

**УДК 649.42**

**ОЦІНКА ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ТЕРМІН ЕФЕКТИВНОГО УТРИМАННЯ  
ЛОКОМОТИВІВ**

**Д-р техн. наук О.С. Крашенінін**

**ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СРОК ЭФФЕКТИВНОГО  
СОДЕРЖАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ**

**Д-р техн. наук А.С. Крашенинин**

**EVALUATION FACTORS THAT DETERMINE THE PERIOD OF EFFECTIVE  
MAINTENANCE LOCOMOTIVE**

**Doct. of techn. sciences A.S. Krashenin**

*У статті розглядаються питання оцінки факторів, що впливають на термін утримання локомотивів за умови їх ефективного використання.*

## Рухомий склад залізниць

*У зв'язку з фізичним та моральним зношенням рухомого складу у сучасних умовах найважливішим напрямком забезпечення його ефективної роботи є оптимальне поєднання стратегії подовження строку служби та заміни на новий ресурс рухомого складу.*

**Ключові слова:** локомотив, система утримання локомотивів, міжремонтні пробіги.

*В статье рассматриваются вопросы оценки факторов, которые влияют на срок содержания локомотивов при условии их эффективного использования.*

*В связи с физическим и моральным износом подвижного состава в современных условиях важнейшим направлением обеспечения его эффективной работы является оптимальное сочетание стратегии продления срока службы и замены на новый ресурс подвижного состава.*

**Ключевые слова:** локомотив, система содержания локомотивов, межремонтные пробіги.

*It is shown that in today's aging locomotives and locomotive repair facilities sector a situation which is critical for the industry. This results in the formation of new approaches to system maintenance locomotives, which will be targeted at the factory, in which functions will include monitoring the mechanical condition and upgrade the park operated. In these circumstances, an important choice stanovytsya technical operation of locomotives.*

*Based on changes in the cost modeling for various lifetime by the developed program on the computer were obtained are given the cost of maintaining locomotives. For the considered case received, after 18÷17 year of operation traction rolling stock begins to operate inefficiently. However, it should be emphasized that the idealization adopted stable, not rising costs of maintenance, repair, overhaul and fuel and lubricants eventually somewhat negate the operation of the real dynamics of changes in estimates of effective life.*

*However, it can be noted local minimum unit costs of locomotives with factory price 5·10<sup>6</sup> UAH in the area 12÷11 years of operation, due to the major overhaul of the KR-2.*

**Keywords:** locomotive, locomotive system maintenance, overhaul runs.

**Вступ.** Швидке впровадження наукових досягнень в промисловість є основою визначення і рішення багатьох прикладних задач. Зокрема для залізничного транспорту це забезпечує підвищення його конкурентоспроможності і ефективності.

Однак на тлі дефіциту економічних можливостей це кардинально не може змінити ситуацію, яка за даними Укрзалізниці є критичною. З іншого боку залишається важливою задачею наукове і практичне обґрунтування ефективного використання техніки, що спроможна забезпечувати перевізний процес. Це тим більш актуально в умовах використання на залізницях рухомого складу, для якого необхідно визначити питання щодо його використання чи списання.

**Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** На теперішній час тяговий рухомий склад залізниць України, що обслуговує вантажний, пасажирський, приміський та маневровий рух, знаходиться у критичному стані – його знос складає від 70% до 80%, а фактичний термін експлуатації – від 25 до 40

років. Такий моральний та фізичний знос активної частини основних фондів залізниць може призвести до негативних технічних, економічних та соціально-екологічних наслідків.

Тому в нашій країні, як і за кордоном, цьому приділяється значна увага. Аналіз наукових досліджень і досвіду експлуатації рухомого складу показує, що для рішення цих питань слід враховувати багато факторів, які можуть в деякій мірі протирічити один одному. [1, 2]. Наприклад, термін експлуатації і забезпечення ефективності, які є основними для забезпечення залізничного транспорту. [1, 2].

При всій привабливості і здоровому сенсі іноді корисніше позбавитись старого і апробованого на користь новацій. Але слід вважати, що прийняття рішення щодо такої тези повинно бути обґрунтовано. Постає завдання визначення чинників, що впливають на доцільний термін використання технічних засобів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням удосконалення системи утримання локомотивів присвячені дослідження вчених Бутко Т.В., Бабаніна

О.Б., Басова Г.Г., Боднара Б.Є., Володіна О.І., Голубенка О.Л., Грищенко С.Г., Коссова Є.Є., Маслієва В.Г., Тартаковського Е.Д., Фалендиша А.П. та інших вітчизняних та закордонних вчених.

