

УДК 629.4.083

ОБГРУНТУВАННЯ ТАКТИКИ ОРГАНІЗАЦІЇ РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ ТРС ПРИ ПODOВЖЕННІ ТЕРМІНУ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Д-р техн. наук О. С. Крашенінін, старш. викл. М. М. Одегов

ОБОСНОВАНИЕ ТАКТИКИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ ТПС ПРИ ПРОДЛЕНИИ СРОКА ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Д-р техн. наук А. С. Крашенинин, старш. препод. Н. Н. Одегов

THE SUBSTANTIATION OF THE TACTICS OF ORGANIZATION OF THE REPAIR OF THE EQUIPMENT OF THE STP FOR EXTENSION OF THE TERM OF ITS OPERATION

Doctor of technical sciences A. S. Krashenin, senior lecturer M. M. Odiehov

Стаття присвячена питанням визначення і обґрунтування тактики організації ремонту обладнання ТРС на основі оптимізації приведених витрат на його проведення. Разом з технічними заходами при обґрунтуванні тактики ТО, ПР ТРС необхідно проводити економічні розрахунки, що визначають зону ефективності дії заходів з організації ТО, ПР ТРС, враховуючі як витрати, так і термін експлуатації ТРС.

Ключові слова: технічний стан, ресурс, ТРС.

Статья посвящена вопросам определения и обоснования тактики организации ремонта оборудования ТПС на основе оптимизации удельных затрат на его проведение. Вместе с техническими мероприятиями при обосновании тактики ТО, ПР ТПС необходимо проводить экономические расчеты, которые определяют зону эффективности мероприятий по организации ТО, ПР ТПС, учитывая как расходы, так и термин службы ТПС.

Ключевые слова: техническое состояние, ресурс, ТПС.

The article is devoted to the questions of definition and justification of the tactics of organization of repair the equipment of locomotives on the basis of optimization of the reduced expenses for its carrying out. Together with the technical measures in justifying the tactics of the maintenance, the current repair of locomotives it is necessary to conduct economic calculations, which determine the area of effectiveness of the activities for the organization of maintenance, current repair of locomotives, taking into account both the cost and the lifetime of the locomotives.

When switching to the modular design and repair of the locomotive system, it is necessary to take into account both the number of implemented modules and the capital and operating costs for their development, which also has its own efficiency zone.

The usage a high-reliability locomotive aggregates allows a greater savings in capital investments. In the latter one must also take into account the reduction in the cost of parts stock in the consumer equipment. In addition to saving capital investment use in the system of aggregates of increased reliability will also be able to obtain savings in operating costs.

Keywords: Technical condition, resource, locomotives.

Вступ. Ремонт будь-якого обладнання ТРС супроводжується проведенням комплексу заходів, що направлені на відновлення або наближення до початкових його характеристик [1-3]. В залежності від типу і форми організації виробництва проведення ремонту навіть для одного і того ж обладнання виконується по-різному [2-4]. Це знаходить відображення в обсягах, часі і інших складових організації ремонту [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В багатьох країнах, що експлуатують залізничну техніку, стає практикою, що фірма або завод, які виготовляють залізничну техніку, починають активно брати участь у забезпеченні її утримання з метою оптимізації витрат за життєвий цикл. Також створюються сервісні центри, що проводять моніторинг технічного стану ТРС і визначають політику забезпечення підприємств, які експлуатують ТРС, ремонтним фондом, запасними частинами тощо.

Суб'єкти інфраструктури залізниць, що надають послуги перевезень, виконують моніторинг стану основних засобів, тому виникає питання про досконалість використання ресурсів протягом експлуатації [1]. Ці питання поставали з моменту виникнення транспортної системи [1,5-11]. Отримали розвиток стратегії та алгоритми утримання ТРС [5-11]. Однак під час розвитку інфраструктури необхідно долучити сучасні підходи до організації ремонту з урахуванням стандартних рішень та додаванням обґрунтованої економічної доцільності для підтримки працездатного стану обладнання ТРС як нового, так із подовженим терміном служби..

