

на правах рукопису

ІСАЄВ Леонід Олексійович

УДК 621.311.1:625.42

**РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ
ЕЛЕКТРОДЕПО МЕТРОПОЛІТЕНУ**

05.22.07 - рухомий склад залізниць та тяга поїздів,

05.22.08 - експлуатація залізничного транспорту

Автореферат

дисертації на здобуття вченого ступеню

кандидата технічних наук

Харків - 1996

29.424
56.2

116.36286

Дисертацією є рукопис.
Робота виконана на кафедрі
академії залізничного транспорту.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00743831 (Q)

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
академік Транспортної академії України
Соболев Юрій Володимирович

Науковий консультант: кандидат технічних наук, професор,
академік Транспортної академії України
Жалкін Сергій Григорович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Загарій Геннадій Іванович
кандидат технічних наук, доцент
Гетьман Геннадій Кузьмич

Провідна організація - Київський метрополітен

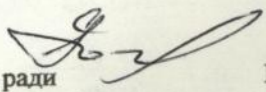
Захист відбудеться "26" зрудня 1996 р. о 13.00 годині
ауд. 1.417 на засіданні спеціалізованої ради у Харківській державній академії
залізничного транспорту (310050, м. Харків, майд. Фейєрбаха, 7).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківської державної
академії залізничного транспорту.

Автореферат розісланий "23" листопада 1996 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради



П.О. Яновський

Загальна характеристика роботи

Актуальність досліджень. Процес планування експлуатаційної роботи вагонного парку електродепо є найбільш відповідальною технологічною ланкою в системі управління рухом електропоїздів метрополітену, тому що має безпосередній вплив на ефективність і безпеку перевезення пасажирів.

Впровадження в систему управління роботою електродепо засобів автоматизації та обчислювальної техніки дозволяє створювати автоматизовані системи управління, які підвищують безпеку руху електропоїздів, поліпшують умови праці співробітників депо і локомотивних бригад, знижують витрати електроенергії, а також прямі та непрямі витрати на технічне обслуговування рухомого складу.

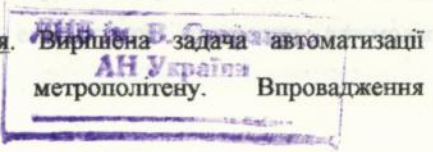
Мета роботи та завдання досліджень. Метою роботи є:

- розробка комплексної технології переробки вагонів в електродепо;
- утворення математичної моделі автоматизованої системи управління електродепо;
- розробка формалізованої моделі ремонтного цеху депо;
- підтвердження ефективності впровадження запропонованої методики управління роботою електродепо.

Методи досліджень. При вирішуванні задач дисертаційної роботи використовувались методи теорії оптимального управління, планування експерименту і технічної діагностики, математичної статистики.

Наукова новизна. Обґрунтована необхідність розробки комплексних систем управління роботою електродепо. Запропонована методологія побудови автоматизованих систем управління технологічними процесами депо метрополітену. Розроблена формалізована модель ремонтного цеху. Обґрунтована економічна ефективність впровадження запропонованих рішень.

Практична цінність та реалізація. Вирішена задача автоматизації управління роботою електродепо метрополітену. Впровадження



запропонованих в дисертаційній роботі моделей управління роботою електродепо та ремонтного цеху дозволяє одержати економічний ефект за рахунок скорочення витрат на технічне обслуговування вагонного парку метрополітену.

Основні результати досліджень впроваджені в Салтівському електродепо Харківського метрополітену.

Апробація роботи. Основні положення дисертації викладені на:

- семінарі Всесвітньої федерації залізниць і метрополітенів (м. Будапешт, 1990 р.);

- науково-практичному семінарі Колегії Міністерства шляхів сполучення СРСР (м. Москва, 1991 р.);

- семінарі "Проблеми ефективного функціонування міського електротранспорту в нових соціально-економічних умовах і наукові основи їх реалізації";

- Харківській міській науково-технічній конференції "Харків - XX вік" (м. Харків, 1993 р.р.);

- науково-практичних конференціях Харківського інституту міського господарства (м. Харків, 1994, 1995 р.);

- на 8-й та 9-й Міжнародних школах-семінарах "Перспективні системи управління на залізничному, промисловому та міському транспорті" (м. Алушта, 1995, 1996 р.).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 14 друкованих робіт, з них 1 патент Росії.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Робота вміщує 108 сторінок тексту, 7 ілюстрацій, 10 таблиць, бібліографію з 54 найменувань та 5 сторінок додатків.