**Метою статті** є оцінка впливу коректування міжремонтних пробігів і обсягів робіт з утримання локомотивів на ТО, ПР на ефективність їх утримання.

**Виклад основного матеріалу.** В УкрДАЗТ проводяться дослідження можливостей подовження терміну експлуатації тягового рухомого складу (ТРС), які визначили необхідність індивідуального підходу до визначення їх технічного стану. З урахуванням цього доведена доцільність коректування термінів і технології утримання ТРС.

В табл. 1 приведені складові витрати, що супроводжують утримання ТРС. Прийнята до уваги можливість коректування пробігів в рамках вимог наказу №093 ЦЗ від 30.06.2010 «Положення про планово-попереджувальну систему ремонту тягового рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів)».

Крім цього враховувалася зміна інтенсивності експлуатації ТРС через різні терміни середньодобового пробігу, яка впливає на термін його використання. Це дозволило визначитися з середньорічними витратами на утримання і експлуатацію ТРС.

На рис. 1 згідно положень наказу №093 ЦЗ від 30.06.2010 приведений ремонтний цикл тепловозу 2ТЕ10М для випадку №1 ( $L_N = 3000$  тис.км – граничний термін експлуатації,  $S_d = 350$  км/доба).

В цьому разі середньорічний пробіг складає близько  $L_p = 120 \cdot 10^3$  км. Дані щодо витрат на ТО, ПР, КР прийняті згідно нормативам на утримання ТРС Південної залізниці (табл.1). Враховувалося, що з часом експлуатації через старіння і зносу ТРС приблизно через 6, 12, 18 років (виконується КР) дещо зростають витрати на паливно-мастильні ресурси і усунення наслідків позапланових ремонтів (табл.2).

Оцінку ефективного терміну експлуатації ТРС визначаємо згідно виразу

$$C_{num} = C_l + \sum_{i=1}^n C_i \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $C_l$  - ціна локомотива,  $n$  - роки експлуатації,  $C_i$  - витрати на  $i$ -те ТО, ПР.

Розглянемо задачу, коли  $C_l$  мало змінювана величина, а  $\sum C_i$  з роками експлуатації росте, тоді задача представляється оптимізаційною з точки зору визначення  $n$ , при якому досягається

$\min C_{num}$ . На підставі моделювання зміни витрат для різних варіантів термінів експлуатації за розробленою програмою на ЕОМ були отримані дані, що наведені в таблиці 2. Слід відзначити, що значення  $optn$  залежить як від  $C_l$ , так і динаміки росту сумарних витрат. Для розглянутого випадку отримано, що після 17÷18 року експлуатації ТРС починає експлуатуватися неефективно. Разом з цим слід підкреслити, що ідеалізація прийнятих стабільних, а не зростаючих витрат на ТО, ПР, КР і паливно-мастильні матеріали з часом експлуатації дещо нівелюють реальну динаміку зміни  $C_{num}$ . Тобто слід уточнити як вихідні дані, так і саму цільову функцію. Разом з цим можна відмітити локальні мінімуми питомих витрат для локомотивів з заводською ціною від  $5 \cdot 10^6$  грн. в районі 11÷12 років експлуатації, що пов'язане з проведеннями капітального ремонту КР-2.

В ряді випадків можна визначити ефективний термін експлуатації з можливістю продажу ТРС на сторону, виходячи з таких співвідношень.

Залишкову ціну в залежності від терміна експлуатації можна виразити наступною функцією.

$$C_{zag} = C_{лок} (1 - \alpha t), \quad (2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що характеризує інтенсивність зменшеної ціни локомотива за період експлуатації;

$C_{лок}$  – заводська ціна локомотива.

Сумарні витрати на ТО, ПР, КР і паливно-мастильні матеріали за час  $t$  є наступною функцією часу

$$C_{num} = C_{0num} \cdot e^{\beta t}, \quad (3)$$

де  $\beta$  – інтенсивність росту витрат на утримання ТРС,  $C_{0num}$  - середньорічні нормативні витрати на ТО, ПР, КР і паливно-мастильні матеріали.