Визначення мети та задачі дослідження. Мета статті полягає в обґрунтуванні:

– тактики ТО, ПР ТРС з урахуванням економічних розрахунків щодо зони ефективності дії заходів з організації ТО, ПР ТРС;

– переходу на модульне конструювання й ТО, ПР ТРС.

Основна частина дослідження. Від термінів служби окремих вузлів і агрегатів залежить термін служби всього ТРС у цілому й витрати на його ремонт. Терміни служби окремих вузлів і агрегатів ТРС неоднакові. Вони повинні бути зв'язані із установленою для всього ТРС періодичністю ТО і ремонтів і узгоджені із терміном служби ТРС у цілому [11-15].

Велике значення має досягнення рівномірності деталей вузлів і агрегатів ТРС. В експлуатації часто терміни служби вузлів і агрегатів не рівні й не кратні міжремонтному терміну служби ТРС. Це викликає потребу заміни вузлів і агрегатів, що вийшли з ладу, при проведенні планових та непланових ремонтів ТРС.

У практику інженерних розрахунків давно ввійшли розрахунки на статичну міцність і утому. У той же час методи розрахунків зміни надійності агрегатів ТРС і втрат ними економічності не набули необхідного розвитку.

Іноді вважається, що термін служби вузла або агрегату є суто технічним показником. Однак у будь-якому ТРС є агрегати й вузли, зношування яких погіршує економічні показники роботи ТРС.

Формули для розрахунків термінів служби агрегатів ТРС дають підставу для припущення, що терміни служби можна визначити на основі тільки технічних міркувань. Дійсно, у ці технічні формули входять такі величини, які вимагають економічного обґрунтування.

Так, міжремонтний термін служби вузла, що зношується під впливом тертя, визначається за формулою

$$T_m = \frac{\delta_m - \delta_n}{tg \alpha}, \quad (1)$$

де T_m – міжремонтний термін служби вузла, рр.;

δ_n – початковий зазор між агрегатами, що сполучаються, мм;

δ_m – максимально припустимий зазор у місці найбільшого вироблення, мм;

$tg\alpha$ – величина, що характеризує ступінь інтенсивності наростання зношування після періоду прироблення.

Величина δ_m в (1) формулі вимагає економічного обґрунтування. Без установлення обґрунтованих допусків зношування агрегатів не можна визначити межі їх служби за фізичним зношуванням.

Розглянемо питання, як визначити економічний ефект від підвищення термінів служби окремих агрегатів ТРС. Якщо середній очікуваний термін служби розглянутого агрегату збільшився з T_{c_1} до T_{c_2} років, а ціна її при цьому зросла з C_{a_1} до C_{a_2} грн/агрегат, то в економічних розрахунках треба визначити ту економію Δa_c , яка буде отримана на власне амортизаційних відрахуваннях за цим агрегатом

$$\Delta a_c = \frac{C_{a_1}}{T_{c_1}} - \frac{C_{a_2}}{T_{c_2}} \frac{\text{грн/р.}}{\text{агрегат}}, \quad (2)$$

де Δa_c – економія амортизаційних відрахувань за даним агрегатом, грн/р.;

C_{a_1} і C_{a_2} – ціна агрегату, що має менший і більший термін служби, грн;

T_{c_1} і T_{c_2} – середній очікуваний термін служби цього агрегату в колишньому варіанті й більш тривалий, у новому варіанті, що вимірюється роками.

У тих же випадках, коли терміном дії агрегату визначається корисний термін служби всього ТРС, на якому вони встановлені, економія амортизаційних відрахувань $\Delta a'_c$, одержувана завдяки можливості збільшення терміну служби агрегатів, складе

$$\Delta a'_c = \frac{C_c + C_b}{T_{c_1}} - \frac{C_c + C_b + C_l}{T_{c_2}}, \quad (3)$$

де C_c – ціна агрегату (без вартості додаткового встаткування), тис. грн;

C_b – вартість установлення на агрегаті нових деталей, тис. грн;

C_l – вартість додаткових діагностичних приладів для контролю агрегату, тис. грн.