Зміст роботи

У вступі обгрунтована актуальність розробки комплексної системи управління роботою електродепо метрополітену, перераховані вирішені в дисертаційній роботі задачі.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу стану і перспектив розвитку систем автоматизації управління електродепо. Показано, що стратегія управління ремонтним цехом електродепо повинна відгукуватися на такі важливі дискретні події, як відмова устаткування, його переналагоджування і т.с. Ці управління по зворотньому зв'язку повинні базуватися на моделях, що легко реалізуються на ЕОМ. В роботі розробляється ієрархічний підхід, який можна використовувати для дослідження і розробки алгоритмів складання розкладу і планування роботи депо метрополітену. Системною основою запропонованої ієрархічної структури є специфічні особливості управляемого процесу. Ієрархічні рівні відповідають класам подій, які відбуваються з різними дискретними частотами (потоки заяв на технічне обслуговування (ТО) і технічний ремонт (ТР), потік відмов устаткування, необхідність переналадки).

Комп'ютерна реалізація викликана складністю системи, її широкими функціональними можливостями. Навіть проста детермінована модель депо метрополітену з урахуванням працездатності обчислювальних операцій при комбінаторній оптимізації не дозволяє на практиці здійснювати управління в реальному масштабі часу. Будь-яка схема управління повинна базуватися на спрощеному уявленні системи та евристичному розв'язуванню задачі про складання розкладу. З теорії розкладів є різноманітна література, але така специфічна задача, як задача планування роботи електродепо в ній не розглядається. Тому в дисертації узагальнюється коло питань прийняття рішень в сфері організації роботи депо метрополітену.

Структура системи управління електродепо припускає взаємодію слідуєчих задач управління.

- Облік та аналіз відмов, браків в роботі електрорухомого складу.
- Облік та аналіз технічного стану електрорухомого складу.
- Облік та аналіз стану ремонтної бази електродепо.
- Облік та аналіз стану здоров'я локомотивних бригад.
- Облік та аналіз матеріалів та запасних частин для ремонту і технічного обслуговування електрорухомого складу.
- Облік оперативного стеження за обладнанням і управлінням обладнанням СЦБ електродепо.
- Оперативного планування технічного обслуговування (ТО) і ремонтів (ТР) електрорухомого складу.
- Планування нарядів локомотивних бригад

Утворення технологічної моделі взаємодії вище описаних задач управління дозволяє сформувати потоки подій електродепо метрополітену та визначити класи управляючих впливів, які дозволяють досягти поставленої мети управління.

Другий розділ роботи присвячений розробці математичної моделі системи управління електродепо. При цьому ремонтний цех вагонів метрополітену розглядається як система з двох паралельно працюючих позицій ремонту і обслуговування вагонів депо, обробляючих вагони одного і того ж типу. Кожна з позицій проходить профілактичний ремонт чотири рази за рік і вмикається кожний раз на один повний тиждень. Відмови обладнання позицій відбуваються приблизно раз в тиждень і займають 5% робочого часу кожної позиції, вільної від профілактичного ремонту. Система працює 16 годин за добу.

Ієрархію можливо побудувати, якщо віднести до рівня 1 - тривале планування (начальник депо), до рівня 2 - профілактичний ремонт обладнання (головний інженер депо), до рівня 3 - відмови обладнання ремонтного цеху (черговий по депо), до рівня 4 - технологічні операції (начальник ремонтного цеху). Управляючий рівня 1 вибирає тривалі середні

частоти ремонту і середні швидкості технологічних операцій (перші - на основі інструкцій виробників робочого обладнання позицій або даних, одержаних при вивченні зв'язку між профілактичним ремонтом і надійністю; другі - виходячи з утвердженого графіка проведення ТО вагонів). Ця виробнича система на протязі тривалого часу здатна проводити ТО-2 для 3.507 вагонів у годину (тому що 8 тижнів з 52 працює тільки яка-небудь одна позиція, 44 тижні з 52 працюють обидві позиції, кожна з позицій може здійснювати ТО-2 за 95% свого робочого часу).

Стани дій, позначені через a_{ij} , де номер позиції ($i=1,2$), а j - номер дії. Ремонту відповідає $j=1$, відмови - $j=2$, робочій операції - $j=3$. Таким чином, продуктивність на рівні 1 являє собою слідувачі множини

$$0 < u^1_{13} < 1.7535,$$

$$0 < u^1_{23} < 1.7535.$$

Припустимо, що встановлено тривалий попит $u^1_{13} + u^1_{23} = 3,4$ вагонів за годину.

Управляючий рівня 2 вибирає і оголошує фактичні терміни профілактичного ремонту та розраховує швидкості проведення ТО-2 u^1_{j3} (a_{11} , a_{21}) для періодів, за час яких система знаходиться в кожному з своїх ремонтних станів. Продуктивність є множинами

$$0 < u^2_{13}(0,0) < 1.9, \quad 0 < u^2_{23}(0,0) < 1.9,$$

$$0 < u^2_{13}(0,1) < 1.9, \quad 0 < u^2_{23}(1,0) < 1.9,$$

$$0 = u^2_{13}(1,0), \quad 0 = u^2_{23}(0,1),$$

$$0 = u^2_{13}(1,1), \quad 0 = u^2_{23}(1,1).$$

Можна встановити слідувачі множини швидкостей проведення ТО-2: система виробляє $u^2_{13}(0,1) = u^2_{23}(1,0) = 1.85$ ТО-2 за годину за ті періоди, коли одна з позицій знаходиться в профілактичному ремонті, та $u^2_{13}(0,0) = 1.778$ ТО-2 за годину ($i=1,2$), коли жодна з позицій не знаходиться у профілактичному ремонті. Тоді середні швидкості проведення ТО-2 становлять $u^1_{13} = u^1_{23} = 1.647$, оскільки за 44/52 всього часу працюють обидві позиції, за 4/52 всього часу

