УДК 621.313.53: 629.113.014.9 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.164.2016.92538

ОЦІНКА ЯКОСТІ СЕРВІСНОГО СУПРОВОДЖЕННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Д-р техн. наук Ю. Є. Калабухін, інж. Т. О. Ольховська, С. А. Коваленко, В. О. Ткаченко

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕРВИСНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ

Д-р техн. наук Ю. Е. Калабухин, инж. Т. А. Ольховская, С.А. Коваленко, В.О. Ткаченко

ESTIMATION OF QUALITY OF SERVICE SUPPORT OF LOCOMOTIVES

**Doct. of techn. sciences U. E. Kalabuxin, eng. T. O. Olxovskay,
S. A. Kovalenko, V. O. Tkachenko**

У статті розглянуто дослідження щодо сервісного супроводження локомотивів. Запропоновано якість технічного обслуговування із сервісним супроводженням оцінювати за допомогою коефіцієнтів: рівня технології, завантаження застосовуваного механізованого обладнання, забезпечення запасними частинами й матеріалами, а також рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу. Формалізована математична модель якісної оцінки сервісу на основі багатофакторного аналізу. На підставі проведених розрахунків визначене вузлове значення запропонованих коефіцієнтів, при яких можна забезпечити рівень якості сервісу супроводження у відповідності до середнього значення відносних витрат на його проведення.

Ключові слова: *запасні частини, витрати, локомотив, багатофакторний аналіз, сервісне супроводження, технічне обслуговування.*

В статье рассмотрены исследования по сервисному сопровождению локомотивов. Предложено качество технического обслуживания с сервисным сопровождением оценивать с помощью коэффициентов: уровня технологии, загрузки применяемого механизированного оборудования, обеспечения запасными частями и материалами, а также уровня квалификации обслуживающего персонала. Формализована математическая модель качественной оценки сервиса на основе многофакторного анализа. На основе проведенных расчетов определено узловое значение предложенных коэффициентов, при которых можно обеспечить уровень качества сервисного сопровождения в соответствии со средним значением относительных затрат на его проведение.

Ключевые слова: *запасные части, затраты, локомотив, многофакторный анализ, сервисное сопровождение, техническое обслуживание.*

In article researches on service support of locomotives are examined. It is offered to estimate quality of maintenance service with service support by means of factors: a technological level, loading of the applied mechanized equipment, maintenance with spare parts and materials, and also a skill level of the attendants. The mathematical model of quality standard of service on the basis of the multifactorial analysis is formalized. For creation of model, with the purpose of increase of efficiency of the multifactorial analysis, the method of central points has been used. According to this method multivariate function can be is examined as function which consists of many individual one-dimensional functions. The branching of these functions occurs in a point which allows "to connect" as though one-dimensional (one-factorial) functions in multifactorial model. On the basis of the lead calculations central value of the offered factors at which it is

possible to provide a degree of quality of service support in conformity with average value of relative expenses for his carrying out is certain.

Keywords: *spare parts, expenses, the locomotive, the multifactorial analysis, service support, maintenance service.*