У деяких випадках, крім вартості деталей C_a , у порівнюваних варіантах агрегатів різного рівня надійності буває потрібно враховувати ще й витрати праці, що пов'язані з їхньою заміною. Останнє суттєво залежить від того, як розміщені ці агрегати в устаткуванні. Буває так, що ціна самого агрегату зросла ($C_{a_2} > C_{a_1}$), але оскільки її більш зручно розмістили в схемі, ремонтпридатність агрегату теж підвищилася, а сумарні витрати, пов'язані з її заміною, зменшилися

$$(C_{a_2} + B_{e_2}) < (C_{a_1} + B_{e_1}), \quad (4)$$

де B_{e_1} й B_{e_2} – основна й додаткова заробітна плата працівника, що здійснює заміну даного агрегату, разом з нарахуваннями соціального страхування, тис. грн.

Тому, оскільки вдалося підвищити також і термін служби нового агрегату $T_{c_1} > T_{c_2}$, щорічна економія засобів, пов'язана з їх заміною, складе

$$\Delta S_3 = \frac{C_{a_1} + B_{e_1}}{T_{c_1}} + \frac{C_{a_2} + B_{e_2}}{T_{c_2}}, \text{ тис. грн.} \quad (5)$$

Як видно з наведених прикладів, структура амортизаційних відрахувань зводиться до вигляду $\Delta a_l = k_1 - k_2$,

$$k_1 = \frac{C_1}{T_1}, \quad k_2 = \frac{C_2}{T_2}.$$

Також c_1 і c_2 включають в себе інші додаткові складові, в залежності від вирішування завдань. Це дозволяє в загальному вигляді подати зміну

$\Delta a_l = f(k_1, k_2)$, як показано на рис. 1. Розрахункові дані для побудови цієї залежності подано в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункові дані для визначення функції амортизаційних відрахувань

$k_2 \backslash k_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3
7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0

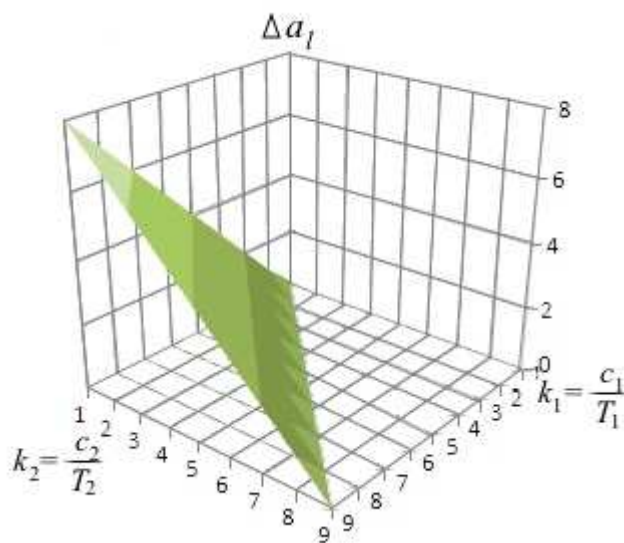


Рис. 1. Економічний ефект від підвищення терміну служби вузла та агрегату ТРС

При визначенні економічно оптимального терміну служби будь-якого агрегату ТРС слід враховувати також взаємозв'язок між зносостійкістю агрегатів, що сполучаються. У деяких випадках збільшення терміну служби одного зчленованого агрегату, що сполучається з

іншими, може привести до зменшення терміну служби іншого агрегату. Тому не можна визначати економічно оптимальний термін служби кожного агрегату окремо. Оптимальними термінами служби окремих агрегатів є ті терміни їх служби, які забезпечують економічно оптимальні

терміни служби всіх агрегатів вузлів, у які вони входять.

Розглянемо хід розв'язання завдання докладніше на загальному прикладі.

У табл. 2 наведені витрати при п'яти варіантах термінів служби охоплюваного вузла.

