

УДК 621.313.53

*Д-р техн. наук О.Б. Бабанін,
О.Л. Кохан*

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ТЕПЛОВОЗІВ

Постановка проблеми. Стратегічний підхід до розвитку підприємств локомотивного господарства, як показує світовий досвід, забезпечує високу ефективність в умовах динамічних змін, коли рівень визначеності економічних і соціальних явищ дуже низький. Саме такі умови у теперішній час характерні для економічного та соціального стану України [2]. Тому принципово важливими страте-

гічними чинниками, зміна яких може бути підставою для реструктуризації підприємства, є впровадження нової організаційної структури управління на основі сервісного обслуговування. Якісно оцінити ці зміни можна тільки за допомогою економічних методів, що застосовують сучасний математичний апарат.

Останні дослідження та публікації. На даний час існує велика кількість

досліджень щодо широкого впровадження обсягів послуг виробничого характеру. Таке переорієнтування обумовлене стратегічно важливими змінами на світовому ринку [2]. Ці дослідження визначають, що у сфері промислового виробництва намітилася чітка тенденція до прийняття на себе функцій послуг, щоб одержати додаткову вигоду при освоєнні нових ринків. Спостерігається своєрідний процес зрощування виробництва із сервісом [4]. Значні промислові клієнти очікують розширення постачання стандартних пакетів послуг високої якості як доповнення до закуплених ними машин і устаткування. Крім того, із ростом складності систем і установок збільшується потреба в комплексному вирішенні технічних проблем, підготовці персоналу, наданні допомоги в управлінні, у зв'язку з чим значення сервісних послуг також неухильно зростає [6].

Разом із тим, необхідно відмітити, що ця важлива тенденція не знайшла у належній мірі впровадження у локомотивних депо та локомотиворемонтних підприємствах. Відсутнє економічне обґрунтування сервісу, яке базується на сучасному

математичному апараті, що, у першу чергу, враховує технічний стан тягового рухомого складу, а також його основні експлуатаційні характеристики.

Відповідно до цього метою статті є викладення методики оцінки ефективності впровадження сервісного технічного обслуговування магістральних тепловозів на основі визначення показників надійності та роботоздатності.

Матеріали та результати дослідження. В основу розрахунку економічної ефективності сервісного обслуговування тепловозів у даній роботі покладений розрахунок питомих витрат на контроль технічного стану (як усього тепловоза в цілому, так і його окремих вузлів), технічне обслуговування ТО-2 і непланові ремонти, а також простоїв на цих видах.

Для цього разом зі співробітниками кафедри ЕРРС УкрДАЗТ був зібраний статистичний матеріал і складені функції, які характеризують залежність витрат від пробігу між проведенням сервісного технічного обслуговування тепловоза або його елементів.

Функцію витрат на організацію й проведення існуючого технічного обслуговування запропоновано визначати як

$$C_1(L) = \frac{C_{\text{ТО}}P_c(L) + C_{\text{НР}}P_a(L) + D[t_{\text{ТО}}P_c(L) + t_{\text{НР}}P_a(L)]}{L} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $C_{\text{ТО}}$ – витрати на проведення технічного обслуговування, грн;

$C_{\text{НР}}$ – витрати на виконання непланових ремонтів під час проведення технічного обслуговування, грн;

D – питомий чистий прибуток, принесений тепловозом за 1 годину його експлуатації, грн/год;

$t_{\text{ТО}}$ – час на проведення технічного обслуговування, год;

$t_{\text{НР}}$ – час на додаткові операції при неплановому ремонті, год;

$P_a(L)$, $P_c(L)$ – відповідно поточні складові ймовірності безвідмовної роботи й імовірності відмови, які визначаються за рекурентними виразами.

Функцію витрат на організацію й проведення сервісного технічного обслуговування запропоновано визначати як

$$C_2(L) = \frac{k_{\text{труд}}^{\text{серв}} \{C'_{\text{ТО}} P_c(L) + C_{\text{НР}} P_a(L) + D[t'_{\text{ТО}} P_c(L) + t_{\text{НР}} P_a(L)]\}}{L} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $C'_{\text{ТО}}$ – витрати на проведення сервісного технічного обслуговування, грн;
 $t'_{\text{ТО}}$ – час на проведення сервісного технічного обслуговування, год;
 $k_{\text{труд}}^{\text{серв}}$ – коефіцієнт відносної трудомісткості сервісного обслуговування.

