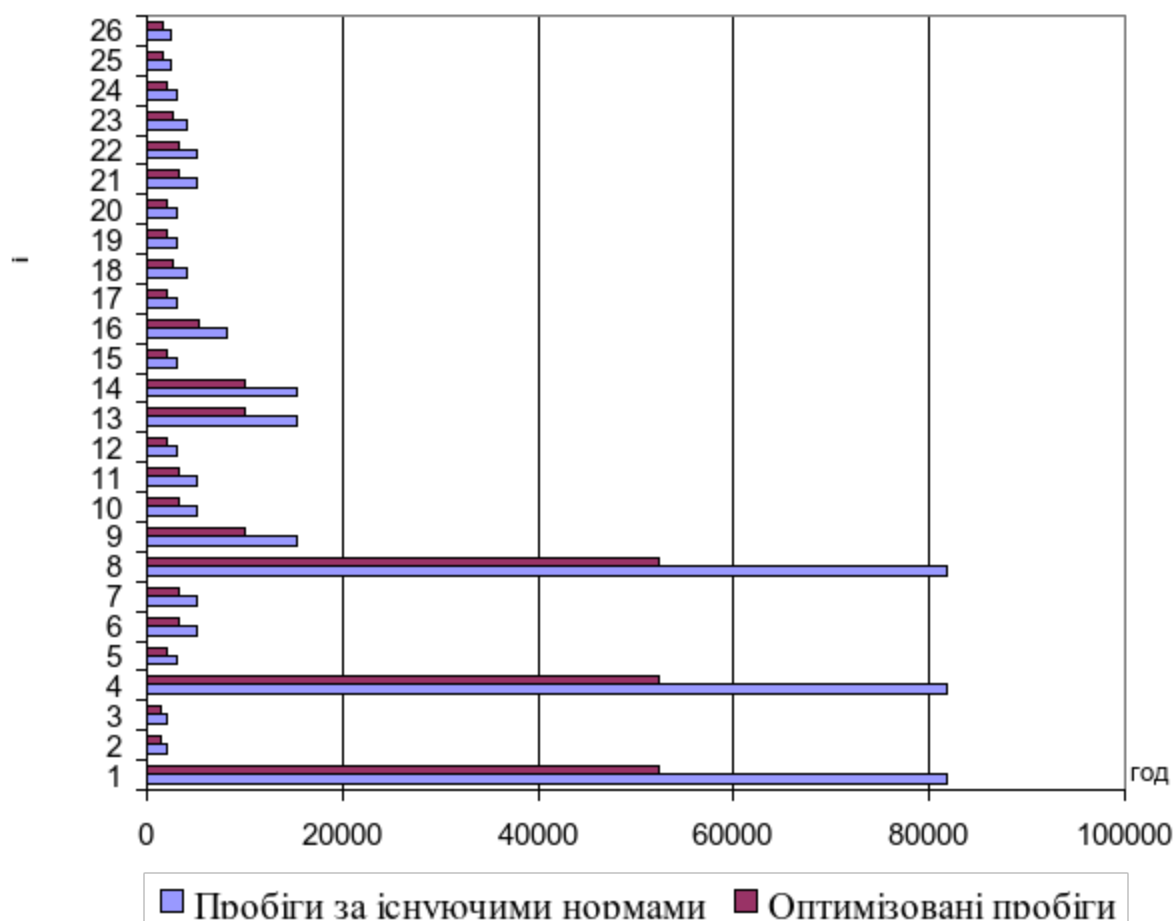


Рис. 3. Раціональні міжремонтні пробіги вузлів маневрового тепловоза

Отримані залежності безвідмовної роботи маневрового тепловоза ТЕМ103 від пробігу за попередніми даними з експлуатаційних випробувань та за даними з урахуванням регіону експлуатації.



За розробленою в другому розділі моделлю вибрані раціональні види ремонтів та обслуговування і міжремонтні пробіги між ними (табл.2).