Таблиця 2

Порівняння витрат охоплюваного агрегату

№ варіанта	Термін служби T_c , рр.		Ціна агрегату z_d , грн			Річна амортизація агрегату a_c , грн/р.			Термін окупності додаткових капітальних вкладень τ , рр.
	охоплюваного агрегату	охоплюючого агрегату	охоплюваного агрегату	охоплюючого агрегату	усього вузла	охоплюваного агрегату	охоплюючого агрегату	усього агрегату	
1	1	4,5	100	500	600	100	110	220	– $\tau_{2/1}=1,3$ неефективні варіанти
2	1,5	4	120	500	620	80	125	205	
3	2	3	140	500	640	70	166	236	
4	3	2,5	180	500	680	60	200	260	
5	5	1,5	220	500	720	44	320	374	

З табл. 2, у якій наведені витрати на весь вузол, видно, що найбільш ефективним варіантом є другий, при якому охоплюваний вузол має термін служби $T_c=1,5$ р. Варіанти № 3, 4 і 5 виключаються як явно неефективні, оскільки вони вимагають більших капітальних вкладень і більших експлуатаційних витрат.

На цьому прикладі видно, що терміни служби вузлів слід визначати виходячи із ефективних термінів служби вузлів, у які вони входять. У ряді випадків при розрахунках оптимальних термінів служби вузлів та агрегатів треба враховувати також вплив їх на терміни служби інших агрегатів, а не тільки на терміни служби агрегатів, до складу яких входять дані вузли.

Першорядне значення при визначенні термінів служби агрегатів і вузлів у багатьох випадках має зменшення втрат від простоїв машини в ремонтах, пов'язаних з їхньою заміною. Оскільки кожний агрегат

ТРС має свій власний термін служби, прагнення максимально довготерміново використовувати агрегат може викликати збільшення простоїв ТРС у ремонті. Щоб не виводити ТРС занадто часто в ремонт і разом з тим мати гарантію від аварій, агрегати з різними термінами служби поєднують в одну ремонтну групу. Таке об'єднання агрегатів проводиться за принципом зближення термінів ремонту. Внаслідок цього частина агрегатів замінюється раніше, ніж вичерпується термін їх служби по фізичному зношуванню. Тільки для тих агрегатів, заміна яких може бути зроблена без розбирання й тривалої зупинки, термін заміни відповідає терміну служби. Тому одним із важливих завдань конструювання ТРС є таке конструювання вузлів, при якому максимальна кількість деталей могла б легко замінюватися. Тим самим збільшується використання деталей вузлів ТРС, а

терміни служби їх не треба зменшувати шляхом формування деталей у групи, що замінюються при одному ремонті.

Таким чином, конструкція кожного вузла ТРС повинна визначатися з урахуванням його терміну служби в співвідношенні витрат на виготовлення й ремонт у процесі експлуатації. Розглянемо як ілюстрації, як повинно вирішуватися питання щодо доцільності виготовлення ТРС модульної конструкції. Якщо виготовляти ТРС модульної конструкції, то такі ТРС можуть обійтися дорожче на суму

$$K_{\bar{m}} + \sum_{i=1}^{n_m} K_{m_i} n_{m_i} - K_{\bar{o}}, \quad (6)$$

де $K_{\bar{o}}$ – вартість виготовлення ТРС, що не мають модулів, тис.грн;

$K_{\bar{m}}$ – вартість виготовлення ТРС із модулями, тис. грн;

K_{m_i} – вартість виготовлення i -х модулів, тис. грн;

n_m, n_{m_i} – відповідно кількість усіх модулів та i -х модулів, агрегат.

Через T років експлуатації ТРС модульної конструкції буде отримана економія на ремонтах у розмірі

$$n_m (S_{p.\bar{o}} - S_m), \quad (7)$$

де $S_{p.\bar{o}}$ – вартість ремонту устаткування ТРС без модулів через T років його експлуатації;

S_m – вартість ремонту ТРС модульної конструкції через T років його експлуатації.

Щоб зрівняти витрати, в різний термін експлуатації, потрібно витрати, що отримані через T років експлуатації ТРС, помножити на величину $\frac{1}{(1 + \alpha'_n)^T}$, де α'_n – норматив для приведення різночасових витрат; T – кількість років експлуатації ТРС.