Остаточну сумарні приведені річні витрати дорівнюють

$$\gamma(t) = \frac{1}{t} (C_{лок} - C_{лок} \cdot \alpha t + C_{0num} \cdot e^{\beta t}). \quad (4)$$

Для отримання  $t$ , при якому  $\gamma(t)$  мінімальне, можна використовувати спеціальну номограму (рис.2).

Таблиця 1

## Витрати на утримання локомотивів

№	$L_N$ , км	Термін служби, рік $T$			Міжремонтний пробіг і кількість відповідних ТО і ПР ( $L_{н.р./кi}$ ), тис.км/шт							Витрати на паливо, грн $C_m$			Витрати на реостат. випробу- вання $C_{PI}$	Сумарні витрати на паливо ТО, ПР і паливо – мастильні матеріали, грн. $SC_{нi}$		
		$s=300$	$s=350$	$s=400$	ТО-3	ТР-1	ТР-2	ТР-3	КР-1	КР-2	$L_{II}$	$S_1$	$S_2$	$S_3$				
1	3000	27,40	23,48	20,55	10/240	60/25	120/12	240/8	720/2	1440/1	2880	$1,20 \cdot 10^8$	$1,20 \cdot 10^8$	$1,20 \cdot 10^8$	213000	$1,32 \cdot 10^8$	$1,32 \cdot 10^8$	$1,32 \cdot 10^8$
2	3100	28,31	24,27	21,23	10/240	60/25	120/12	240/8	720/2	1440/1	2880	$1,24 \cdot 10^8$	$1,24 \cdot 10^8$	$1,24 \cdot 10^8$	213000	$1,36 \cdot 10^8$	$1,36 \cdot 10^8$	$1,36 \cdot 10^8$
3	3200	29,22	25,05	21,92	15/144	45/49	130/12	260/8	780/2	1560/1	3120	$1,28 \cdot 10^8$	$1,28 \cdot 10^8$	$1,28 \cdot 10^8$	267000	$1,40 \cdot 10^8$	$1,40 \cdot 10^8$	$1,40 \cdot 10^8$
4	3300	30,14	25,83	22,60	15/144	45/49	135/12	270/8	810/2	1620/1	3240	$1,32 \cdot 10^8$	$1,32 \cdot 10^8$	$1,32 \cdot 10^8$	267000	$1,44 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$	$1,44 \cdot 10^8$
5	3400	31,05	26,61	23,29	15/144	45/49	135/12	270/8	825/2	1650/1	3300	$1,36 \cdot 10^8$	$1,36 \cdot 10^8$	$1,36 \cdot 10^8$	267000	$1,48 \cdot 10^8$	$1,48 \cdot 10^8$	$1,48 \cdot 10^8$
6	3700	33,79	28,96	25,34	10/288	50/49	150/12	300/8	900/2	1800/1	3600	$1,47 \cdot 10^8$	$1,47 \cdot 10^8$	$1,47 \cdot 10^8$	267000	$1,61 \cdot 10^8$	$1,61 \cdot 10^8$	$1,61 \cdot 10^8$
7	3900	35,62	30,53	26,71	10/288	40/73	160/12	320/8	960/2	1920/1	3840	$1,55 \cdot 10^8$	$1,55 \cdot 10^8$	$1,55 \cdot 10^8$	321000	$1,70 \cdot 10^8$	$1,70 \cdot 10^8$	$1,70 \cdot 10^8$
8	4100	37,44	32,09	28,08	10/360	55/49	165/12	330/8	1000/2	2000/1	4000	$1,63 \cdot 10^8$	$1,63 \cdot 10^8$	$1,63 \cdot 10^8$	267000	$1,78 \cdot 10^8$	$1,78 \cdot 10^8$	$1,78 \cdot 10^8$
9	4400	40,18	34,44	30,14	15/192	45/73	180/12	360/8	1080/2	2160/1	4320	$1,75 \cdot 10^8$	$1,75 \cdot 10^8$	$1,75 \cdot 10^8$	321000	$1,90 \cdot 10^8$	$1,90 \cdot 10^8$	$1,90 \cdot 10^8$
10	4500	41,10	35,23	30,82	10/360	60/49	180/12	360/8	1080/2	2160/1	4320	$1,79 \cdot 10^8$	$1,79 \cdot 10^8$	$1,79 \cdot 10^8$	267000	$1,95 \cdot 10^8$	$1,95 \cdot 10^8$	$1,95 \cdot 10^8$

