

М. І. КАПЦА (ДІПТ)

ОРГАНІЗАЦІЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УТРИМУВАННЯ ТЕПЛОВОЗІВ СЕРІЇ ТГМ4 НА ПРИКЛАДІ ВАТ «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ»

Метою роботи є визначення раціональної системи утримування гідромеханічної передачі тепловозів серії ТГМ4 для наперед встановленої надійності парку локомотивів при мінімальних витратах коштів та трудомісткості.

Целью работы являются определения рациональной системы содержания гидромеханической передачи тепловозов серии ТГМ4 для заведомо установленной надежности парка локомотивов при минимальных затратах средств и трудоемкости.

The purpose of work is determination of the rational system of maintenance of the hydromechanical transmission of diesel locomotives of a series ТГМ4 for the beforehand set reliability of locomotive fleet with minimum expenses of funds and labour capacity.

В свій час на підставі математичного моделювання процесів ремонту із залученням методів випадкових процесів, теорії надійності, методів оптимізації і функціонального аналізу були створені теоретичні основи кількісного опису моделей відновлення (ремонт) рухомого складу [1]. А розроблений аксіоматичний підхід до побудови математичних моделей ремонту рухомого складу дозволяє більш повно кількісно оцінювати вплив планових ремонтів на надійність локомотивів [2, 3]. Дану оцінку можна робити не тільки в умовах експлуатації, але і на стадії проектування.

Вишуканість математичного апарату, який застосовується в даній області досліджень, не компенсує відсутність врахування технології відновлювальних робіт. Автору не відомі дослідження з врахуванням технології при вирішенні задач з вибору раціональних систем утримування. Добре відомий той факт, що поєднуючи ті чи інші об'єми ремонтів, ми домагаємось відповідної економії ресурсів, однак у моделях розрахунку раціональної системи планових відновлень така ситуація не знаходила належного відображення. А розрив між теоретичними дослідженнями і практикою, що намітився в останні тридцять років, на наш погляд, обумовлений у першу чергу відсутністю математичних моделей, що враховують технологію відновлювальних робіт [4].

На цей час система планово-попереджувального ремонту (ППР) та обслуговування тепловозів ТГМ4 (ТГМ4А) в депо промислових підприємств передбачає планування та облік об'ємів відновлювальних робіт, виконання тех-

нічного обслуговування та періодичних ремонтів у визначені терміни, що виражені через кількість календарних днів, відпрацьованих кожним тепловозом.

Структура системи ППР тепловозів ТГМ4 (ТГМ4А) передбачає:

- чергування в певній послідовності технічного обслуговування та періодичних ремонтів;
- довготривалість ремонтних циклів та міжремонтних пробігів;
- періодичність технічного обслуговування.

В роботі [5] наведено визначення ремонтного циклу, як найменшого інтервалу часу, що повторюється, у визначеній послідовності та у відповідності до вимог нормативно-технічної документації на всі встановлені види ремонтів та обслуговування.

Розглядаючи тепловоз як технічний об'єкт його складові доцільно систематизувати за конструктивними особливостями, функціональному призначенню та технології відновлювальних робіт.

Це обґрунтовується ще і тим, що кожна деталь або агрегат мають свої тільки їм властиві характеристики надійності, міжремонтні періоди, що і потребує абсолютно різних витрат коштів та часу на їх відновлення.

Такий підхід дозволяє провести декомпозицію основних складових тепловоза, тобто представити його у наступному вигляді: механічна частина, гідромеханічна передача, дизель, допоміжне обладнання, пневматичне обладнання,

електричне обладнання, контрольно-вимірвальні прилади.

Збір та опрацювання статистичної інформації проводився безперервно, починаючи з серпня 1997 року і до травня 2007 року. Під спостереженнями знаходилися 52 тепловози серії ТГМ4, що експлуатуються на ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь».

Кількість спостережень, що дозволяє з достатньою для інженерних розрахунків достовірністю ($\alpha = 0,9...0,95$) приймати рішення, встановлено у відповідності з [6]. Під час спостережень фіксувались об'єми ремонтів та обслуговувань, вивчались потоки появи відмов та способи їх усунення. Кожна відмова характеризувалася напрацюванням, вартістю виконаних робіт, трудомісткістю та часом простою в ремонті.

У відповідності до прийнятої схеми групування основних складових тепловоза ТГМ4, виконаний інженерний аналіз отриманої інформації по відмовах, що представлений у вигляді табл. 1.