позиція 1 працює, а позиція 2 ремонтується і, нарешті, за 4/52 всього часу позиція 2 працює, а позиція 1 знаходиться в профілактичному ремонті.

Відзначимо, що у цього управляючого відмови враховуються тільки в середньому, а стан профілактичного ремонту - фактично.

Управляючий рівня 3 повинен вибрати швидкість проведення u^3_{13} (a_{11} a_{21} a_{12} a_{22}) для кожного стану, зв'язаного з відмовою. Його цільові швидкості - це u^2_{13} (a_{11} a_{21}). Тепер продуктивності являють собою слідувачі множини ($i=1,2$):

$0=u^3_{13}$ (позиція 2 на профілактичному ремонті,

$(0,1,1,0)$ позиція 1 на поточному ремонті)

$0=u^3_{13}$ (позиція 1 на профілактичному ремонті,

$(1,0,0,1)$ позиція 2 на поточному ремонті)

$0 < u^3_{13}$ (позиція 2 на профілактичному ремонті,

$(0,1,0,0) < 1$ на поточному ремонті позицій немає)

$0=u^3_{23}$ (позиція 2 на профілактичному ремонті,

$(0,1,0,0)$ на поточному ремонті позицій немає)

$0=u^3_{13}$ (позиція 1 на профілактичному ремонті,

$(1,0,0,0)$ на поточному ремонті позицій немає)

$0 < u^3_{23}$ (позиція 1 на профілактичному ремонті,

$(1,0,0,0) < 1$ на поточному ремонті позицій немає)

$0=u^3_{13}$ (на профілактичному ремонті позицій немає,

$(0,0,1,1)$ обидві позиції на поточному ремонті)

$0 < u^3_{13}$ (на профілактичному ремонті позицій немає,

$(0,0,0,1) < 1$ позиція 2 на поточному ремонті)

$0=u^3_{23}$ (на профілактичному ремонті позицій немає,

$(0,0,0,1)$ позиція 2 на поточному ремонті)

$0=u^3_{13}$ (на профілактичному ремонті позицій немає,

$(0,0,1,0)$ позиція 1 на поточному ремонті)

$0 < u^3_{23}$ (на профілактичному ремонті позицій немає,

$(1,0,0,0) < 1$ позиція 1 на поточному ремонті)

$0 < u_{13}^3$ (на профілактичному або поточному ремонті
 $(0,0,0,0) < 1$ позицій немає).

Можна прийняти слідуєчи множини допустимих швидкостей
 $(i=1,2)$

$u_{13}^3(0,1,1,0) = 0$	$u_{13}^3(0,0,1,1) = 0$
$u_{13}^3(1,0,0,1) = 0$	$u_{23}^3(0,0,0,1) = 1.909$
$u_{13}^3(0,1,0,0) = 1.947$	$u_{23}^3(0,0,0,1) = 0$
$u_{23}^3(0,1,0,0) = 0$	$u_{13}^3(0,0,1,0) = 0$
$u_{13}^3(1,0,0,0) = 0$	$u_{23}^3(0,0,1,0) = 1.909$
$u_{23}^3(1,0,0,0) = 1.947$	$u_{13}^3(0,0,0,0) = 1.909$

Середні швидкості проведення ТО-2 на рівні 3 для усіх станів, у котрих $(a_{13}, a_{23}) = (0,1)$, дорівнюють $u_{13}^2(0,1) = 1,85$ (оскільки позиція 1 не працює з ймовірністю 0,05 і працює з ймовірністю 0,95) і $u_{23}^2(0,1) = 0,0$. Аналогічно можна знайти середні швидкості проведення для станів, у яких $(a_{13}, a_{23}) = (1,0)$. Ці швидкості дорівнюють $u_{23}^2(1,0) = 1,85$ і $u_{13}^2(1,0) = 0,0$. Решта середніх швидкостей проведення ТО-2 на рівні 3 співпадає з відповідними величинами на рівні 2.