Таблиця 2

## Циклічність системи ТОР маневрового тепловоза ТЕМ103

Вид ТО або ПР	Тривалість між ТО й ПР				Лімітуючі вузли
	По ТЗ	прогнознi			
		С1	С2	С3	
ТО-3, діб	45	48	51	42	-
ПР-1, міс.	15	16	17	14	КМБ, електрична система, допоміжне обладнання
ПР-3, міс.	45	48	51	42	Дизель
КР-1, років	15	10	12	9	Рама візка, осі, шестерні, підшипники буксові, редуктори
КР-2, років	30	20	24	18	Рама тепловоза, кузов

Також для кожної із систем визначені основні показники надійності маневрового тепловоза.

**Четвертий розділ** присвячено розрахунку функції мінімізації витрат. Для цього, використовуючи як вхідний масив розраховані в третьому розділі

$K_{nmt}$  - кількість  $t$  типу обслуговування чи ремонтів при  $n$  - му типі ТОР  $m$  - м виконавцем,  $K_i$  - кількість вузлів у маневровому тепловозі,  $i = \overline{1, K_1}$  та  $X_{imtn}$  -

вузол, якому виконується ТО чи ПР  $m$  - м виконавцем на  $t$  виді обслуговування чи ремонту при  $n$  типі системи, визначається модель оптимальної системи обслуговування та ремонту з урахуванням типу маневрового тепловоза, способу виконання та виконавця, вихідним масивом якої є  $C_{nt}^{opt}$  - вартість при

оптимальному виконавці для виконання відповідного виду обслуговування та ремонту. Для спрощення розрахунків було зроблене припущення:

$S_1 \leq S_2 \leq S_3$ ,  $S_3 \leq S_4 \leq S_5$ , тобто типи ТОР  $S_1$ ,  $S_3$ , та  $S_5$  є на даний час економічно недоцільними, а тому розрахунки наводились для ТОР типу  $S_2$  та  $S_4$ .

Наступним етапом, використовуючи масив  $C_{nt}$ , розрахована модель оптимальної системи обслуговування та ремонту з урахуванням типу маневрового тепловоза, способу виконання та виконавця, вихідний масив якої використовується при розрахунку загальної функції мінімізації  $C_n$   $C_{жц}$ .

В результаті проведених розрахунків було отримано

$$\begin{aligned}
 S_{11} = S_{12}; L_{11} = TEM 103 & & (13) \\
 V_{11} = V_{12}; MT = 50, U_{11} = 9000000 & \\
 & \text{right} \\
 C_{11} = 17720994,9 \text{ грн} & \\
 & \text{right} \\
 S_{11} = S_{12}; L_{11} = TEM 103 & \\
 V_{11} = V_{12}; MT = 50, U_{11} = 9000000 & \\
 & \text{right} \\
 C_{11} = 17720994,9 \text{ грн} & \\
 & \text{right}
 \end{aligned}$$

де  $M_T$  - експлуатаційний парк тепловозів.

Для покращення показників системи обслуговування та ремонту і надійності маневрового тепловоза був розроблений комплекс заходів, який необхідно буде виконувати під час проведення експлуатаційних випробувань.

Наведені техніко-економічні розрахунки свідчать про те, що впровадження раціональної системи обслуговування та ремонту маневрових тепловозів з визначеними виконавцями дозволить знизити вартість життєвого циклу маневрового тепловоза. При цьому економічний ефект від використання маневрових локомотивів за запропонованою системою обслуговування та ремонту складатиме понад 1552,5 тис. грн за життєвий цикл на один локомотив.

## ВИСНОВКИ

У рамках Державної програми «Розвиток рейкового рухомого складу соціального призначення для залізничного транспорту та міського господарства» та Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту України виконане дослідження, яке присвячене вирішенню актуальної науково-технічної задачі – підвищення експлуатаційної надійності маневрових тепловозів за рахунок удосконалення характеристик системи обслуговування та ремонту перспективних маневрових тепловозів. При цьому отримані такі наукові і практичні результати:

1. Зроблений аналіз типів систем обслуговування та ремонту рухомого складу показав, що закордонні залізничні компанії та виробники все більш віддають перевагу змішаним формам проведення ТО та ПР з використанням якісного діагностування, в той час як на вітчизняних залізницях залишається планово-попереджувальна система. В умовах ринкових відносин слід більше уваги приділяти виконанню ТОР із залучанням альтернативних виконавців.