Для детального розгляду побудови системи утримування зупинимося на уніфікованій гідромеханічній передачі (УГП), на долю якої приходить 20 % відмов від тепловоза в цілому.

По самій гідропередачі, як окремо взятій складовій тепловоза, відмови розподіляються наступним чином (табл. 2).

На основі табл. 2 складемо класифікатор несправностей гідропередачі, приклад якого представлений табл. 3.

На основі отриманої статистичної інформації про відмови складових гідропередачі будемо характеристики надійності у вигляді *H*-характеристик, які представлені у вигляді коефіцієнтів табл. 4.

Для побудови технолого-економічної карти УГП необхідна інформація, а саме: час на усунення відмови, трудомісткість операції та її вартість була надана ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» і зразок представлений у вигляді табл. 5.

Таблиця 1

Розподіл відмов по складовим тепловоза ТГМ4

№	Назва складових тепловоза	Кількість відмов у %
1	Механічна частина	10,6
2	Гідромеханічна передача	20,0
3	Дизель	39,2
4	Допоміжне обладнання	6,3
5	Пневматичне обладнання	10,4
6	Контрольно – вимірвальні прилади	3,6
7	Електричне обладнання	9,9
	Всього	100

Таблиця 2

Розподіл відмов у % по вузлам та системам УГП

№	Назва (системи) вузла	%
1	Корпус УГП	5
2	Приводний вал	5
3	Головний вал та гідроапарати	10
4	Вал відбору потужності	15
5	Вторинний вал та вал реверсу	8
6	Роздаточний вал	6
7	Допоміжне обладнання	30
8	Система управління	15
9	Привод реверсу та режимів	6
	Всього	100

Класифікатор несправностей (Корпус УГП)

№	Назва елемента	Код несправності	Несправність	у % до загальної кількості несправностей
1	Кріплення УГП до рами тепловоза	101	Послаблення	10
2	Розйом корпуса УГП	102	Нещільність	50
3	Прокладка люка УГП	103	Зношування	20
4	Прокладка фланця маслопроводу	104	Зношування	20
	Всього			100

Таблиця 4

Значення коефіцієнтів H -характеристик елементів УГП тепловозів ТГМ4

Елемент	$a, 1/доба^2$	$b, 1/добу$	c
ω_1	$0,567 \cdot 10^{-5}$	$-0,707 \cdot 10^{-5}$	$0,194 \cdot 10^{-2}$
ω_2	$0,283 \cdot 10^{-4}$	$-0,109 \cdot 10^{-4}$	$0,333 \cdot 10^{-2}$
ω_3	$0,113 \cdot 10^{-4}$	$0,228 \cdot 10^{-5}$	$0,388 \cdot 10^{-2}$
....
....
ω_{100}	$0,234 \cdot 10^{-4}$	$0,159 \cdot 10^{-4}$	$-0,127 \cdot 10^{-1}$

Таблиця 5

Перелік робіт по усуненню несправностей (Корпус УГП)

Несправність	Перелік робіт	Час, відведений на усунення несправності, год	Трудомісткість операції по усуненню несправності, люд год	Вартість операції, грн	Робота в ТЕК, Θ	Елемент ω (матриця) A
101	Затягнути гайки кріплення	0,5	0,5	2,98	Θ_{11}	ω_1
102	Зняти корпус. Зачистити площину розйому. Нанести герметик. Встановити корпус.	16	32	230,72	Θ_{12}	ω_{64}
103	Зняти люк. Виготовити та замінити прокладку. Встановити люк.	1,5	1,5	8,94	Θ_{13}	ω_2
104	Від'єднати фланець. Змінити прокладку. Закріпити фланець.	1,5	1,5	8,94	Θ_{14}	ω_3

Інтенсивність відмов знайдемо із виразу

$$\bar{\lambda} = \frac{\alpha}{M_{инв}},$$

де α – відсоток несправних локомотивів депо;
 $M_{\text{інв}}$ – інвентарний парк локомотивів депо.