Вступ. Рухомий склад залізниць України дуже застарів не тільки фізично, але й морально. Усі типи магістральних і маневрових локомотивів потребують високих витрат на обслуговування й ремонт, вони споживають більшу кількість палива, ніж техніка нового покоління, яка використовує вузли й системи, зроблені за сучасними технологіями. Значною мірою поліпшити таке положення дасть змогу широке впровадження сервісного (фірмового) супроводження локомотивів. Необхідно відзначити, що задача необхідності сервісного супроводження складної техніки (до якої взагалі належать локомотиви) та брак методологічної єдності у її вирішенні потребують нового погляду з урахуванням сучасного стану дійсності, який характеризується глобалізацією й динамічним розвитком конкуренції як на світовому, так і на вітчизняному ринку. Формування цих напрямків потребує єдності поглядів на природу сервісного супроводження, розкриття сутності даного виду діяльності, його принципів, визначення ролі й місця в діяльності локомотиворемонтного підприємства. Таким чином, актуальність цієї задачі обумовлена назрілою необхідністю розроблення науково-методичних основ покращення утримання локомотивів на основі розвитку їх сервісного супроводження.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. За останній час в Україні й країнах СНД проведено цілий ряд досліджень із розробленням перспективних напрямків для підвищення ефективності роботи локомотивного господарства [1, 2, 4, 5]. Вони насамперед пов'язані із широкою модернізацією вузлів і деталей тепловозів, яким продовжений термін служби, упровадженням прогресивних технологій, а також подальшим розвитком локомотивного господарства в цілому. У той же час у цих розробках недостатньо приділена увага такій прогресивній формі, як організація сервісного супроводження локомотивів. Аналізуючи останні закордонні публікації [11-15], слід відмітити, що у них наводиться значна кількість розрахунків з використанням моделей, методів і методик, які мають одну особливість – майже всі вони виконані як умовні приклади. Це дає підставу вважати за необхідне розглядати загальнотеоретичні положення щодо сервісного супроводження магістральних і маневрових локомотивів як наповненими реальними даними, отриманими безпосередньо з виробничих процесів.

Визначення мети і задачі дослідження. Метою даного дослідження є вирішення задачі з визначення якісної оцінки сервісного супроводження магістральних і маневрових локомотивів, яка дає змогу реалізувати високоефективні ресурсо- і енергозберігаючі технології у локомотиворемонтному виробництві.

Основна частина дослідження. На якість проведення технічного обслуговування та поточного ремонту локомотивів впливає цілий ряд об'єктивних факторів. У першу чергу до їх числа необхідно віднести дотримання вимог технології, широке впровадження методів і засобів контролю якості, прогресивну організацію експлуатації локомотивів, технічний рівень виробничої бази, своєчасність і якість матеріалів і запасних частин. Крім того, значний вплив на якість проведення технологічних операцій має "людський фактор", який полягає в професійній майстерності й загальноосвітньому рівні працівників, їх зацікавленості у роботі, дисциплінованості і сумлінному ставленні до праці [2].

У загальному вигляді управління якістю продукції (у подальшому сервісне супроводження) являє собою комплекс заходів організаційного, технічного, економічного характеру для досягнення необхідного рівня якості. Це реалізується шляхом контролю й цілеспрямованого впливу на фактори, від яких залежить якість продукції [6].

Аналіз зібраного на кафедрі ЕРРС УкрДУЗТ статистичного матеріалу в опорних локомотивних депо дав змогу установити, що ефективність утримання локомотивів залежить від технічного стану виробництва, тобто від якості виконуваних технологічних операцій, рівня автоматизації, організації матеріально-технічного забезпечення й професійного рівня працівників.

На підставі цього якість виконання сервісного супроводження локомотивів запропоновано оцінювати за допомогою коефіцієнтів рівня технології k_{PT}, коефіцієнта завантаження застосовуваного механізованого обладнання $k_{ЗМ}$, коефіцієнта забезпечення запасними частинами й матеріалами $k_{ЗЧ}$ та коефіцієнта рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу k_{PK}. Коефіцієнт рівня технології запропоновано визначати як

$$k_{PT} = \frac{\sum m_i^M \, k_{З_i}^M}{\sum m_i^P \, k_{З_i}^P + \sum m_i^M \, k_{З_i}^M}, \qquad (1)$$

де $\boldsymbol{m_i^M}$, $\boldsymbol{m_i^P}$ – кількість відповідно механізованих операцій та операцій з ручною працею;

$k_{З_i}^M$, $k_{З_i}^P$ – завантаженість відповідно механізованих операцій та операцій з ручною працею, які застосовуються в процесі проведення сервісного супроводження.

Завантаженість однієї ***i***-ї механізованої або ручної операції під час виконання сервісного супроводження запропоновано визначати як

$$k_{З_i}^M = \frac{t_i^M}{T_{TO}}, \qquad (2)$$

$$k_{З_i}^P = \frac{t_i^P}{T_{TO}}, \qquad (3)$$

де $\boldsymbol{t_i^M}$, $\boldsymbol{t_i^P}$ – тривалість відповідно операцій,які використовують засоби механізації або автоматизації та операції з ручною працею, год;

T_{TO} – загальний час простою тепловоза на технічному обслуговуванні (ТО), яке забезпечується сервісним супроводженням, год.