Отже, виготовлення ТРС модульного типу буде ефективним за умови

$$\left(K_{\bar{m}} + \sum_{i=1}^{n_m} K_{m_i} n_{m_i} - K_{\bar{o}} \right) < \frac{n_m (S_{p.\bar{o}} - S_m)}{(1 + \alpha'_n)^T}. \quad (8)$$

Подамо формулу (8) у вигляді

$$\Delta K < \frac{n_m \Delta S}{(1 + \alpha)^T}, \quad (9)$$

де $\Delta K = K_{\bar{m}} + \sum_{i=1}^{n_m} K_{m_i} n_{m_i} - K_{\bar{o}}$ – капітальні витрати, тис. грн;

$\Delta S = S_{p.\bar{o}} - S_m$ – економія експлуатаційних витрат, тис. грн.

Для визначення T – терміну експлуатації ТРС прологарифмуємо формулу (9) і отримаємо вираз

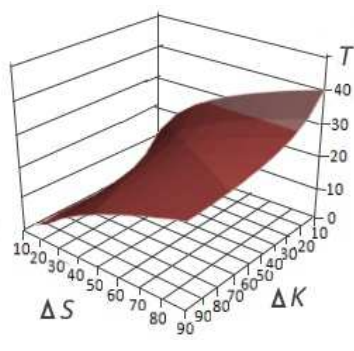
$$T = \log_{1+\alpha} \frac{n_m \Delta S}{\Delta K}. \quad (10)$$

Зручно подати поведінку $T = f(n_m, \Delta S, \Delta K)$ у графічному вигляді рис. 2 (а, б, в, які сформовані на підставі розрахунків для $n_m=5, 10, 20$ в табл. 3).

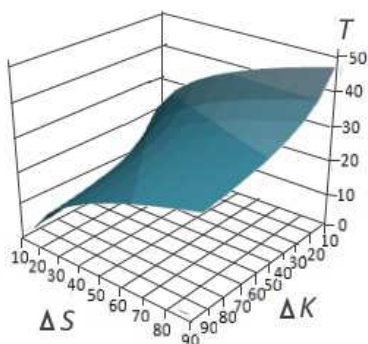
Таблиця 3

Розрахунок терміну експлуатації ТРС

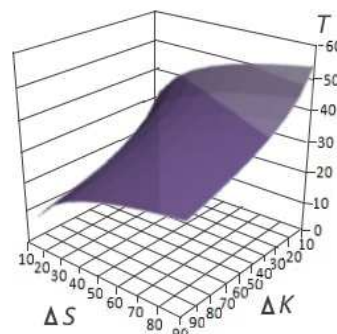
n_m	$\Delta S \backslash \Delta K$	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	5	10	16,89	9,614	5,36	2,341	0	-1,913	-3,53	-4,931
20		24,16	16,89	12,63	9,614	7,273	5,36	3,742	2,341	1,105
30		28,41	21,14	16,89	13,87	11,53	9,614	7,996	6,595	5,36
40		31,43	24,16	19,9	16,89	14,55	12,63	11,01	9,614	8,378
50		33,77	26,5	22,25	19,23	16,89	14,97	13,36	11,96	10,72
60		35,69	28,41	24,16	21,14	18,8	16,89	15,27	13,87	12,63
70		37,3	30,03	25,78	22,76	20,42	18,5	16,89	15,49	14,25
80		38,7	31,43	27,18	24,16	21,82	19,9	18,29	16,89	15,65
90		39,94	32,67	28,41	25,39	23,05	21,14	19,52	18,12	16,89
10	10	24,16	16,89	12,63	9,614	7,273	5,36	3,742	2,341	1,105
	20	31,43	24,16	19,9	16,89	14,55	12,63	11,01	9,614	8,378
	30	35,69	28,41	24,16	21,14	18,8	16,89	15,27	13,87	12,63
	40	38,7	31,43	27,18	24,16	21,82	19,9	18,29	16,89	15,65
	50	41,05	33,77	29,52	26,5	24,16	22,25	20,63	19,23	17,99
	60	42,96	35,69	31,43	28,41	26,07	24,16	22,54	21,14	19,9
	70	44,58	37,3	33,05	30,03	27,69	25,78	24,16	22,76	21,52
	80	45,98	38,7	34,45	31,43	29,09	27,18	25,56	24,16	22,92
	90	47,21	39,94	35,69	32,67	30,33	28,41	26,8	25,39	24,16
20	10	31,43	24,16	19,9	16,89	14,55	12,63	11,01	9,614	8,378
	20	38,7	31,43	27,18	24,16	21,82	19,9	18,29	16,89	15,65
	30	42,96	35,69	31,43	28,41	26,07	24,16	22,54	21,14	19,9
	40	45,98	38,7	34,45	31,43	29,09	27,18	25,56	24,16	22,92
	50	48,32	41,05	36,79	33,77	31,43	29,52	27,9	26,5	25,26
	60	50,23	42,96	38,7	35,69	33,34	31,43	29,81	28,41	27,18
	70	51,85	44,58	40,32	37,3	34,96	33,05	31,43	30,03	28,79
	80	53,25	45,98	41,72	38,7	36,36	34,45	32,83	31,43	30,2
	90	54,48	47,21	42,96	39,94	37,6	35,69	34,07	32,67	31,43