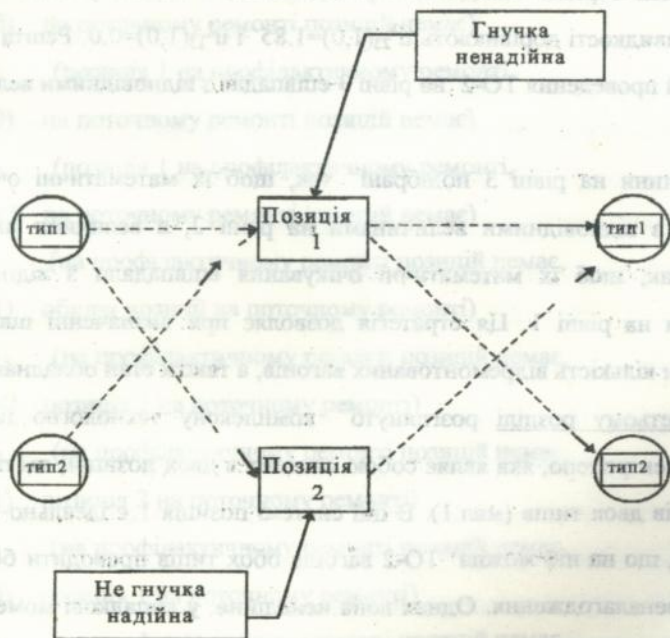
Величини на рівні 3 підібрані так, щоб їх математичні очікування співпадали з відповідними величинами на рівні 2, а величини на рівні 2 підібрані так, щоб їх математичні очікування співпадали з відповідними величинами на рівні 1. Ця стратегія дозволяє при визначенні швидкостей враховувати кількість відремонтованих вагонів, а також стан обладнання.

В третьому розділі розглянуто комплексну технологію переробки вагонів в електродепо, яка являє собою систему з двох позицій, які проводять ТО-2 вагонів двох типів (мал.1). В цій системі позиція 1 є ідеально гнучкою. Це означає, що на ній можна ТО-2 вагонів обох типів проводити без втрати часу на переналадження. Однак вона ненадійна: у випадкові моменти часу вона відмовляє і простоє випадковий відрізок часу (відмова підйомника). Позиція 2 абсолютно надійна, але не має ніякої гнучкості. На ній можна

обробляти тільки вагони типу 1. Таким чином, на позиції 1 доводиться обробляти вагони обох типів, а на позиції 2 - тільки вагони типу 1.

Заданими величинами являються попит на вагони (d_1 і d_2), швидкості відмов (p) і ремонту (r), а також тривалість технологічної операції (t_{11}, t_{12}, t_{21}), де t_{ij} час обробки вагонів типу j на позиції типу i). Прийнемо, що на рівні 1 швидкість попиту на вагони типу 1 розподіляється між тими позиціями, на яких дана операція може бути виконана, так що характерні швидкості попиту мають вид $u_{11}^1, u_{13}^1 = d_2 u_{21}^1$. Відзначимо, що $d_1 = u_{11}^1 + u_{21}^1$.

В цій задачі припущення 1 зводиться до того, що величини $\tau_{11}, \tau_{12}, \tau_{21}, \frac{1}{u_{11}^1}, \frac{1}{d_2}, \frac{1}{u_{21}^1}$ мають один і той же порядок. Таким чином $f_3 \approx \frac{1}{\tau_{11}}$. Всі ці величини істотно менші, ніж $1/r$ і $1/p$, які мають однаковий порядок величини. Таким чином, $f_2 \approx r$ і $f_1 = 0$.



Мал. 1. Система ремонтного цеху метрополітену

Змінними стану системи виступають величини a , стан ремонту позиції 1, які уявляють із себе випадкову, позасистемну змінну і надміри $x_{11}^2, x_{21}^2, x_{12}^2$. Змінними управління являються u_{ij}^2 - швидкості потоку вагонів типу j на позиціях типу i для рівня 1 ($ij=11,12,21$).

Стосовно цієї задачі слушно співвідношення:

$$x_{ij}^2 = u_{ij}^2 - u_{ij}^1 \quad \text{при } ij=11, 12, 21 \quad (1)$$

Задача лінійного програмування по знаходженню u_{ij}^2 приймає вигляд

$$\min_{u_{ij}^2} \sum c_{ij}(x^2, \alpha) u_{ij}^2 \quad (2)$$

за умов

$$\tau_{11} u_{11}^2 + \tau_{12} u_{12}^2 \leq \alpha \quad (3)$$

$$\tau_{21} u_{21}^2 \leq 1 \quad (4)$$

$$u_{ij}^2 \geq 0 \quad (5)$$

де при $ij=11,12,21$ та при $mn=11,12,21$

$$c_{ij}(x^2, \alpha) = \sum_{mn} A_{ijmn}(\alpha) x_{mn}^2 + b_{ij}(\alpha) \quad (6)$$

Тут $c(x^2, \alpha)$ - приблизний вираз для $\partial/\partial x$. Задовільні результати одержані з діагональними матрицями A , тому ми приймемо $A_{ijmn} = 0$ при $(mn)(ij)$. Тоді бар'єрна крапка задається виразом

$$z_{ij}(\alpha) = - \frac{b_{ij}(\alpha)}{A_{ijmn}(\alpha)} \quad (7)$$

В результаті цього розрахунка виходить кусково-постійна функція часу. Дана функція використовується як східчаста стратегія до тих пір, поки не зміниться стан ремонту. Коли ж він зміниться, на розглядаємому рівні розраховується нова функція.