Коефіцієнт забезпечення ТО із сервісним супроводженням запасними частинами й матеріалами запропоновано визначати як

$$k_{ЗЧ} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO}} S_{ф_i}}{\sum_{i=1}^{N_{TO}} S_{n_i}}, \qquad (4)$$

де $S_{ф_i}$ – загальна кількість (обсяг) запасних частин і матеріалів, які були використані в процесі проведення ТО із сервісним супроводженням за розглянутий період;

S_{n_i} – необхідна (заявлена) кількість запасних частин і матеріалів для забезпечення ТО із сервісним супроводженням за цей же період;

N_{TO} – загальна кількість ТО із сервісним супроводженням, виконаних за розглянутий період.

Коефіцієнт рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу запропоновано визначати з виразу

$$k_{PK} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO}} (r_{яв}^{4p} + r_{яв}^{5p} + r_{яв}^{6p})}{\sum_{i=1}^{N_{TO}} r_{яв}^{заг}}, \qquad (5)$$

де $r_{яв}^{4p}$, $r_{яв}^{5p}$, $r_{яв}^{6p}$ – відповідно явочна кількість слюсарів, які мають 4, 5 і 6-й розряд роботи при виконанні ***i***-го ТО із сервісним супроводженням;

$r_{яв}^{заг}$ – загальна явочна кількість працівників, які беруть участь у ***i***-му супроводженні.

Прийняті коефіцієнти можна розглядати як фактори, які безпосередньо впливають на ТО із сервісним супроводженням локомотивів і подають його у вигляді багатофакторного процесу. Такий підхід дає змогу для дослідження параметрів якості ТО із сервісним супроводженням застосувати багатофакторний аналіз.

Для створення моделі був використаний метод вузлових точок [8]. Відповідно до нього багатовимірна функція може бути розглянута як функція, що складається з багатьох часткових одновимірних функцій. Розгалуження цих функцій відбувається у вузловій точці. Вона дає змогу як би "пов'язати" одновимірні (однофакторні) функції в багатофакторну модель.

Запропоновано також основний питомий параметр $\boldsymbol{C'}$, що характеризує якість виконання ТО із сервісним супроводженням локомотива (грн/км), визначати як відношення витрат на його проведення $\boldsymbol{B_{TO}}$ до величини пробігу $\boldsymbol{MS_{TO}}$ між їх проведенням, тобто

$$\boldsymbol{C'_i} = \frac{\sum \boldsymbol{B_{TO_i}}}{\boldsymbol{MS_{TO_{i+1}}}}. \qquad (6)$$

Схеми чергувань ТО із сервісним супроводженням залежно від пробігу $\boldsymbol{MS_{TO}}$ за видами наведені на рис. 1.

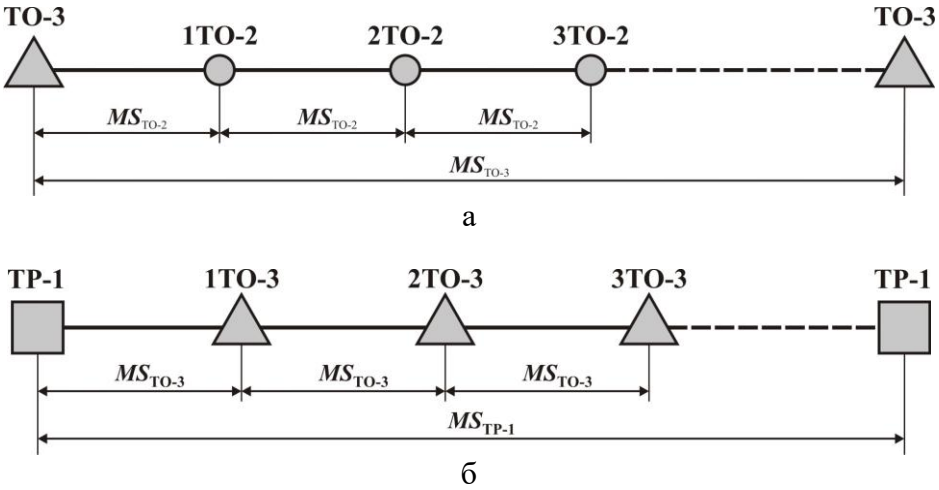

Рис. 1. Чергування видів ТО-2 (а) і ТО-3 (б) із сервісним супроводженням залежно від лінійного пробігу ***MS*** між ними