2. Розглянуті існуючі методи отримання інформації щодо надійності вузлів маневрового тепловоза. Залежно від інформації про процеси руйнування елементів з урахуванням специфіки їхньої роботи в конкретних технічних умовах були розглянуті різні моделі та визначено,

що в реальній ситуації важко звести їх до однієї з моделей, бо зазвичай ми маємо справу з комбінацією ситуацій. Враховуючи це, було запропоновано використати сукупність аналітичних, імітаційних та експериментальних методів для отримання даних про надійність вузлів перспективного маневрового тепловоза.

3. Доведена з використанням історичного методу взаємозалежність розвитку рухомого складу та систем технічного обслуговування та ремонту, показана залежність між поколінням самої системи ТОР та технічним рівнем рухомого складу, для якого вона виконується. При цьому для нового покоління РС приймається спочатку існуюча система, а потім вона замінюється на послідувачу. Так, локомотив ТЕМ103 відноситься до 3 покоління рухомого складу, а система ТОР прийнята 2 покоління. Тому важливою науковою і практичною задачею є визначення раціональної системи ТОР для маневрових тепловозів з метою підвищення його експлуатаційної надійності.

4. Формалізована задача вибору оптимальної системи технічного обслуговування та ремонту з урахуванням виконавця ремонту, типу ТРС та типу обслуговування та ремонту шляхом визначення цільової функції оптимізації системи технічного обслуговування та ремонту та складено алгоритм функціонування вдосконаленої системи ТОР.

5. Визначені показники надійності окремих вузлів та всього маневрового тепловоза ТЕМ103 в цілому. Ймовірність безвідмовної роботи локомотива в цілому до ТО-3 складає 0,81. Найменшу надійність має дизель і його системи. Отримані залежності безвідмовної роботи тепловоза від пробігу за попередніми даними заводів-виробників та з урахуванням регіону експлуатації.

6. Розроблена модель мінімізації цільової функції виконання системи ТОР з урахуванням оптимізації міжремонтних пробігів та розраховані оптимальні міжремонтні пробіги.

7. Отримала подальший розвиток модель визначення економічного ефекту від впровадження вдосконаленої системи обслуговування та ремонту маневрових тепловозів. При цьому економічний ефект від експлуатації нових маневрових локомотивів за удосконаленою системою обслуговування та ремонту складатиме понад 1552,5 тис. грн за життєвий цикл.

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

1. Фалендыш А.П., Харламов П.О., Чигирик Н.Д. Модель расчета эффективности системы обслуживания и ремонта подвижного состава //

Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. -2004. -№2. – С.84-88.

2. Фалендиш А.П., Харламов П.О. Прогнозування техніко-економічних характеристик маневрових тепловозів // Зб. наук. пр. КУЕТТ. Серія «Транспортні системи і технології». –К.: КУЕТТ, 2004. -Вип.5. –С.62-67.

3. Фалендиш А.П., Харламов П.О. Прогнозування техніко-економічних параметрів чотиривісних маневрових тепловозів // Зб. наук. пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2004. -Вип.64. -С.93-97.

4. Експлуатаційні випробування моторно-осьових підшипників маневрових тепловозів / А.П. Фалендиш, П.О. Харламов, Д.М. Коваленко, І.В. Бабіч // Зб. наук. пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2005. -Вип.68. -С.239-250.

5. Вибір системи технічного обслуговування та ремонту для нового наукоємного рухомого складу для міського та приміського транспорту / Г.Г. Басов, А.П. Фалендиш, П.О. Харламов, І.О. Бабіч. // Зб. наук. пр. – ХНАМГ, 2006. –Вип.72. –С.275-281.

6. Харламов П.О. Способи визначення показників надійності нових маневрових тепловозів // Зб. наук. пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2006. -Вип.76. -С.104-113.

*Додатково матеріали дисертаційної роботи викладені в працях:*

7. Тартаковский Э.Д., Фалендыш А.П., Харламов П.А. Прогнозирование характеристик тепловозов и дизель-поездов с учетом жизненного цикла / Сборник тезисов I научно-практической конференции «Внедрение наукоемких технологий на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте» (Крым, Алушта, июнь 2005). –Днепропетровск: ДНУЗТ, 2005. -С.35-36.

