

УДК 629.424.1

О.В. Клименко

*(викладач кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу»
Українського державного університету залізничного транспорту)*

А.П. Фалендиш, д.т.н., професор

*(професор, завідувач кафедри Теплотехніка та теплові двигуни
Українського державного університету залізничного транспорту)*

В.О. Гатченко, к.т.н., доцент

*(доцент кафедри «Тяговий рухомий склад залізниць» Державного
університету інфраструктури та технологій)*

М.А. Барибін

*(аспірант кафедри Теплотехніка та теплові двигуни Українського
державного університету залізничного транспорту)*

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ МІЖРЕМОНТНИХ ПРОБІГІВ ДЛЯ МОДЕРНІЗОВАНИХ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ ЧМЕЗ

У статті розглянуті питання визначення раціональних міжремонтних пробігів та застосування автоматизованої системи комп'ютерного моделювання сітьових норм. Встановлені основні параметри раціональної системи технічного обслуговування та ремонтів для конкретних умов експлуатації, що дадуть змогу раціонально використовувати економічні ресурси.

Ключові слова: *автоматична система, міжремонтний пробіг, технологія обслуговування та ремонту, маневровий локомотив.*

Вступ. При експлуатації маневрових тепловозів ступінь їх використання і режим роботи не однакові. Внаслідок цього частина тепловозів ставиться на технічний огляд (ТО) або поточний ремонт (ПР) з недовикористаним ресурсом окремих складальних одиниць або деталей, а інша частина – з перепробігом. Несвоєчасна постановка тепловозів призводить до погіршення технічного стану та збільшення витрат на виконання ремонтних і профілактичних робіт.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Ряд фахівців присвятив питанню визначення раціональної системи технології обслуговування та ремонту рухомого складу багато публікацій. Дослідження Четвергова В.А. [1] сформулювали підхід до встановлення оптимальної структури системи технічного обслуговування та ремонту на основі статистичних даних та аналізу надійності вузлів локомотива. Критерієм оптимізації обраний коефіцієнт технічного використання або коефіцієнт ремонтємності. При цьому не враховується економічна доцільність.

DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-1-2

Серед останніх праць по визначенню ефективної системи технічної експлуатації слід відмітити роботи Крашенініна О.С. [2], в якій сформульовані основні напрямки та методика розрахунку збереження економічної та технічної доцільності продовження терміну експлуатації рухомого складу та визначення ефективності роботи технічної експлуатації проводити за коефіцієнтом готовності з врахуванням фактичної організації системи ремонту.

Одним з основних напрямків поліпшення та стабілізації стану локомотивного парку штатних та модернізованих маневрових локомотивів є покращення технічного обслуговування та ремонту рухомого складу, що досягається в основному удосконаленням методів розрахунку параметрів системи технічного утримування локомотивів [3-15].

Таким чином, в розглянутих роботах проведено суттєве дослідження з покращення системи технічного обслуговування та ремонту та спроби визначення оптимальної системи технічного обслуговування та ремонту за окремими критеріями. Але на жаль в даних роботах не розглядаються автоматизовані системи вибору раціональних пробігів між ремонтами з урахуванням регіону та умов експлуатації.

Мета і завдання дослідження. Розробити автоматизовану систему встановлення раціональної системи технічного обслуговування та ремонту модернізованих маневрових локомотивів ЧМЕЗМ (П).

Матеріал та методи дослідження. Для вирішення проблеми визначення раціональних міжремонтних пробігів для модернізованих маневрових тепловозів ЧМЕЗ пропонується автоматизована система, алгоритм роботи якої та робоче вікно представлені на рисунках 1 та 2.



Рис. 1. Алгоритм роботи автоматизованої системи визначення міжремонтних пробігів

Рис. 2. Робоче вікно алгоритму роботи автоматизованої системи визначення міжремонтних пробігів

Пропонується весь період перебування тепловоза в експлуатації розбити на інтервали відповідно до поділу терміну служби на ремонтні цикли і для кожного встановити коефіцієнт, що враховує "вік" тепловозного парку ($K_{B.T.}$). Для технічних цілей [5, 6] здійснено районування території країни з використанням середньомісячної температури і відносної вологості повітря.

У загальному вигляді зв'язок між середньосітьовою нормою міжремонтного періоду L_C і раціональної L_P можна представити наступним співвідношенням:

$$\frac{L_C}{L_P} = \frac{\prod_{i=1}^n f_i(x_i)}{\prod_{i=1}^n \varphi_i(x_i)}, \quad (1)$$

де $f_i(x_i)$ та $\varphi_i(x_i)$ – відповідно функції, що характеризують середньосітьову і конкретні умови експлуатації.