Виходячи з рис. 1, а показник C'_i для ТО-2 із сервісним супроводженням буде визначатися як

$$C'_i = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO-2}} B_{TO-2}}{MS_{TO-3}}, \qquad (7)$$

де B_{TO-2} – витрати на проведення ТО-2 із сервісним супроводженням локомотива, грн;

MS_{TO-3} – загальний лінійний пробіг між проведенням ТО-3 із сервісним супроводженням, км;

N_{TO-2} – кількість ТО-2 із сервісним супроводженням, які виконуються між проведенням ТО-3.

У свою чергу показник C'_i для ТО-3 із сервісним супроводженням (рис. 1, б), можна визначити як

$$C'_i = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO-3}} B_{TO-3}}{MS_{TP-1}}, \qquad (8)$$

де B_{TO-3} – витрати на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням локомотива, грн;

MS_{TP-1} – загальний лінійний пробіг між проведенням ПР-1, км;

N_{TO-3} – кількість ТО-3 із сервісним супроводженням, які виконуються між проведенням ПР-1.

Багатофакторна модель якості виконання ТО-3 із сервісним супроводженням локомотива запропонована в такому вигляді:

$$C' = \frac{1}{C'_0} \prod_{i=1}^{n} f_i(x_i), \qquad (9)$$

де C'_0 – числове значення відносних витрат на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням у вузловій точці;

$f_i(x_i)$ – однофакторні функції;

n – кількість факторів.

Модель (9) значно спрощує аналіз впливу різних факторів на досліджуваний параметр, дає можливість знаходити екстремальне або бажане значення досліджуваного параметра, а також звести цю задачу до елементарного аналізу однофакторних залежностей виразу (9).

Контроль впливу всіх факторів, що визначають якість проведення ТО-3 із сервісним супроводженням, практично неможливий через надмірну складність їх урахування. Тому для даної методики були обрані такі фактори: коефіцієнт рівня технології k_{PT}, забезпечення запасними частинами й матеріалами $k_{зч}$ і рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу k_{PK}.

Відповідно до прийнятих факторів і виразу (9) модель якості супроводження буде мати такий вигляд:

$$C' = C'^2_0 \; f(k_{PT}) \; f(k_{зч}) \; f(k_{PK}). \qquad (10)$$

Для знаходження параметра C'_0 й однофакторних залежностей, що входять у цей вираз для ТО-2 із сервісним супроводженням магістральних локомотивів, був проведений пасивний експеримент, у результаті якого отриманий статистичний масив. Були визначені межі цих факторів:

$$0{,}21 \le k_{PT} \le 0{,}46;$$

$$0{,}08 \le k_{зч} \le 0{,}62;$$

$$0{,}016 \le k_{PK} \le 0{,}072.$$

У результаті апроксимації даних пасивного експерименту за програмою

Statistica були отримані такі однофакторні залежності:

$$C_1' = f(k_{PT}) = 1{,}082 - 3{,}64k_{PT}\,; \qquad (11)$$

$$C_2' = f(k_{ЗЧ}) = 0{,}62 - 0{,}81k_{ЗЧ}\,; \qquad (12)$$

$$C_3' = f(k_{PK}) = 0{,}32 - 0{,}45k_{PK}\,. \qquad (13)$$

Числове значення відносних витрат на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням у вузловій точці одержано за допомогою виразу

$$\boldsymbol{C_0'} = \frac{\sum_{i=1}^{N_T} \boldsymbol{C_i'}}{\boldsymbol{N_T}}, \qquad (14)$$

де $\boldsymbol{C_i'}$ – фактичне експериментальне значення відносних витрат на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням, грн/км;

$\boldsymbol{N_T}$ – кількість експериментальних точок статистичного масиву.