Вартість оплати праці на виконання технологічних операцій та їх трудомісткість без врахування матеріалів для технічного обслуговування (ТОЗ) та поточних ремонтів (ПР) гідропередачі тепловоза ТГМ4 взято на основі даних ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь», що станом на вересень місяць 2007 року складає

$$C_{\text{ТОЗ}} = 69,24 \text{ грн}; C_{\text{ПР1}} = 119,78 \text{ грн};$$

$$C_{\text{ПР2}} = 632,76 \text{ грн}; C_{\text{ПР3}} = 1228,0 \text{ грн}$$

$$T_{\text{ТОЗ}} = 8,9 \text{ люд} \cdot \text{год}; T_{\text{ПР1}} = 15,2 \text{ люд} \cdot \text{год};$$

$$T_{\text{ПР2}} = 80,3 \text{ люд} \cdot \text{год}; T_{\text{ПР3}} = 153,5 \text{ люд} \cdot \text{год}.$$

З урахуванням циклічності виконання ремонтів згідно з наказом № 310 (рис. 1,а) визначимо вартість робіт за шість років, тобто до капітального ремонту (КР), що складе 9724,5 грн. А для існуючої на ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» системи утримування тепловозів ТГМ4 (рис. 1,б) вартість робіт складе 8916,42 грн.

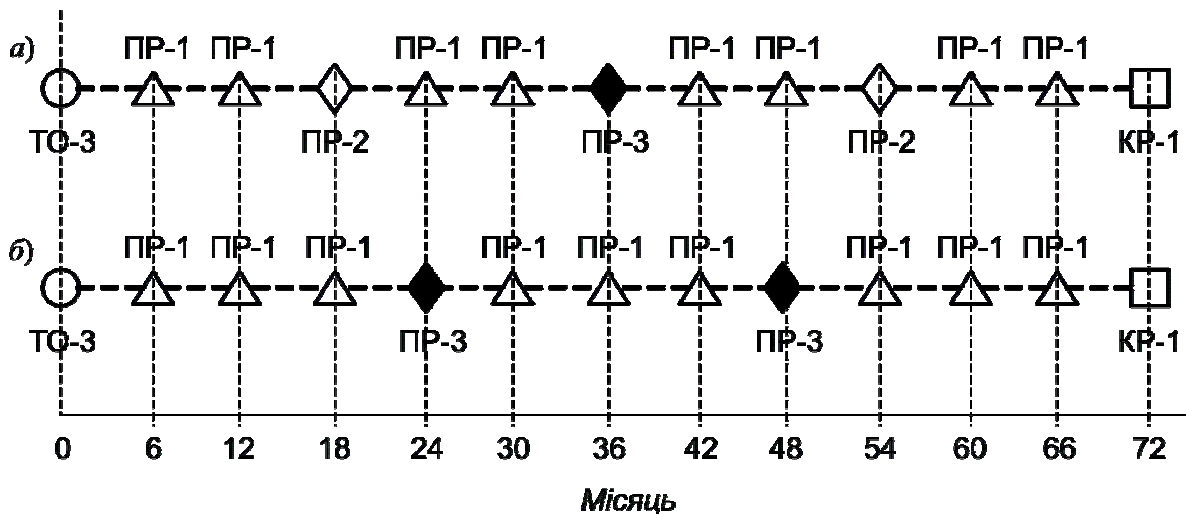


Рис. 1. Циклічність ремонтів:
 а) за наказом № 310 ; б) існуюча на ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»

Для запропонованої системи утримування (рис. 2) вартість робіт складе 7734,5 грн. Тобто за шість років реалізації системи утримування, порівнюючи запроповану систему утримування та за наказом № 310, заощаджуємо кошти лише на одній гідропередачі 1990 грн.

Для інвентарного парку тепловозів ТГМ4 в 52 одиниці це складе 103480 грн. заощаджених

коштів за шість років. Якщо проаналізувати циклічність, отриману в результаті розрахунків, то можна стверджувати про певну закономірність повторюваності об'ємів виконуваних робіт через строго регламентовані проміжки часу, що і є раціональною системою утримування гідропередачі для даної серії локомотива та певних умов експлуатації.

$$k, x(k), V(k), C(V(k)), slambda(x(k), T), ydel-z$$

- 1, 206.8726052 {w₄₁, w₂₉, w₄₂, w₁₈, w₂₆, w₂₇, w₁, w₂₈, w₂₅, w₂₀}, 24.55, .3913800936 .1186720686
- 2, 240.8726052 {w₁₂, w₁₄, w₄₉, w₄₀, w₂₅}, 38.94, .3850660406 .2635833159
- 3, 272.8726052 {w₂₀, w₃₀, w₄₄, w₃, w₂₆, w₁₉, w₅₀, w₅₁, w₁₀, w₂₅}, 55.92, .3856213441 .4376034740
- 4, 312.8726052 {w₂₀, w₄, w₄₂, w₂₇, w₄₁, w₁, w₁₃, w₄₈, w₁₆, w₁₈, w₃₆, w₂₅, w₂₉}, 52.34, .3856112109 .5489454722