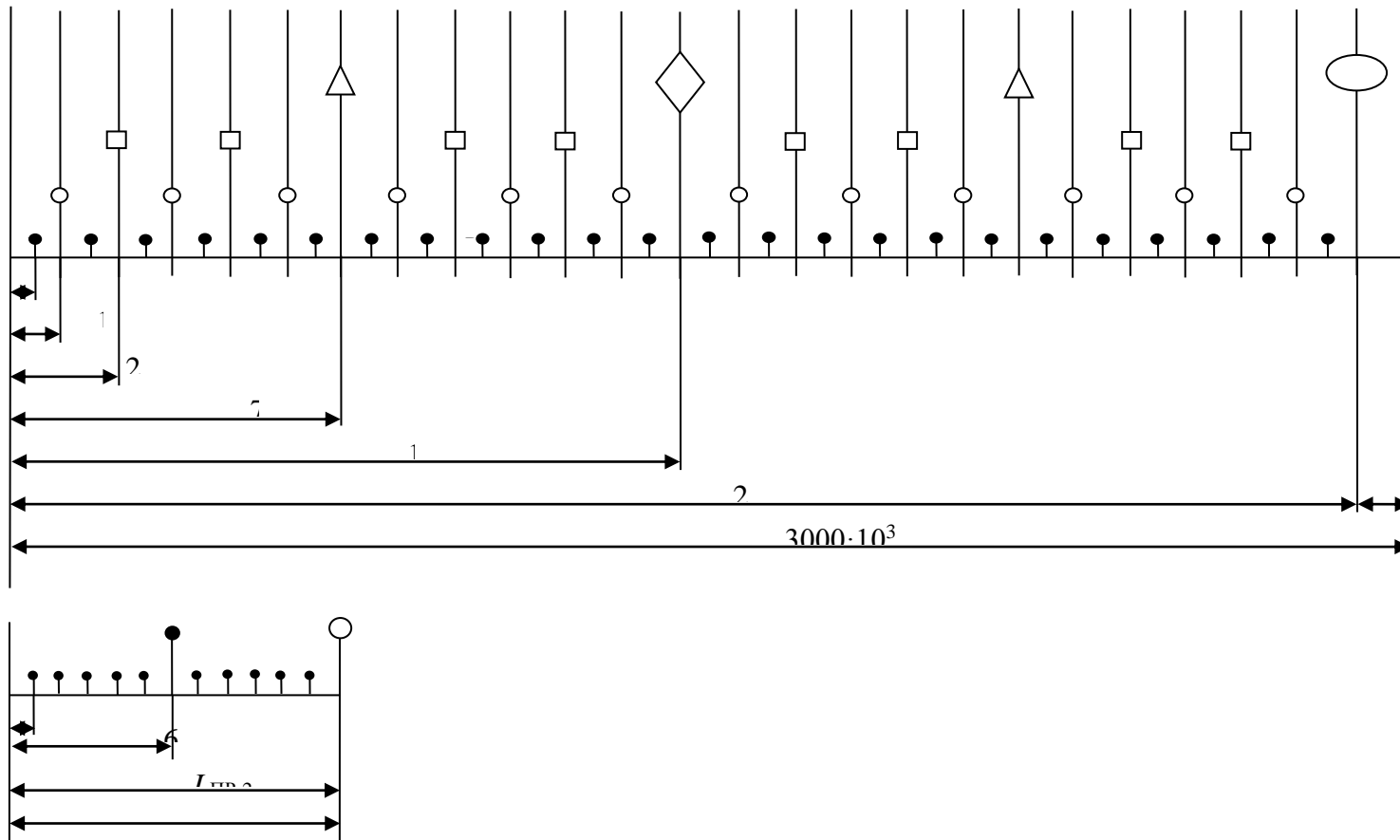


Рис.1. Циклічність проведення ТО, ПР, КР локомотивів

Таблиця 2

## Приведені витрати на утримання локомотивів

Рік експлуатації		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Сумарні витрати на ТО, ПР, млн. грн		0,16	0,25	0,16	0,25	0,16	0,93	0,16	0,25	0,16	0,25	0,16	1,88	0,17	0,26	0,17	0,26	0,17	0,94	0,17	0,26	0,17	0,26	0,17	0,28
Ціна локомотива	Сумарні витрати на ТО, ПР з урахуванням ціни локомотива, млн. грн	5,16	5,41	5,58	5,82	5,99	6,92	7,08	7,33	7,49	7,74	7,91	9,79	9,96	10,21	10,38	10,64	10,81	11,74	11,92	12,17	12,35	12,61	12,78	13,06
	Сумарні витрати на ТО, ПР з урахуванням паливо-мастил. матеріалів, млн. грн	10,96	11,21	11,38	11,62	11,79	12,72	14,08	14,33	14,49	14,74	14,91	16,79	18,96	19,21	19,38	19,64	19,81	20,74	22,92	23,17	23,35	23,61	23,78	24,06
	Приведені витрати γ, млн.грн/рік	10,96	5,61	3,79	2,91	2,36	2,12	2,01	1,79	1,61	1,47	1,36	1,40	1,46	1,37	1,29	1,23	1,17	1,15	1,21	1,16	1,11	1,07	1,03	1,00
Ціна локомотива	Сумарні витрати на ТО, ПР з урахуванням ціни локомотива, млн. грн	10,16	10,41	10,58	10,82	10,99	11,92	12,08	12,33	12,49	12,74	12,91	14,79	14,96	15,21	15,38	15,64	15,81	16,74	16,92	17,17	17,35	17,61	17,78	18,06