Вагон типу j встановлюється на позицію 1, якщо

- 1) Число вагонів типу j , виготовлених на позиції 1 менше, ніж

$$\int_0^t u_{1j}^2(s) ds \quad (8)$$

2) Позиція 1 тепер вільна.

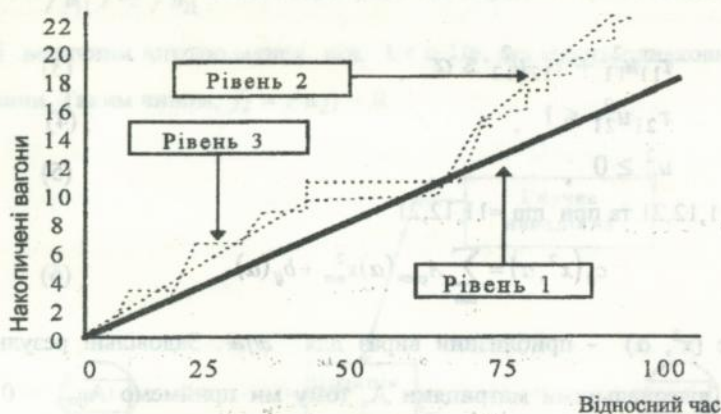
Вагон типу 1 приймається до завантаження на позицію 2, якщо

1) Число деталей типу 1, виготовлених на позиції 2, менше ніж

$$\int_0^t u_{21}^2(s) ds \quad (9)$$

2) Позиція 2 тепер вільна.

Малюнок 2. виявляє як відбувається накопичення відремонтованих вагонів відповідно з цією стратегією і на скільки воно відслідковує поптит.



Мал.2. Результат застосування прийнятої стратегії

Четвертий розділ дисертації присвячений техніко-економічному обґрунтуванню системи управління роботою електродепо і розробці комплексу заходів по підвищенню надійності і ефективності систем диспетчерського контролю. Впровадження автоматизованої системи ідентифікації рухового складу дозволяє ввести в структуру управління електродепо вірогідний індивідуальний облік пробігу вагонів, що забезпечує умови своєчасного ремонту вагонів відповідно графіку ремонтів. Відсутність в теперешній час такого контролю приводить до несвоечасного (раннього або

пізнього) виведення їх до ремонту із-за недотримування графіка ремонтів. Це, в свою чергу, прямо впливає на удорожання ремонтних робіт і, отже, збільшує загальні витрати на експлуатацію метрополітену.

Виходячи з цього, загальні витрати на експлуатацію метрополітену за рік t ($I_{1,2t}$) можна розподілити на дві частини:

- витрати на всі види ремонту рухомого складу за рік t ($I_{1,2t}^p$);
- остатні (усі другі) витрати, пов'язані з експлуатацією метрополітену за рік t ($I_{1,2t}^o$).

Визначення величини подорожання ремонтних робіт в електродепо Харківського метрополітену при відсутності вірогідних даних про пробіг вагонів було зроблено зіставленням фактичної вартості ремонтів вагонів ($I_{\text{факт}}^p$) за ряд звітних років (з 1990р. по 1994р. включно) з розрахунковою вартістю ремонтів за той же період ($I_{\text{рас}}^p$).

Вартості ремонтів визначаються за наступними формулами

$$I_{\text{факт}}^p = \sum_{i=1}^{t=n} K_i^{\text{факт}} \cdot \Pi_i^p, \quad (10)$$

де $K_i^{\text{факт}}$ - фактична кількість ремонтів різних видів за звітний рік,

Π_i^p - вартість ремонту і його виду за даними Харківського метрополітену за цінами 1995р. (калькуляційна вартість).

$$I_{\text{рас}}^p = \frac{\sum_{i=1}^{t=n} nS_{об} \cdot K_{p,i}^{\text{норм}} \cdot \Pi_i^p}{L_{\text{мес.р.}}^{\text{кр2cp}}}, \quad (11)$$

де $\sum_{i=1}^{t=n} nS_{об}$ - загальний графіковий пробіг вагонів метрополітену за період з 1991р. по 1994р.;

$L_{\text{мес.р.}}^{\text{кр2cp}}$ - середній нормативний пробіг між КР2 для вагонів інвентарного парку метрополітену;

$K_{p,i}^{\text{норм}}$ - кількість ремонтів і виду в одному циклі між двома ремонтами КР2.

$$L_{\text{меж.р.}}^{KP2.ср} = L_{\text{меж.р.}}^{KP2(Еж)} \cdot \gamma_{Еж} + L_{\text{меж.р.}}^{KP2(81)} \cdot \gamma_{81}, \quad (12)$$