З даного виразу видно, що $\boldsymbol{C_0'}$ являє собою середнє значення відносних витрат на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням в отриманому масиві даних. У результаті обчислень за цією формулою отримане значення $\boldsymbol{C_0'}$=0,3.

З урахуванням числового значення параметра $\boldsymbol{C_0'}$ у вузловій точці й аналітичних виразах однофакторних функцій модель (10) перетворена до виду

$$C' = 0{,}3^{-2}\,(1{,}082 - 3{,}64k_{PT})\,(0{,}62 - 0{,}81k_{ЗЧ})\,(0{,}32 - 0{,}45k_{PK})\,. \qquad (15)$$

На основі алгебраїчних перетворень було одержано

$$C' = a_0 + a_1k_{PT} + a_2k_{ЗЧ} + a_3k_{PK} + a_4k_{PT}k_{ЗЧ} + a_5k_{PT}k_{PK} + \\ + a_6k_{ЗЧ}k_{PK} + a_7k_{PT}k_{ЗЧ}k_{PK}\,. \qquad (16)$$

Коефіцієнти $\boldsymbol{a}_0$, $\boldsymbol{a}_1$, $\boldsymbol{a}_2$, $\boldsymbol{a}_3$, $\boldsymbol{a}_4$, $\boldsymbol{a}_5$, $\boldsymbol{a}_6$, $\boldsymbol{a}_7$ даного рівняння були отримані за методом найменших квадратів. Коефіцієнт множинної кореляції при цьому склав $\boldsymbol{R}$=0,998. Перевірка отриманих коефіцієнтів за критерієм Стьюдента $\boldsymbol{t}$ підтвердила їх адекватність. З урахуванням цього отримано

$$C' = 3{,}97 - 14{,}5k_{PT} - 7{,}34k_{ЗЧ} - 33{,}8k_{PK} + 28{,}5k_{PT}k_{ЗЧ} + \\ + 140{,}3k_{PT}k_{PK} + 85{,}96k_{ЗЧ}k_{PK} - 360{,}8k_{PT}k_{ЗЧ}k_{PK}\,. \qquad (17)$$

Високий рівень коефіцієнта множинної кореляції $\boldsymbol{R}$=0998 свідчить також про можливість застосування в задачах визначення рівня якості проведення ТО-3 із сервісним супроводженням усіх видів мультиплікативних моделей типу (9). Ранжирування факторів за цією моделлю наведено в таблиці.

Для зручності аналізу трифакторну модель параметра можна подати в графічному вигляді, але для цього необхідно знайти координати вузлової точки за відповідними факторами: k_{PT}, $k_{ЗЧ}$ і k_{PK}. Щоб знайти ці координати, у

виразах (11)-(13) значення C'_i прийнято за величину параметра C'_0 і рівняння було розв'язано стосовно відповідних факторів. У результаті виконання такої процедури було отримано: k_{PT_0}=0,214, $k_{ЗЧ_0}$=0,395 і k_{PK_0}=0,044.

Таблиця

Ранжирування факторів k_{PT}, $k_{ЗЧ}$, k_{PK}

Ранг	Фактор	dC'/dk_i
1	k_{PT}	3,64
2	$k_{ЗЧ}$	0,81
3	k_{PK}	0,45

Таким чином, координати C'_0, k_{PT_0}, $k_{ЗЧ_0}$ і k_{PK_0} створюють у багатовимірному просторі особливу точку, що є вузловою (рис. 2), у якій відбувається перетинання функцій (11) - (13), що входять у вираз (10).

Методика одержання багатофакторної моделі для оцінки рівня якості проведення ТО-3 із сервісним супроводженням дає змогу здійснити їх варіювання в широкому діапазоні. Припустимо, потрібно знайти сполучення факторів, які забезпечують заданий рівень відносних витрат на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням, наприклад, $C'_З$=0,285. Цю задачу можна розв'язати або методом послідовного перебору числових значень факторів (що у свою чергу є дуже рутинною операцією) або на основі умови рівності ефектів, що привносяться кожним із цих факторів.