8. Фалендиш А.П., Харламов П.О., Чигирик Н.Д. Розрахунок показників надійності рухомого складу / Тези VII міжнародної науково-практичної конференції «Наука і освіта» -Дніпропетровськ, 2004. -Том 62. –С.76-78.

9. Експлуатаційні випробування нового рухомого складу для приміських сполучень / Е.Д. Тартаковський, А.П. Фалендиш, П.О. Харламов, Д.М. Коваленко та ін. // Тези доповідей третьої науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: Техніка, технологія, економіка і управління». –К.: КУЕТТ, 2005. –Серія «Техніка, технологія». –С.41-42.

10. Фалендыш А.П., Харламов П.А., Бабич И.А. Моделирование системы эксплуатации и обслуживания новых маневровых тепловозов // Тези доповідей третьої науково-практичної конференції «Проблеми та

перспективи розвитку транспортних систем: Техніка, технологія, економіка і управління». –К.: КУЕТТ, 2005. –Серія «Техніка, технологія». –С.41-42.

**11.** Разработка программного обеспечения для автоматизированных контрольно-обучающих систем на железнодорожном транспорте / А.Ф. Агулов, А.П. Фалендыш, П.А. Харламов, Д.Н. Коваленко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. -2005. -№5. – С.107-108.

**12.** Фалендиш А.П., Харламов П.О. Прогнозування характеристик перспективних маневрових тепловозів для залізниць України // Тези доповідей другої науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: Техніка, технологія, економіка і управління». –К.: КУЕТТ, 2004. -Ч.1. –С.74-75.

**13.** Использование новых материалов для повышения службы моторно-осевых подшипников маневровых тепловозов / Д.А. Аулин, И.А. Бабич, Д.Н. Коваленко, А.П. Фалендиш, П.А. Харламов // Тези II міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні наукові дослідження –2006». – Дніпропетровськ, 2006. –Серія «Наука і освіта». -Том 15. –С.14-16.

**14.** Фалендиш А.П., Харламов П.О., Коваленко Д.М. Підвищення ресурсу моторно-осьових підшипників тягових електродвигунів в експлуатації // Зб. наук. пр. –Харків: УкрДАЗТ, 2006. -Вип.76. -С.87-92.

#### АНОТАЦІЯ

Харламов П.О. Удосконалення характеристик системи обслуговування та ремонту перспективних маневрових тепловозів. – 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, 2007.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі - підвищення експлуатаційної надійності маневрових тепловозів шляхом впровадження раціональної системи технічного обслуговування та ремонту з урахуванням конструкції маневрового тепловоза, регіону експлуатації, способу її виконання та виконавця. В ній формалізовано задачу вибору раціональної системи технічного обслуговування та ремонту, отримано її цільову функцію оптимізації.

Запропоновано модель мінімізації цільової функції виконання системи обслуговування та ремонту з урахуванням оптимізації міжремонтних пробігів, вибору типу системи обслуговування та ремонту, яка враховує тип рухомого складу та способів виконання, ремонту та виконавців.

Ключові слова: маневровий тепловоз, система обслуговування та ремонту, надійність вузлів, міжремонтні пробіги, вид ремонту.

## АННОТАЦІЯ

Харламов П.А. Усовершенствование характеристик системы обслуживания и ремонта перспективных маневровых тепловозов. - 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, 2007.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной задачи - повышение надежности маневровых тепловозов путем внедрения рациональной системы ТОР с учетом конструкции маневрового тепловоза, региона эксплуатации, способа ее исполнения и исполнителей.

В рыночных условиях одной из важных задач увеличения эксплуатационных характеристик нового подвижного состава есть внедрение новых усовершенствованных систем эксплуатации и ремонта нового наукоемкого подвижного состава. Для нового маневрового тепловоза, который оборудован новейшими узлами и агрегатами, использование существующих систем ТОР уже не является экономически целесообразным. Поэтому внедрение в практику новой системы ТОР, которая создана на основе новых теоретических разработок, позволяет квалифицировать представленную работу как актуальную.