	Сумарні витрати на ТО, ПР з урахуванням паливо-мастил. матеріалів, млн. грн	15,96	16,21	16,38	16,62	16,79	17,72	19,08	19,33	19,49	19,74	19,91	21,79	23,96	24,21	24,38	24,64	24,81	25,74	27,92	28,17	28,35	28,61	28,78	29,06
	Приведені витрати γ, млн.грн/рік	15,96	8,11	5,46	4,16	3,36	2,95	2,73	2,42	2,17	1,97	1,81	1,82	1,84	1,73	1,63	1,54	1,46	1,43	1,47	1,41	1,35	1,30	1,25	1,21
Ціна локомотива	Сумарні витрати на ТО, ПР з урахуванням ціни локомотива, млн. грн	20,16	20,41	20,58	20,82	20,99	21,92	22,08	22,33	22,49	22,74	22,91	24,79	24,96	25,21	25,38	25,64	25,81	26,74	26,92	27,17	27,35	27,61	27,78	28,06
	Сумарні витрати на ТО, ПР з урахуванням паливо-мастил. матеріалів, млн. грн	25,96	26,21	26,38	26,62	26,79	27,72	29,08	29,33	29,49	29,74	29,91	31,79	33,96	34,21	34,38	34,64	34,81	35,74	37,92	38,17	38,35	38,61	38,78	39,06
	Приведені витрати γ, млн.грн/рік	25,96	13,11	8,79	6,66	5,36	4,62	4,15	3,67	3,28	2,97	2,72	2,65	2,61	2,44	2,29	2,16	2,05	1,99	2,00	1,91	1,83	1,75	1,69	1,63