Питомий чистий прибуток D , принесений тепловозом за 1 годину його експлуатації, грн/год, запропоновано визначати як

$$D = \frac{C_n A_{\text{лок}}}{T_{\text{лок}}}, \quad (3)$$

де C_n – собівартість перевезень, грн/10⁶ ткм бр;
 $A_{\text{лок}}$ – робота, виконана тепловозами за рік, ткм бр;
 $T_{\text{лок}}$ – час корисної роботи тепловозів за рік, год.
 Роботу, виконану тепловозами за рік, ткм бр, можна визначити з виразу

$$A_{\text{лок}} = \sum^n 2L Q_{\text{cp}} n, \quad (4)$$

де L – довжина ділянки обертання, км;

Q_{cp} – середня маса поїзда на даній ділянці обертання, т;
 n – кількість пар поїздів.

Згідно з [5] залежність імовірності безвідмовної роботи тепловоза прийнята за таким виразом:

$$P(L) = e^{-\lambda L}, \quad (5)$$

де λ – інтенсивність відмов.

Складові ймовірності безвідмовної роботи $P_a(L)$ й імовірності відмови $P_c(L)$ можна визначити на основі ймовірності безвідмовної роботи тепловоза (5) між проведенням технічних обслуговувань.

Складову $P_a(L)$ для поточних значень пробігу тепловоза L між проведенням циклів технічних обслуговувань запропоновано визначати як

$$P_a(L) = \sum \bar{P}_a(L_i). \quad (6)$$

Запропоновано значення $\bar{P}_a(L_i)$ обчислювати за кількістю циклів технічних обслуговувань ТО-2 між проведенням ТО-3 (або за кількістю циклів технічних обслуговувань ТО-3 між проведенням поточних ремонтів ТР-1) за такими рекурентними залежностями

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{P}_a(L_1) = P(L_1) \\ \bar{P}_a(L_2) = \bar{P}_a(L_1)P(L_1) + P(L_2)[1 - P(L_1)]; \\ \bar{P}_a(L_3) = \bar{P}_a(L_2)P(L_1) + P(L_2)\bar{P}_a(L_1)[1 - P(L_1)] + P(L_3)[1 - P(L_1)][1 - P(L_2)]; \\ \dots \\ \bar{P}_a(L_n) = \bar{P}_a(L_{n-1})P(L_1) + P(L_2)\bar{P}_a(L_{n-2})[1 - P(L_1)] + P(L_3)\bar{P}_a(L_{n-3})[1 - P(L_1)] + \\ + P(L_{n-1})\bar{P}_a(L_1)[1 - P(L_1)] \dots [1 - P(L_{n-2})] + P(L_n)[1 - P(L_1)] \dots [1 - P(L_{n-1})] \end{array} \right. \quad (7)$$

Складові $\bar{P}_c(L_i)$ теж запропоновано розраховувати за кількістю циклів технічних обслуговувань ТО-2 між проведенням ТО-3 (або за кількістю циклів технічних обслуговувань ТО-3 між проведенням поточних ремонтів ТР-1) за рекурентними залежностями

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{P}_c(L_1) = 1 - P(L_1); \\ \bar{P}_c(L_2) = \bar{P}_c(L_1)[1 - P(L_2)]; \\ \bar{P}_c(L_3) = \bar{P}_c(L_2)[1 - P(L_3)]; \\ \bar{P}_c(L_4) = \bar{P}_c(L_3)[1 - P(L_4)]; \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ \bar{P}_c(L_n) = \bar{P}_c(L_{n-1})[1 - P(L_n)] \end{array} \right. \quad (8)$$

Для розрахунку коефіцієнта трудомісткості сервісного обслуговування в опорних локомотивних була зібрана

статистична інформація з існуючої трудомісткості на ТО-2.

У результаті обробки зібраної інформації й проведеної апроксимації була отримана залежність відносної трудомісткості $\bar{T}_{\text{труд}}(L)$ від пробігу L між ТО-2

$$\bar{T}_{\text{труд}}(L) = 3,08(1 - 0,95e^{-0,035L}). \quad (9)$$

У результаті проведених досліджень і з урахуванням запропонованих організаційно-технічних заходів було спрогнозовано відносну трудомісткість сервісного технічного обслуговування ТО-2 і отримана залежність

$$\bar{T}_{\text{труд}}^{\text{серв}}(L) = 0,00065L^3 e^{-0,075L} + 0,0095L. \quad (10)$$

Графічні залежності відносної трудомісткості на ТО-2 наведені на рис. 1.