де $L_{\text{меж.р.}}^{KP2(Еж)} = 3150$ тис.км. - норма пробігу між двома КР2 для вагонів типу Еж;

$L_{\text{меж.р.}}^{KP2(81)} = 2880$ тис.км - норма пробігу між двома КР2 для вагонів типу 81;

$\gamma_{Еж}, \gamma_{81}$ -удільна вага відповідних вагонів в інвентарному парку.

$$K_{p,i}^{\text{цикл}} = \frac{L_{\text{меж.р.}}^{KP2}}{l_i} - \sum_{i=1}^{i=n-1} K, \quad (13)$$

де l_i - норма пробігу між i видами ремонту;

$\sum_{i=1}^{i=n-1} K$ - розрахункова кількість попередніх видів ремонту.

Усереднена кількість ремонтів в міжремонтному циклі в залежності від типів вагонів метрополітену визначається відповідно з удільною вагою відповідних типів вагонів в інвентарному парку

$$K_{p,i}^{\text{цикл.ср}} = K_{p,i}^{\text{цикл}(Еж)} \cdot \gamma_{Еж} + K_{p,i}^{\text{цикл}(81)} \cdot \gamma_{81}. \quad (14)$$

Середній інвентарний парк вагонів Харківського метрополітену за 1990-1994 рр. склав:

$$n_{\text{инв}} = \frac{275 + 282 + 287 + 292 + 292}{5} = 286 \text{ ваг.}$$

З них:

- вагонів серії ЕЖ-3, ЕМ-508 - 143 ваг. або 50%;

- вагонів серії 81-714, 81-718, 81-719 - 143 ваг. або 50%.

Усереднений пробіг між КР2 для вагонів інвентарного парку метрополітену розраховується за формулою (12)

$$L_{\text{меж.р.}}^{KP2.ср} = 3150 \cdot 0,5 + 2880 \cdot 0,5 = 1575 + 1440 = 3015 \text{ т.км.}$$

Кількість ремонтних циклів за 5 років (за період з 1991 по 1995р.) дорівнює:

$$n_{\text{цикл}} = \sum n S_{об} / L_{\text{меж.р.}}^{KP2.ср} = 160940 / 3015 = 53,07 \text{ цикл.}$$

Розрахована кількість ремонтів за досліджений звітний період визначена за формулою (11) і в порівнянні з даними звітних років приведена в табл. 1.

Таблиця 1

Вид ремонту	Кількість ремонтів у циклі	Кількість циклів за 5 років	Розрахована кількість ремонтів	Фактична кількість ремонтів	Різниця Δ , + - підвищення - зниження
1	2	3	4	5	6
KP1	3,31	53,07	177	159	- 18
TP3	4,30	53,07	228	300	+ 72
TP2	8,62	53,07	457	457	0
TP1	33,03	53,07	1753	1751	- 2
TO3	351,75	53,07	18667	18665	- 2
TO2	402,0	53,07	21334	21013	- 321

На розрахунковий період економія експлуатаційних витрат на ремонт

$\sum_{t=t_n}^{t=t_k} (I_{1t}^p - I_{2t}^2)$, яка очікується при обладнанні всього інвентарного парку

вагонів новою системою ідентифікації рухомого складу метрополітену визначиться за формулою:

$$\sum_{t=t_n}^{t=t_k} (I_{1t}^p - I_{2t}^p) = \Delta \varepsilon_{pac}^{yod} \cdot n_{инт} \quad (15)$$

де $n_{инт}$ - очікуєий інвентарний парк вагонів метрополітену за рік розрахункового періоду.

Для визначення очікуємого інвентарного парку вагонів метрополітену за роки розрахункового періоду (n_t) проведений аналіз залежності інвентарного парку вагонів від різноманітних факторів. Аналіз показав, що на величину інвентарного парку вагонів найбільший вплив чинять два фактори:

- обсяг пасажирських перевезень;
- відстань ліній метрополітену.

З метою оцінки ступеню впливу кожного з цих факторів на величину інвентарного парку вагонів побудована 2-х факторна математична модель залежності вагонного парку від об'єму пасажирських перевезень і відстані

ліній. Ця модель побудована на основі даних про інвентарний парк, об'єми пасажирських перевезень і відстань ліній метрополітену з 1976 по 1990р.р., тому що цей період часу характеризується щорічним зростанням пасажирських перевезень, обумовленим стабільністю економічної ситуації.