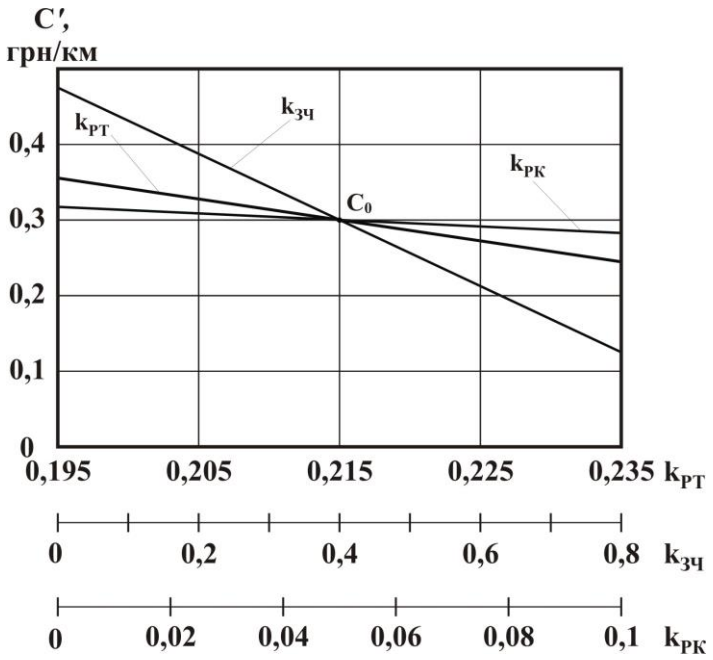

Рис. 2. Графічна інтерпретація багатофакторної моделі для оцінки рівня якості виконання супроводження - 2 тепловоза

Ця умова в математичній формі з урахуванням виразу (14) може бути записана таким чином:

$$C'_З = \frac{C'^{n}_S}{C'^{n-1}_0}, \qquad (18)$$

де C'_S – числове значення відносних витрат на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням, що привноситься кожним фактором;

C'_0 – середнє значення відносних витрат на проведення ТО-3 із сервісним супроводженням в отриманому масиві даних;

$\boldsymbol{n}$ – кількість факторів, що розглядаються.

Умова рівності ефектів дає змогу знайти таке сполучення факторів, при якому кожен з них привносить у досліджуваний процес однаковий ефект.

Стосовно прикладу, що розглядається, вираз (18) можна перетворити до виду

$$0{,}285 = \frac{\boldsymbol{C'^{3}_S}}{0{,}3^2}. \qquad (19)$$

У результаті розв'язання даного рівняння знаходимо

$$\boldsymbol{C'_S} = \sqrt[3]{0{,}285 \cdot 0{,}3^2} = 0{,}295. \qquad (20)$$

Для знаходження координат факторів, що забезпечують $\boldsymbol{C'_S}$ =0,295 необхідно у виразах (11) - (13) параметр $\boldsymbol{C'_i}$ дорівняти числовому значенню параметра $\boldsymbol{C'_S}$ і розв'язати ці рівняння щодо кожного з факторів.

У результаті розв'язання було отримано $k_{РТ}$ =0,216, $k_{ЗЧ}$ =0,401 і $k_{РК}$ =0,056. Саме при такому сполученні факторів можна забезпечити рівень якості ТО-3 із сервісним супроводженням у відповідності до середнього значення відносних витрат на його проведення $\boldsymbol{C'_S}$ =0,295.

За таким же принципом було проведене моделювання сполучення факторів $k_{РТ}$, $k_{ЗЧ}$ і $k_{РК}$ (у відсотках) залежно від зниження рівня відносних витрат на проведення ТО-2 із сервісним супроводженням (теж у відсотках). Діаграма за цим моделюванням подана на рис. 3.