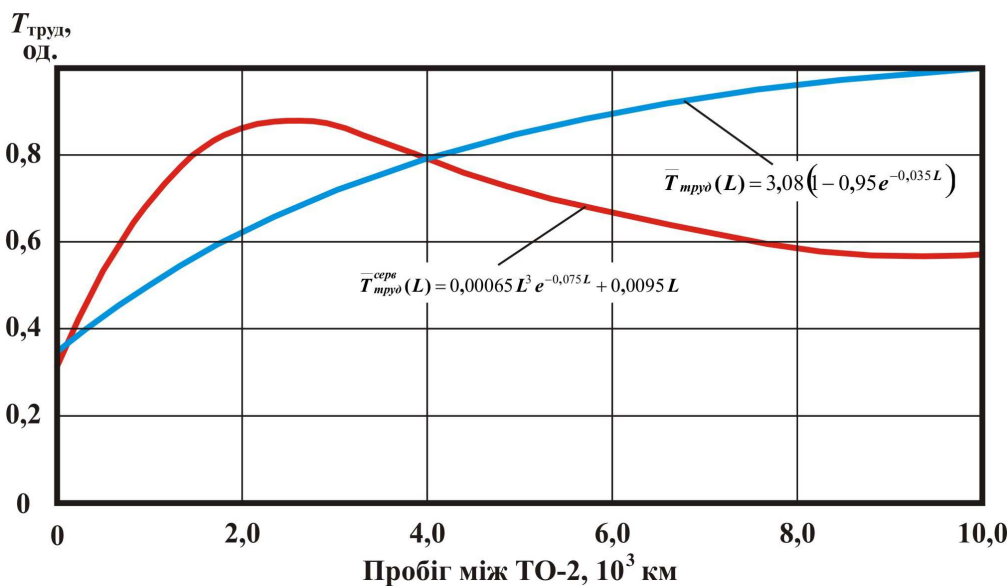


Рис. 1. Зміна відносної трудомісткості виконання ТО-2 залежно від пробігу L

На основі отриманих даних був визначений коефіцієнт сервісного технічного обслуговування ТО-2, який запропоновано визначати як

$$k_{\text{труд}}^{\text{серв}} = \frac{\bar{T}_{\text{труд}}^{\text{серв}}}{\bar{T}_{\text{труд}}}. \quad (11)$$

У результаті розрахунку функцій (1) і (2) були отримані залежності й визначені їх оптимальні значення:

- для функції витрат на організацію й проведення існуючого технічного обслуговування ТО-2

$$C_1(L) = 0,045L^3 - 0,03L^2 - 0,21L + 0,258; \quad (12)$$

- для функції витрат на організацію й проведення сервісного технічного обслуговування ТО-2

$$C_2(L) = -0,03L^3 + 0,21L^2 - 0,33L + 0,25. \quad (13)$$

Беручи від виразів (12) і (13) похідні, дорівнюючи їх нулю та розв'язуючи рівняння, були отримані оптимальні значення питомих витрат за кожним варіантом.

Для існуючого технічного обслуговування ТО-2 оптимальні значення питомих витрат склали $C_1^{opt}(L) = 0,1$ грн/км. Звідки пробіг тепловоза визначився як $L_1^{opt} = 3 \cdot 10^3$ км.

Для сервісного технічного обслуговування ТО-2 питомі витрати склали $C_2^{opt}(L) = 0,028$ грн/км. Звідки $L_1^{opt} = 3,46 \cdot 10^3$ км.

Графічні залежності зміни цільових функцій питомих витрат $C_1(L)$ і $C_2(L)$ залежно від пробігу L між ТО-2 наведені на рис. 2.