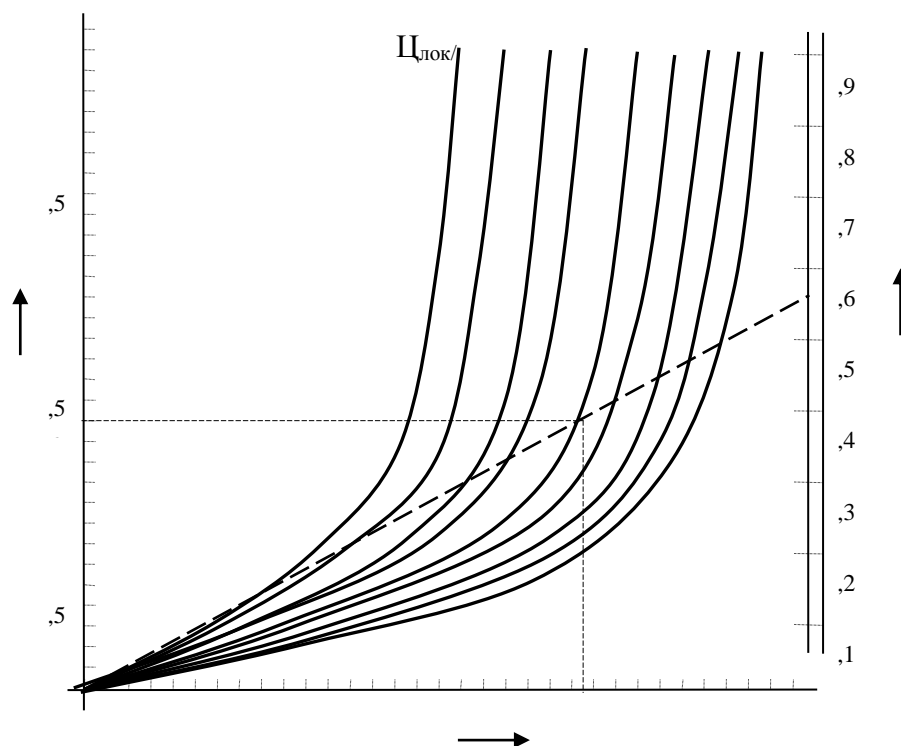


Рис. 2. Номограма визначення коефіцієнтів  $\alpha$  і  $\beta$

Визначення коефіцієнтів  $\alpha$  та  $\beta$  є задачами, оцінка яких потребує значного масиву вихідних даних, але математично досить просто реалізується.

Так за даними випадку №1 згідно таблиць 1, 2 на рис. 2 представлена динаміка витрат на ТО, ПР локомотиву наростаючим підсумком за період експлуатації. Апроксимуємо цю динаміку залежності у вигляді  $y = \alpha e^{\beta t}$ . Для цього складаємо систему рівнянь попередньо прологарифмувавши цю функцію.

$$\lg y = \lg \alpha + \beta t \lg e .$$

$$\begin{cases} \lg y_1 = \lg \alpha + \beta t_1 \lg e \\ \lg y_n = \lg \alpha + \beta t_n \lg e \end{cases}$$

Підставивши значення  $y_1, y_n$  - сумарні витрати за 1-й та  $n$ -й рік експлуатації і термін  $t_1 = 1, t_n = 24$ , отримаємо залежність

$$C_{num} = C_{0num} e^{\beta t}$$

Значення коефіцієнту інтенсивності зменшення ціни локомотива визначають

задаючись середньосітковими даними щодо залишкової ціни локомотива на період вилучення із експлуатації.

### Висновки:

1. При вирішенні питань щодо визначення терміну експлуатації локомотивів слід дотримуватися досягнення мінімуму приведених річних витрат, що включають зменшення ціни локомотивів і рост приведених витрат на їх утримання. При цьому слід враховувати, що на термін експлуатації локомотивів впливає як величина інтенсивності використання, що проявляється у значенні середньодобового пробігу, так і коректування міжремонтних пробігів.

2. Пошук залежностей витрат на утримання локомотивів слід здійснювати в зоні стабільного росту витрат, що можна приблизно характеризувати проведеннями КР-1, КР-2, оскільки саме їх виконання значно впливає на динаміку зміни цих витрат, утворюючи значні стрибки витрат в цей період .

## Рухомий склад залізниць

---

3. При оцінці сумарних витрат  $\gamma(t) \rightarrow \min$  доцільно визначати співвідношення  $\frac{C_{лок}}{C_{опит}}$  в зонах повільного їх зростання і по номограмі для визначених співвідношень коефіцієнтів  $\alpha$  і  $\beta$  визначати ефективний термін використання локомотивів.

### Список використаних джерел

1. Галкин, В.Г. Надежность тягового подвижного состава [Текст] / В.Г. Галкин, В.П. Парамзин, В.А. Четвергов // Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1981. – 184 с.
2. Тартаковский, Э.Д. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог [Текст] / Э.Д. Тартаковский, С.Г. Грищенко, Ю.Е. Калабухин, А.П. Фалендыш // Монография. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2011. – 174 с.
3. Голованов, А.Т. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов за рубежом [Текст] / А.Т. Голованов, Ю.А. Лебедев. – М.: Транспорт, 1977, 159с.

---

Крашенінін Олександр Семенович, доктор технічних наук, професор, кафедра «Експлуатація та ремонт рухомого складу» Українська державна академія залізничного транспорту. Тел. (057) 730-19-99.

Krashenin Alexander, doctor of Technical Sciences, professor, chair of «Operation and repair of rolling stock» Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057) 730-19-99.