Параметри a_0, a_1, a_2 2-факторної моделі виду

$$n_{\text{инв}} = a_0 + a_1 \cdot A + a_2 \cdot L, \quad (16)$$

де $n_{\text{инв}}$ - величина інвентарного парку;

A - обсяг пасажирських перевозок;

L - відстань ліній метрополітену,

знаходяться за методом найменших квадратів в ході розв'язування системи 3-х рівнянь з трьома невідомими

$$\begin{cases} a_0 \cdot k + a_1 \sum A + a_2 \sum L = \sum n_{\text{инв}} \\ a_0 \sum A + a_1 \sum A^2 + a_2 \sum A \cdot L = \sum A n_{\text{инв}} \\ a_0 \sum L + a_1 \sum A \cdot L + a_2 \sum L^2 = \sum L n_{\text{инв}} \end{cases}, \quad (17)$$

де n - кількість спостерегань (n =15 рокам);

a_1, a_2 - параметри, які зважають на ступінь впливу об'єму пасажирських перевезень і відстані ліній метрополітену на величину інвентарного парку;

a_0 - параметр, який зважає на ступінь впливу інших, менш значущих факторів, на величину інвентарного парку;

$\sum A, \sum L, \sum A^2, \sum L^2, \sum n_{\text{инв}}, \sum AL, \sum A n_{\text{инв}}, \sum L n_{\text{инв}}$ - підсумовані значення відповідних величин за k років.

Система рівнянь має вид:

$$\begin{cases} 15a_0 + 2974,68a_1 + 973,48a_2 = 2844 \\ 2974,68a_0 + 641385,11a_1 + 62505,41a_2 = 612461,82 \\ 973,48a_0 + 62505,41a_1 + 6114,72a_2 = 59666,32 \end{cases} \quad (18)$$

Вирішуючи систему, визначаємо параметри a_0, a_1, a_2 . Математична модель має вид:

$$n_{\text{инв}} = -0,03 + 0,954545A + 0,005119L. \quad (19)$$

Очікуємиий сукупний приріст економічного ефекту експлуатації всіх ліній Харківського метрополітену, одержаний за розрахунок зниження понаднормативних витрат на ремонтні роботи, підтверджує ефективність впровадження на метрополітені автоматизованих систем управління роботою електродепо.

Заклучення

1. В роботі проведені дослідження стану і перспектив розвитку систем управління роботою електродепо, за результатами яких сформульовані основні методи їх розробки і проектування.

2. З використанням ієрархічного підходу розроблена математична модель системи управління електродепо, яка дозволяє здійснювати довготермінове прогнозування ефективності його роботи.

3. На підставі комплексного аналізу технологічного процесу переробки вагонів запропонована стратегія управління роботою електродепо, яка забезпечує раціональне використання ресурсів.

4. Розроблена формалізована модель ремонтного цеху електродепо, яка дозволяє приймати оптимальні рішення в процесі технічного обслуговування і ремонту вагонів, за критерієм мінімуму експлуатаційних витрат.

5. Впровадження в систему управління роботою електродепо автоматизованої системи ідентифікації вагонів, запропонованій в роботі, дозволяє оперативнo враховувати пробіг вагонів і виключати несвоєчасне (раннє або пізнє) виведення їх в ремонт із-за недодержання графіку ремонтів.

6. Наукові результати використання при створюванні системи управління роботою Салтівського електродепо Харківського метрополітену.

7. Розроблена двофакторна математична модель залежності вагонного парку від об'єму пасажирських перевозок, яка дозволяє оцінити економічну ефективність від впровадження системи і прогнозування стабільності її функціонування.

Основні положення дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Ісаєв Л.О., Овчинніков Ф.Е. Економічний експеримент: за досвідом Білоруської залізниці// Інформаційний науково-технічний збірник "Метробуд". - М., 1987. - №4.

2. Ісаєв Л.О., Овчинніков Ф.Е. Інтенсифікація виробництва на Харківському метрополітені - М.: Транспорт, 1988. - с.120.

3. Ісаєв Л.О. О мірах по підвищенню протипожежної безпеки рухомого складу метро// Тез.доп. семінару Всесвітньої федерації залізниць і метрополітенів.- Будапешт, 1990.

4. Ісаєв Л.О. О забезпеченні безпеки руху, підвищенні якості обслуговування пасажирів і вирішення соціальних питань на харківському метрополітені// Тез.доп. розширеного науково-практичного семінару Колегії Міністерства шляхів сполучення.-М., 1991.

5. Ісаєв Л.О. Проблеми ефективного функціонування міського електротранспорту в нових соціально-економічних умовах і наукові основи їх реалізації. Оптимізація експлуатаційних витрат//Тез. Доп. Міська науково-технічна конференція "Харків - ХХІ вік". - Харків, 1993.

6. Ісаєв Л.О., Віноградов О.Я. Безпека руху потягів і автоматизація рухомого складу метро// Тез.доп. ХХУІІ науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і співробітників Харківського інституту міського господарства.

7. Ісаєв Л.О., Крикунов М.О. Удосконалення транспортного обслуговування пасажирів Харкова// Тез. доп. ХХУІІІ науково-технічна конференція викладачів, аспірантів і співробітників Харківського інституту міського господарства.- Харків, 1994.

8. Ісаєв Л.О. Про удосконалення технічних засобів метрополітену// Збірник тез.доп. на науково-практичній конференції "Шляхи удосконалення технічних засобів метрополітенів".- Харків, 1995.