З даної діаграми видно, що при зменшенні відносних витрат на сервісне проведення ТО-2 із сервісним супроводженням найбільш значне зростання спостерігається за фактором $k_{РК}$, який характеризує підвищення рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Таким чином, запропонована методика дає змогу істотно спростити задачу ідентифікації, аналізу й синтезу основних факторів, які впливають на рівень ТО із сервісним супроводженням локомотивів.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

1. Запропоновано якість ТО із сервісним супроводженням оцінювати за допомогою коефіцієнтів: рівня технології $k_{РТ}$, завантаження застосовуваного механізованого обладнання $k_{ЗМ}$, забезпечення запасними частинами й матеріалами $k_{ЗЧ}$, а також рівня кваліфікації обслуговуючого персоналу $k_{РК}$.

2. Формалізована математична модель якісної оцінки сервісу на основі багатофакторного аналізу. Для створення моделі, з метою підвищення ефективності багатофакторного аналізу, був використаний метод вузлових точок. Відповідно до цього методу багатовимірна функція може бути розглянута як функція,

що складається з багатьох часткових одновимірних функцій. Розгалуження цих функцій відбувається в точці, яка дає змогу як би "пов'язати" одновимірні (однофакторні) функції в багатофакторну модель.

3. На підставі проведених розрахунків визначене вузлове значення коефіцієнтів k_{PT}, $k_{ЗЧ}$ і k_{PK}, при яких можна забезпечити рівень якості сервісу супроводження у відповідності до середнього значення відносних витрат на його проведення C'_S =0,295.

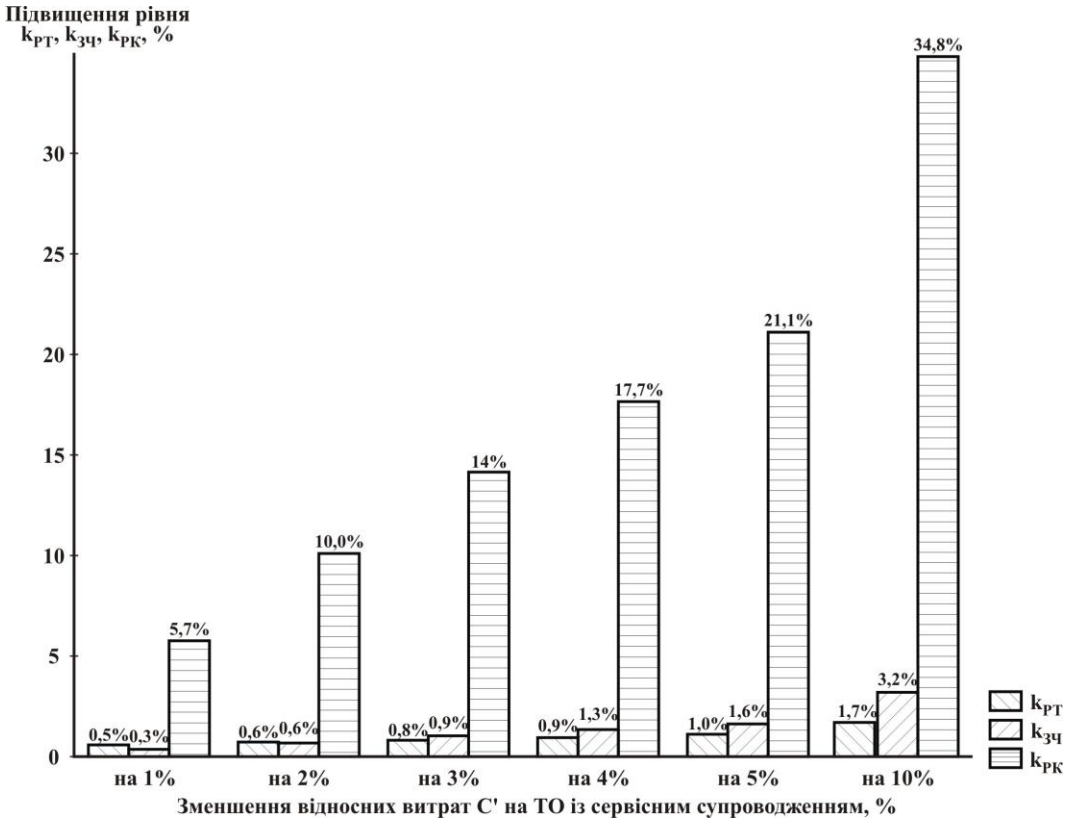

Рис. 3. Динаміка зростання рівня факторів k_{PT}, $k_{ЗЧ}$ і k_{PK} залежно від зниження відносних витрат на ТО-2 із сервісним супроводженням