Для достижения поставленной цели в работе использовались методы эмпирического и теоретического исследования, математическая статистика, теория надежности систем, системный подход, методы регрессивного анализа, методы анализа и синтеза, теория множеств; моделирование, методы эксперимента.

Была обоснована необходимость проведенных исследований путем формализации задачи выбора характеристик оптимальной системы технического обслуживания и ремонта.

Анализ существующих систем обслуживания и ремонта тягового подвижного состава показал, что основой поддержки локомотивов в работоспособном состоянии на железных дорогах России, Украины и стран СНГ была и остается система планово-предупредительных ремонтов, которая уже не в полной мере соответствует новому подвижному составу. Для определения соответствия подвижного состава системе обслуживания и ремонта был проведен анализ подвижного состава, эксплуатирующегося на

железных дорогах, и определена зависимость развития подвижного состава и систем обслуживания и ремонта.

Проведенный анализ работ, направленных на усовершенствование систем обслуживания и ремонта подвижного состава, показал, что общее количество ранее предложенных методов оптимизации системы обслуживания и ремонта предусматривает определение целевой функции минимизации эксплуатационных расходов используя только один определенный показатель, что с учетом требований программы реформирования железнодорожной отрасли не является корректным. Поэтому усовершенствование существующих моделей по минимизации эксплуатационных расходов подвижного состава является актуальным.

Исходя из поставленной задачи в работе была разработана математическая модель, исходным блоком которой является обобщенная функция минимизации эксплуатационных расходов маневровых тепловозов на протяжении всего жизненного цикла. В структуру данной модели входят три блока: модель определения оптимальных межремонтных пробегов по группам узлов маневрового тепловоза, модель определения оптимального исполнителя для выполнения соответствующего вида обслуживания и ремонта, модель оптимальной системы обслуживания и ремонта с учетом типа маневрового тепловоза, способа исполнения и исполнителя.

**5** Модель оптимальных межремонтных пробегов рассчитывалась по известным методикам исходя из сведений о надежности узлов в эксплуатации. Анализ данных позволил определить закон распределения отказов для каждого узла маневрового тепловоза, вероятность безотказной работы и сформировать оптимальные пробеги до обслуживания или ремонта.

Используя данные об оптимальных межремонтных пробегах была рассчитана модель определения оптимального исполнителя для выполнения соответствующего вида обслуживания и ремонта, а так же модель оптимальной системы обслуживания и ремонта с учетом типа маневрового тепловоза, способа исполнения обслуживания и ремонта и исполнителя, исходный массив данных которой использовался при расчете общей функции минимизации.

Приведенные технико-экономические расчеты свидетельствуют о том, что внедрение новой системы обслуживания и ремонта маневровых тепловозов позволит снизить стоимость жизненного цикла маневрового тепловоза. При этом экономический эффект от использования маневровых локомотивов по усовершенствованной системе обслуживания и ремонта будет составлять свыше 1552,5 тыс. грн за жизненный цикл.

Ключевые слова: маневровый тепловоз, система обслуживания и ремонта, надежность узлов, межремонтные пробеги, вид ремонта.

## 6 THE SUMMARY

7

Harlamov P.A. The Improvement of the system of the service and repair new shunter diesel locomotive with provision for conditions of the usages - a Manuscript.

The Thesis on reception scientific degree candidate of the technical sciences for profession 05.22.07 - a rolling stock of the railways and pulling train; The Ukrainian state academy of the rail-freight traffic, Harkov, 2007.

In thesis is dedicated to decision of the actual scientific problem - a rise to serviceability shunter diesel locomotive by by introducing the rational system of the technical maintenance and repair with provision for designs shunter diesel locomotive, region to usages, way of its execution and performer. In her formalized problem optimum system choice of the technical maintenance and repair, is received target function to optimization of the system of the technical maintenance and repair.

The Offered model to minimization to target function of the performing the system of the service and repair with provision for optimization overhaul run, choice of the type of the system of the service and repair, which takes into account the type of the rolling stock and ways of the execution, repair and performers.

The Keywords: shunter diesel locomotive, system of the service and repair, reliability of the nodes, overhaul runs, type of the repair.