Вираз (1) для одного окремо взятого фактора являє собою коефіцієнт, що оцінює співвідношення між дією даного чинника в середньосітьових і конкретних умовах експлуатації:

$$k_{xi} = \frac{\varphi_i(x_i)}{f_i(x_i)}. \quad (2)$$

Тоді рівняння коригування для конкретних умов експлуатації прийме вигляд:

$$L_P = k_{x1} \cdot k_{x2} \cdot \dots \cdot k_{xn} \cdot L_C, \quad (3)$$

Передбачається, що чим більше питома кількість непланових ремонтів у відповідному роді служби, тим менше повинна бути норма міжремонтного періоду.

Пропонується наступний вираз для визначення коефіцієнта, який враховує рід служби тепловозів:

$$K_{p.c.}^i = K'_{p.c.} + \Delta K_{p.c.}, \quad (4)$$

де $K_{p.c.}^i$ – значення коефіцієнта в i -му роді служби;

$K'_{p.c.} = 1$ – базове значення коефіцієнта;

$\Delta K_{p.c.}$ – величина, що характеризує співвідношення між n'_{np} і n_{np}^i .

$$\Delta K_{p.c.} = \frac{|n'_{np} - n_{np}^i|}{n'_{np}}, \quad (5)$$

де n'_{np} і n^i_{np} – відповідно питома кількість непланових ремонтів у базовому та і-му роді служби тепловозів.

Розмірність будь-якої фізичної величини можна виразити через добуток зведених в ступінь розмірностей первинних величин. Для проведення дослідження обрані три первинні величини – довжина $[L]$, маса $[M]$ та час $[T]$. Рівняння розмірності фізичної величини для даного випадку має вигляд:

$$[P_i] = [L]^{\lambda_i} \cdot [M]^{\mu_i} \cdot [T]^{\tau_i}, \quad (6)$$

де $[P_i]$ – розмірність і-ї величини;

λ_i, μ_i, τ_i – показники ступеня розмірностей первинних величин.

Використовуючи формули розмірностей, встановлюються критерії подібності (комплекси безрозмірних величин), що представляють собою добуток різних ступенів цих величин. З урахуванням виразу (6) дане визначення прийме вигляд:

$$P = [L]^{(\lambda_1 Z_1 + \lambda_2 Z_2 + \dots + \lambda_n Z_n)} \cdot [M]^{(\mu_1 Z_1 + \mu_2 Z_2 + \dots + \mu_n Z_n)} \cdot [T]^{(\tau_1 Z_1 + \tau_2 Z_2 + \dots + \tau_n Z_n)}, \quad (7)$$

де P – критерій подібності;

Z_1, Z_2, \dots, Z_n – показники ступеня безрозмірних величин.

Виходячи з того, що P є величиною нульової розмірності значення Z_1, Z_2, \dots, Z_n визначені шляхом рішення системи рівнянь з урахуванням показників ступенів розмірностей первинних величин λ_i, μ_i, τ_i

$$\begin{cases} Z_1 + Z_2 + Z_3 + 2Z_4 - 2Z_5 + Z_6 = 0 \\ Z_1 + Z_2 + Z_4 = 0 \\ -2Z_1 - 2Z_2 - Z_3 - 3Z_4 + 2Z_5 = 0 \end{cases}. \quad (8)$$

З урахуванням (8) і таблиці 2 значення P представлені у вигляді [5]

$$P_1 = p_1^{Z_1} \cdot p_3^{Z_3} \cdot p_4^{Z_4} = \frac{F_K \cdot V_P}{N_e} \quad (9)$$

$$P_2 = p_1^{Z_1} \cdot p_2^{Z_2} = \frac{F_K}{P_T} \quad (10)$$

$$P_3 = p_1^{Z_1} \cdot p_2^{Z_2} \cdot p_3^{Z_3} \cdot p_5^{Z_5} = \frac{P_T \cdot V_P^2 \cdot q_e}{F_K} \quad (11)$$

Зазвичай в депо тепловози мають різні пробіги від початку експлуатації. При встановленні L_p необхідно враховувати середній «вік» тепловозного парку. Для цього весь парк депо можна розбити на «вікові» групи і для кожної встановити своє значення $K_{B.T.}$ по виразу

$$K_{B.T.}^{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \cdot K_{B.T.i}}{\sum_{i=1}^N N_i} = \sum_{i=1}^N \delta N_i \cdot K_{B.T.i} \quad (12)$$

де N_i – кількість тепловозів в i -й віковій групі;

δN_i – питома вага i -ї групи тепловозів у структурі парку.