Список використаних джерел

1. Бутько, Т. В. Совершенствование методов расчета параметров системы технического содержания локомотивов [Текст] : дис. … д-ра техн. наук : 05.22.07 / Т.В. Бутько. – Харьков: ХИИТ, 1969. – 321 с.

2. Горский, А. В. Оптимизация системы ремонта локомотивов [Текст] / А. В. Горский, А.А. Воробьев. – М.: Транспорт, 1994. – 210 с.

3. Иванкова, Л. Н. Сервис на транспорте [Текст] : учеб. пособие / Л.Н. Иванкова. – М.: Маршрут, 2005. – 75 с.

4. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2005. – 117 с.

5. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро- та дизель-поїздів) [Текст] : наказ №093-ЦЗ; затв. 30.06.2010 р. – К.: Укрзалізниця, 2010. – 27 с.

6. Сметанин, С. А. Качественная оценка сервисного технического обслуживания тепловозов [Текст] / С.А. Сметанин // Транспортні іновації. – 2010. – №6. – С. 9-15.

7. Тартаковский, Э. Д. Качество ремонта и надежность тепловозов [Текст] / Э.Д. Тартаковский. – М.: Транспорт, 1993. – 81 с.

8. Федорец, В. А. Методика многофакторного анализа надежности тяговых электрических двигателей локомотивов [Текст] / В.А. Федорец, В.Я. Кузнецов, А.П. Фроленко // Вестник ВНИИЖТ. – 1986. – №7. – С. 35-37.

9. Фирменное обслуживание подвижного состава [Текст] // Железные дороги мира. – 2005. – №5. – С. 36-40.

10. Четвергов, В. А. Надежность локомотивов [Текст] / В.А. Четвергов, А.Д. Пузанков; под общ. ред. В.А. Четвергова. – М.: Маршрут, 2003. – 415 с.

11. Rail freight service productivity from the manager's perspective Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 26, Issue 6, November 1992, pp 457-469.

12. Mark J., Carlos M. Supply chain management for servitised products: A multi-industry case study. International Journal of Production Economics, Volume 114, Issue 1, July 2008, P. 27-39.

13. James T., Jens O. Trends and perspectives in industrial maintenance management. Journal of Manufacturing Systems, Volume 16, Issue 6, 1997, P. 437-453.

14. Partha P., Rajkumar R. Cost modelling techniques for availability type service support contracts: A literature review and empirical study. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Volume 3, Issue 2, 2010, P. 142-157.

15. Athanasios Ballis, John Golias. Comparative evaluation of existing and innovative rail–road freight transport terminals. transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 36, Issue 7, August 2002, P. 593-611.

Калабухін Юрій Євгенович, д-р техн. наук, професор, декан економічного факультету Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (093) 437-54-89.
Ольховська Тетяна Олександрівна, інженер ДП "Південна залізниця". Тел. (093) 151-73-15.
Коваленко Сергій Анатолійович, магістр Українського державного університету залізничного транспорту.
Ткаченко Віктор Олександрович, магістр Українського державного університету залізничного транспорту.

Kalabuxin Ury E., doct. of techn. sciences, professor, the dean of economic faculty Ukrainian state University of railway transport. Tel.: (093) 437-54-89.
Olxovskay Tatyana A., engineer of Southern Railway. Tel.: (093) 151-73-15.
Kovalenko Sergey, master Ukrainian State University of Railway Transport.
Tkachenko Victor A., master Ukrainian State University of Railway Transport.

Стаття прийнята 21.09.2016 р.