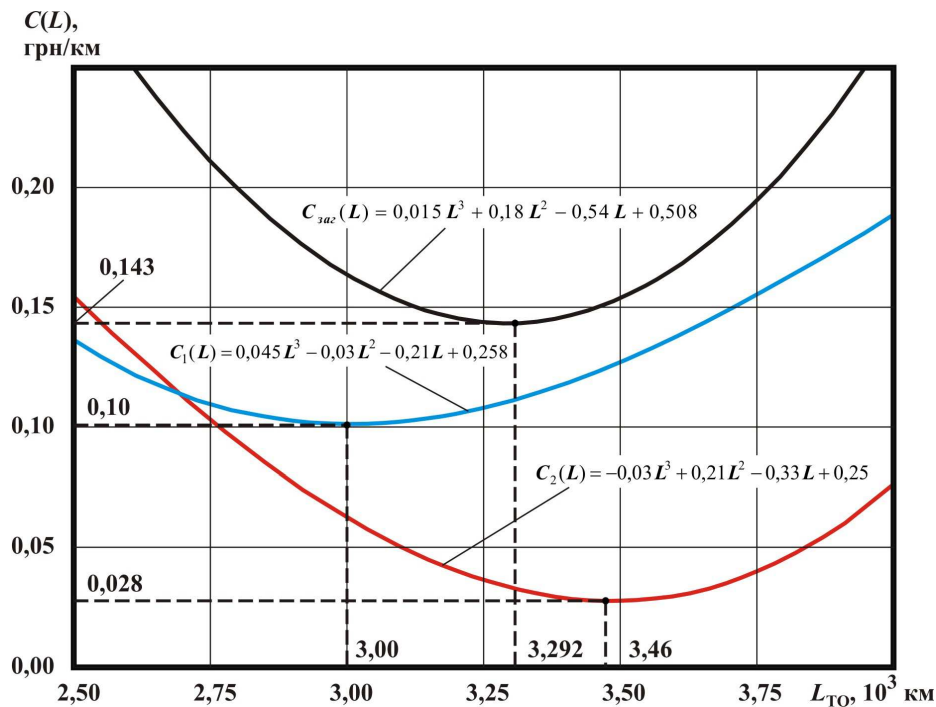


Рис. 2. Динаміка цільових функцій $C_1(L)$ і $C_2(L)$

Економічний ефект від впровадження сервісного технічного обслуговування ТО-2 визначався безпосередньо для локомотивного депо Н.Кондрашівська

Донецької залізниці, параметри ділянок обертання тепловозів для якого наведені в таблиці.

Таблиця

Ділянка обертання тепловозів	Довжина ділянки, L , км	Кількість пар поїздів за добу, n
Н. Кондрашівська - Валуйки	160	6
Н. Кондрашівська - Старобільськ	91	4
Н. Кондрашівська - Довжанська	85	4
Н. Кондрашівська - Родакове	56	2

Різниця між отриманими оптимальними значеннями функцій $C_1(L)$ і $C_2(L)$ буде складати

$$\Delta C^{\text{опт}}(L) = C_1^{\text{опт}}(L) - C_2^{\text{опт}}(L). \quad (14)$$

Підставляючи числові значення, будемо мати

$$\Delta C^{\text{опт}}(L) = 0,1 - 0,028 = 0,072 \text{ грн/км.}$$

Річний пробіг парку магістральних тепловозів $MS_{\text{річ}}$ визначався за формулою [9]

$$MS_{\text{річ}} = \left(\sum 2L_{\text{діл}} n \right) 365, \quad (15)$$

де $L_{\text{діл}}$ – довжина ділянки обертання, км;

n – кількість пар поїздів за добу.

Враховуючі дані, які наведені в таблиці вираз (15) запишеться як

$$MS_{\text{річ}} = (2L_1 n_1 + 2L_2 n_2 + 2L_3 n_3 + 2L_4 n_4) 365. \quad (16)$$

Підставляючи у цей вираз числові значення, будемо мати

$$MS_{\text{річ}} = (2 \times 160 \times 6 + 2 \times 91 \times 4 + 2 \times 85 \times 4 + 2 \times 56 \times 2) 365 = 1\,296\,480 \text{ км.}$$

Економічний ефект E' для парку магістральних тепловозів визначений як [9]

$$E' = MS_{\text{річ}} \cdot \Delta C^{\text{опт}}(L). \quad (17)$$

З урахуванням числових даних отримано

$$E' = 1\,296\,480 \cdot 0,072 = 93\,346,56 \text{ грн.}$$

Приймаючи, що парк магістральних тепловозів 2ТЕ116 у локомотивному депо

Н.Кондрашівська становить $N=16$ одиниць, економічний ефект складає

$$E = \frac{E'}{N}, \quad (18)$$

або

$$E = \frac{93\,346,56}{16} = 5\,834,16 \text{ грн.}$$

Таким чином, прогнозований економічний ефект від впровадження системи сервісного технічного обслуговування ТО-2 магістральних тепловозів буде складати 5834,16 грн на один тепловоз експлуатованого парку за рік.