а



б



в

Рис. 2. Залежність терміну експлуатації ТРС від параметрів $n_m, \Delta S, \Delta K$

При розв'язанні питань щодо вибору найбільш ефективних засобів підвищення надійності й довговічності окремого устаткування необхідно враховувати й те значення, яке воно має для всієї системи, у яку вони вбудовуються. Це вимагає обліку збитків U_n , обумовлених простоями ТРС в ремонті через відмову даного агрегату. У деяких випадках при розв'язанні розглянутого завдання треба враховувати ще й економію коштів ΔF від зменшення запасу цих агрегатів, що зберігається в споживача. Крім того, оскільки зросла вартість самого агрегату підвищеної надійності ($c_{a_2} > c_{a_1}$), у розрахунках

наведених річних витрат треба врахувати додаткові витрати, пов'язані із цим, $\varepsilon_n (c_{a_2} - c_{a_1})$.

Для визначення оптимальних термінів утримання агрегатів необхідно визначити закони зміни відповідних робочих характеристик ТРС і витрат на їх експлуатацію у функції від часу роботи даного вузла.

З урахуванням усіх перерахованих факторів економія наведених річних витрат E_l , обумовлена підвищенням терміну служби окремого агрегату встаткування, визначиться як

$$E_l = \Delta Z_l + \varepsilon_n \Delta K_c + \Delta E_n - \varepsilon_n (c_{a_2} - c_{a_1}), \text{ тис. грн,} \quad (11)$$

де ΔZ_l – економія витрат, пов'язана із заміною агрегату, *грн/р.*;

ΔE_n – зменшення збитків, обумовлених простоями ТРС в ремонті через відмову даного агрегату, $\frac{\text{грн/р.}}{\text{агрегат}}$;

ΔK_c – економія коштів, виведених у запас агрегатів, що зберігається у споживача, *грн/агрегат*;

c_{a_2} і c_{a_1} – ціна нового й старого агрегату, *грн/агрегат*.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку:

1. Разом з технічними заходами при обґрунтуванні тактики ТО, ПР ТРС необхідно здійснювати економічні розрахунки, що визначають зону ефективності дії заходів з організації ТО, ПР ТРС, враховуючі як витрати, так і термін експлуатації ТРС. Графічні залежності термінів експлуатації ТРС від параметрів $n_m, \Delta S, \Delta K$ (рис. 2) дозволяють визначити зону ефективності дії заходів з організації ТО, ПР ТРС, наприклад, при

зміні відсотка капітальних вкладень на 30 % та незмінній економії експлуатаційних витрат термін експлуатації ТРС доцільно збільшити на 18 %.

2. При переході на модульне конструювання й ремонту ТРС слід урахувати як кількість упроваджених модулів, так і капітальні, експлуатаційні витрати на їх освоєння, що також має свою зону ефективності. На прикладі залежностей терміну експлуатації ТРС від параметрів $n_m, \Delta S, \Delta K$ отримуємо при зміні кількості модулів з 5 до 20 при однакових ΔS і ΔK зростання терміну майже вдвічі.