Рис. 2. Приклад визначення раціональної системи утримування УГП тепловозів серії ТГМ4 в умовах ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь»:

k – порядковий номер відновлення; $x(k)$ – доба відновлення; $V(k)$ – обсяги відновлювальних робіт;
 $(x(k), T)$ – інтенсивність відмов; $ydel - z$ – питомі витрати коштів на одиницю напрацювання

5, 344.8726052 { $w_{20}, w_{26}, w_{43}, w_{28}, w_{45}, w_{34}, w_{37}, w_{38}, w_2, w_{25}$ }, 48.85, .3874183349 .6396564896

40, 1888.872605 { $w_{18}, w_3, w_{25}, w_{26}, w_{10}, w_4, w_{49}, w_{19}, w_{41}, w_{22}, w_{42}, w_{50}, w_{30}, w_{29}, w_{40}, w_{20}, w_{51}, w_{44}$ }, 111.03,
.3884569500 2.100448696

41, 1948.872605 { $w_{28}, w_{14}, w_{18}, w_{25}, w_{12}, w_{26}, w_{36}, w_{27}, w_{49}, w_{15}, w_{32}, w_{41}, w_{42}, w_1, w_{13}, w_{29}, w_{20}$ }, 106.64,
.3883281227 2.090500933

42, 1990.872605 { $w_{18}, w_{48}, w_{40}, w_{25}, w_{23}, w_8, w_{26}, w_{17}, w_{30}, w_{27}, w_{41}, w_{44}, w_{33}, w_{42}, w_1, w_7, w_{29}, w_3, w_{20}$ }, 125.49,
.3873941282 2.109431809

43, 2064.872605 { $w_{18}, w_{50}, w_{25}, w_{49}, w_{28}, w_{26}, w_{16}, w_{27}, w_{51}, w_{41}, w_{42}, w_{10}, w_1, w_{12}, w_{19}, w_{29}, w_4, w_{20}, w_{14}$ }, 100.43,
.3874003632 2.082472299

44, 2096.872605 { $w_{43}, w_{34}, w_{25}, w_{36}, w_{26}, w_{40}, w_{37}, w_{35}, w_{38}, w_{45}, w_2, w_{20}$ }, 67.47, .3882503506 2.082868549

45, 2128.872605 { $w_{13}, w_{30}, w_{41}, w_5, w_{25}, w_{28}, w_{26}, w_{44}, w_{18}, w_3, w_{39}, w_1, w_{29}, w_{27}, w_{42}, w_{24}, w_{20}$ }, 99.81,
.3890647438 2.098444026

46, 2186.872605 { $w_{42}, w_{14}, w_{29}, w_{25}, w_{18}, w_{26}, w_{49}, w_{41}, w_{48}, w_{40}, w_{27}, w_1, w_{31}, w_{20}, w_{12}$ }, 81.69, .3892730825
2.080144033

Рис. 2 (продовження).

В запропонованій системі утримування відсоток несправних локомотивів α не перевищує 15 %, що є запорукою вчасного та якісного виконання технологічного процесу комбінату при мінімальних витратах коштів та трудомісткості.

Така система стане попереджуючим фактором появи аварійних відновлень, які відволікають значні грошові та трудові ресурси на їх усунення.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Босов А. А. Теоретические основы и методика расчета плановых восстановлений локомотивов и вагонов: Дис. ... д-ра техн. наук. – Л., 1986. – 283 с.
2. Босов А. А. Математическое моделирование в задачах рационального содержания транспортных средств / А. А. Босов, М. И. Капица // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту. – Луганськ, 2000, № 7 (29). – С.54-59.

3. Капица М. И. Уточнения аксиом теории восстановления / М. И. Капица, А. А. Босов // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2006, № 8 (102). – С. 78-84.
4. Босов А. А. Учет технологии ремонта при построении системы содержания локомотивов / А. А. Босов, М. И. Капица, Н. А. Мухина // Тр. V-й науч.-практ. конф. «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». – М.: МИИТ, 2001. – С. IX-6–IX-8.
5. Хохлов Е. А. Эксплуатация и организация ремонта локомотивов промышленного транспорта / Е. А. Хохлов, Д. Б. Тверской. – М.: Транспорт, 1978. – 200 с.
6. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений. – Л.: АН СССР «Наука», 1968. – 123 с.

Надійшла до редколегії 12.03.2008.