Висновки

1. Запропоновано функції витрат на організацію й проведення існуючого технічного обслуговування ТО-2 і

організацію та проведення сервісного технічного обслуговування, які враховують витрати на обслуговування, тимчасові параметри, а також імовірності безвідмовної роботи й імовірності відмови, які можна визначати за рекурентними виразами.

2. Створено аналітичні залежності відносної трудомісткості від пробігу між технічним обслуговуванням і їхні прогнозовані значення з урахуванням впровадження сервісних заходів.

3. Отримано розрахункові значення економічної ефективності від впровадження системи сервісного технічного обслуговування магістральних тепловозів у локомотивних депо.

Список літератури

1. Андрусенко, С.І. Фірмове обслуговування і його задачі на ринку автотранспортних засобів сервісу [Текст] / С.І. Андрусенко // Автошляховик України. – 2000. – № 1. – С. 15-18.
2. Батура, О.В. Особливості відтворення системи економічних відносин у сфері послуг [Текст] / О.В. Батура, А.Л. Риженко // Економічний вісник Дніпропетровського державного фінансово-економічного інституту. – 2000. – Т. 2. – С. 3-9.
3. Бойко, Н.И. Сервис самоходных машин и автотранспортных средств [Текст]: учеб. пособие / Н.И. Бойко. – Ростов н/Д.: "Феникс", 2007. – 512 с.
4. Бондар, О.В. Формування інноваційної стратегії підприємства [Текст] / О.В. Бондар // Вісник Київського державного торговельно-економічного університету. – 1999. – №2. – С. 62-67.
5. Бутько, Т.В. Совершенствование методов расчета параметров системы технического содержания локомотивов [Текст]: дис. ... докт. техн. наук / Т.В. Бутько. – Харьков, 1969. – 321 с.
6. Внукова, Н.М. Економіка виробничих послуг [Текст]: монографія / Н.М. Внукова, Н.В. Кузьминчук. – Харків: ТОВ "Модель Всесвіту", 2001. – 128 с. – ISBN 966-7875-10-5.
7. Кузьминчук, Н.В. Стратегия экономического развития производственных услуг [Текст] / Н.В. Кузьминчук. // Матеріали XI міжнар. конф. "Стратегія економічного розвитку в умовах глобалізації". – Т. 2. – Чернівці: МП "Юніверс Лтд", 2000. – С. 288-292.
8. Кулибанова, В.В. Маркетинг: сервисная деятельность [Текст] / В.В. Кулибанова. – СПб.: Питер, 2000. – 240 с.
9. Четвергов, В.А. Надежность локомотивов [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В.А. Четвергов, А.Д. Пузанков; под общ. ред. В.А. Четвергова. – М.: Маршрут, 2003. – 415 с.

Ключові слова: витрати, ефективність, ймовірність, обслуговування, оцінка, прибуток, рекурентна, сервіс, тепловоз, трудомісткість.

Анотації

У статті розглянуті питання, що пов'язані з оцінкою економічної ефективності застосування сервісного обслуговування магістральних тепловозів. Для розрахунку витрат запропоновані рекурентні залежності, які враховують ймовірнісний характер безвідмовної роботи тепловозів. Наведений приклад розрахунку з визначенням економічного ефекту для парку тепловозів локомотивного депо.

В статье рассмотрены вопросы, которые связаны с оценкой экономической эффективности применения сервисного обслуживания магистральных тепловозов. Для расчета расходов предложены рекуррентные зависимости, которые учитывают вероятностный характер безотказной работы тепловозов. Приведен пример расчета с определением экономического эффекта для парка тепловозов локомотивного депо.

In article, questions, which are connected with an estimation of economic efficiency of application of service of the main diesel locomotives, are considered. For calculation of charges are offered recurrent to dependence which consider likelihood character of non-failure operation of diesel locomotives. The example of calculation with definition of economic benefit for park of diesel locomotives of locomotive depot is resulted.