9. Ісаєв Л.О., Демченко О.Ф., Кошевий С.В. Побудова системи модулювання потягового положення на метрополітені// Збірник тез. доп. на науково-практичній конференції “Шляхи удосконалення технічних засобів метрополітенів”.- Харків, 1995.

10. Ісаєв Л.О., Демченко О.Ф., Молявка А.І., Товстий В.А., Чередніков П.І. Розробка методів і засобів обліку, контролю пасажиропотока і діагностики стану рухомого складу метрополітену// Збірник тез. доп. на науково-практичній конференції “Шляхи удосконалення технічних засобів метрополітенів”.- Харків, 1995.

11. Ісаєв Л.О., Демченко О.Ф., Серебряков В.С., Мапошенко В.Е., Швачка Н.Ф. Побудова і досвід використання засобів радіозв'язку на основі радіовипромінюючого кабелю// Збірник тез. доп. на науково-практичній конференції “Шляхи удосконалення технічних засобів метрополітенів”.- Харків, 1995.

12. Ісаєв Л.О., Демченко О.Ф., Прилипко А.А. Застосування комп'ютерної графіки для утворення автоматизованого робочого місця диспетчера// Матеріали 8-ї міжнародної школи-семінару “Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті”.- Харків, 1995.

13. Ісаєв Л.О., Соболев Ю.В. Шляхи підвищення ефективності технологічного обслуговування вагонного парку метрополітену. Частина 1. Формалізація задачі// Інформаційно-управляючі системи на залізничному транспорті.-1996.- №3,4.- с.29-33.

14. Бабаєв М.М., Демченко О.Ф., Ісаєв Л.А., Прилипко А.А., Соболев Ю.В. Шляховий індуктивний датчик. Рішення про видання патенту по заяві №95113387 від 14.05.96р., В 617/12, В 60 Т 17/22.

Особистий внесок: В працях, опублікованих в співавторстві, дисертанту належить: в роботах [1,2,6,7] - постановка наукової задачі; в роботах [9,10,11,12] - обґрунтування результатів дослідження; в роботах [13,14] - особисто автором розроблені алгоритми технологічного обслуговування вагонного парку метрополітену та шляхового індуктивного датчика.

АННОТАЦИЯ

Исаев Л.А. Разработка комплексной системы управления работой электродепо метрополитена. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов; 05.22.08 - Эксплуатация железнодорожного транспорта, включая системы сигнализации, централизации, блокировки. Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 1996. Диссертацией является рукопись.

Диссертация содержит теоретические и практические результаты, на основе которых разработаны модель функционирования и структура иерархической системы управления электродепо метрополитена. Получен экономический эффект за счет сокращения затрат на обслуживание вагонного парка.

SUMMARY

Isaiev L.A. Design of the complex control system for metropolitan railway depot. Dissertation for candidate degree of technical sciences on specialties: 05.22.07 - Railway rolling stock and traction of trains; 05.22.08. - Exploitation of the railway transport. Kharkov State Academy of Railway Transport, Kharkov, 1996. The dissertation is manuscript.

The dissertation includes theoretical and practical results, on the base of which the model and structure of the hierarchical control system for metropolitan

railway depot are developed. The economic effect was obtained on the base of expenditure lowering for maintenance of carriages.

Ключові слова: електродепо метрополітена, модель системи, ієрархічне управління, ідентифікація, стан ремонтної бази, інвентарний парк вагонів, обслуговування вагонного парку.

УСТАНОВА НА НАУКОВИЙ ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИСВІЩЕННЯ РОБОТ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ЦЕНТРУ МЕТРОПОЛІТЕНУ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Кандидат технічних наук Харченко А.Ф.

Підписано до друку 19.11.96 р.

Формат паперу 60x84, 1/16. Набір лінійний. Друк шпалковий.

Умови друку арк. 1.0. Обл.-вид. арк. 1.25.

Замовлення №01. Тираж 100.

Видано друком командит. М.П.Д.А.Т.У.

21000, Харків-50, вул. Шевченка, 7

Ісаєв Леонід Олексійович
РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ
ЕЛЕКТРОДЕПО МЕТРОПОЛІТЕНУ

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск Харченко Л.Ф.

Підписано до друку 19.11.96 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний. Друк високий.

Умовн.-друк.арк. 10. Обл.-вид.арк. 1,25.

Замовлення №617. Тираж 100.

Видавничий комплекс ХарДАЗТу,
310050, Харків-50, пл. Фейсрбаха, 7

437132

АВ 36.286

Исследования в области комплексной автоматизации
систем управления технологическими процессами

Авторский коллектив
Института проблем машиноведения
Академии наук СССР

Выпущено в свет в 1987 г.

Издательство «Машиноведение»
Москва, ул. Мясницкая, д. 20
Тел. 253-11-11

Всего страниц 100
1987 г.

1987