3. Використання для ТРС агрегатів підвищеної надійності дозволяє одержати більшу економію капітальних вкладень ΔK_e . В останній треба врахувати ще й зменшення вартості запасу частин у споживача встаткування. Крім економії капітальних вкладень використання в системі агрегатів підвищеної надійності дозволить одержати також економію на експлуатаційних витратах ΔE_e .

Список використаних джерел

1. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог [Текст]: монография / Э. Д. Тартаковский, С. Г. Грищенко, Ю. Е. Калабухин, А. П. Фалендиш. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2011. – 174 с.
2. Колегаев, Р. Н. Определение оптимальной долговечности технических систем [Текст] / Р. Н. Колегаев. – М.: Советское радио, 1967. – 212 с.
3. Половко, А. М. Основы теории надежности [Текст] / А. М. Половко. – М.: Наука, 1964. – 194 с.
4. Проников, А. С. Повышение долговечности станочного парка [Текст] / А. С. Проников. – М.: Высшая школа, 1961. – 534 с.
5. Селиванов, А. И. Основы теории старения машин [Текст] / А. И. Селиванов. – М.: Машиностроение, 1964. – 174 с.
6. Григорьев, М. А. Обеспечение надежности двигателей [Текст] / М. А. Григорьев, В. А. Долецкий. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 323 с.
7. Гурвич, И. Б. Оценка предельного технического состояния двигателей на основе ускоренных стендовых испытаний [Текст] / И. Б. Гурвич, В. И. Чумак, А. П. Егорова // Автомобильная промышленность. – 1972. – №8. – С. 6-9.
8. Михлин, В. М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники [Текст] / В. М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 186 с.
9. Чумак, В. И. Пути повышения народнохозяйственной эффективности производства и эксплуатации двигателей [Текст] / В. И. Чумак // Автомобильная промышленность. – 1983. – №1. – С. 2-4.
10. Чумак, В. И. Разработка метода оценки ресурса подвижных сопряжений ДВС на основе физической модели изнашивания [Текст] / В. И. Чумак // Двигателестроение. – 1987. – №12. – С. 9-11,31.
11. Покращення організації технічного обслуговування та поточного ремонту тягового рухомого складу в післянормативний термін його використання [Текст] / О. С. Крашенінін, О. О. Шапатіна, Ю. В. Черняк [та ін.] // Транспортні інновації. – К., 2011. – № 9. – С. 26-28.
12. Оценка периодичности технического обслуживания и ремонта в период посленормативных сроков эксплуатации ТПС [Текст] / А. С. Крашенінін, О. А. Шапатіна, С. А. Матвиенко, К. А. Зезюлин // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – 2011. – Вип. 128. – С. 165-167.
13. Крашенінін, О. С. Оцінка ефективності системи подовження терміну служби ТРС більш нормативного і оновлення експлуатаційного парку [Текст] / О. С. Крашенінін, П. О. Харламов // Вісник Східноукраїнського університету ім. Володимира Даля: науковий журнал. – Луганськ, 2012. – № 3(174). – С. 109-113.
14. Parada Puig, J.E., Basten, R.J.I. and L.A.M. van Dongen Investigating maintenance decisions during initial fielding of rolling stock [Text] // Selection and peer-review under responsibility of the International Scientific Committee of the “2nd International Through-life Engineering Services Conference” and the Programme Chair – Ashutosh Tiwari. Procedia CIRP 11, 2013. – P. 199-203.
15. Aghil Rezaei Somarin, Songlin Chen, Sobhan Asian, David Z.W. Wang. A heuristic stock allocation rule for repairable service parts // International Journal of Production Economics. Vol. 184, 2017. - P. 131-140.

Крашенінін Олександр Семенович, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. 730-19-99. E-mail: alsem1512@gmail.com.
Одгов Микола Миколайович, старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. E-mail: 8084214@ukr.net.

Krashenin Olexandr Semenovych, doctor of technical sciences, professor, department of exploitation and repair of rolling stock Ukrainian State Academy of Railway Transport.

Odiehov Mykola, senior lecturer power engineering, electrical engineering and electromechanics, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. 730-10-74. E-mail: 8084214@ukr.net.

Стаття прийнята 05.10.2017 р.