За допомогою $K_{B.T.}$ можна здійснювати коригування L_C для окремих груп тепловозів.

Для оцінки впливу кліматичних факторів на технічний стан тепловозів при встановленні L_p використані два умовних показника, які характеризують комплексний вплив основних кліматичних особливостей регіонів, значення їх визначаються в балах технічної жорсткості [6]:

$$N_{к.х} = (t_{min\,cp.} + 0,25t_{min\,abc}) \cdot (1 + 0,015\sigma_x) \cdot (1 + 0,07V_x) \cdot (1 + 0,26\varphi_x) \cdot (1 + 0,014n_{T.M.}) \cdot (1 + 0,022\tau_x) \quad (13)$$

$$S_{к.с} = (0,55t_{max\,cp.} + 0,20t_{max\,abc}) \cdot (1 + 0,0075\sigma_T) \cdot (1 + 0,07V_T) \cdot \left(1 + \frac{0,08}{\varphi_T}\right) \cdot (1 + 0,009n_{б.Т.}) \cdot (1 + 0,012\tau_T) \quad (14)$$

де $N_{к.х}$ і $S_{к.с}$ – відповідно технічна жорсткість холодного і жаркого сухого клімату;

$t_{min\,cp.}$, $t_{max\,cp.}$, $t_{min\,abc}$, $t_{max\,abc}$ – відповідно середні значення середніх мінімальних і максимальних температур та значення абсолютного мінімуму і максимуму повітря за три найбільш холодних і теплих місяці;

σ_x і σ_T – відповідно середні неперіодичні амплітуди добових коливань температури повітря за три найбільш холодних і теплих місяці;

V_x і V_T – відповідно середня швидкість вітру за три найбільш холодних і теплих місяці;

φ_x і φ_T – відповідно середні значення відносної вологості повітря за три найбільш холодних і теплих місяці (в частках одиниці);

$n_{T.M.}$ – середнє значення за місяць числа днів з туманом і хуртовиною за три найбільш холодних місяці;

$n_{6,T}$ – середня за місяць число днів з пиловою бурєю і туманом за три найбільш теплий місяці;

τ_x і τ_T – тривалість дії в місяцях середньої температури повітря вище 0 °С.

Величина що враховує в основному величину розрахункового підйому (i_p) і частину елементів профілю колії з ухилами від - 3‰ до + 3‰ в загальній протяжності досліджуваної дільниці та план шляху (радіус і протяжність кривих ділянок - іменується коефіцієнтом трудності профілю (K_T), який використовується при нормуванні витрати палива на тягу поїздів [11]:

$$K_T = 1 + (0,705 - 0,00452V_T) \cdot (0,3i_p^{0,7} - 0,85). \quad (15)$$

Розрахунок $\Delta K_{p.c.}$ виконаний з використанням даних «ВНИИЖТа» по експлуатаційній надійності тепловозів наведений в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку

Рід служби	$n_{np}, 1/10^6$ Н/кН	$K'_{p.c.}$	$\Delta K_{p.c.}^i$	$K_{p.c.}$
Вивізна	12	1,0	0,8	1,8
Маневрова	5	1,0	0,9	1,9

Отримані значення $K_{p.c.}$ можна використовувати для попереднього розрахунку L_p . В подальшому передбачається коригування чисельності значень $K_{p.c.}$ з урахуванням зміни технічного стану тепловозного парку маневрових локомотивів.

Розрахунки за критеріями $\frac{F_K}{P_T}$ та $\frac{P_T \cdot V_P^2 \cdot q_e}{F_K}$ для маневрових тепловозів показали – різниця між отриманими значеннями критеріїв не перевищувала – 5%, що свідчить про правильність підходу до визначення значень Π і застосуванні теорії подібності і розмірностей. Результати розрахунку кількісних значень критеріїв подібності наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати розрахунку Π_2 та Π_3 для маневрових тепловозів ЧМЕЗ та ЧМЕЗП

Рід служби	Серія тепловоза	Π_2	Π_3
Маневрова	ЧМЕЗ	0,19	11,8
	ЧМЕЗП	0,22	14,7

Різниця отриманих значень P_2 і P_3 пов'язана з особливостями їх конструктивного виконання.

Залежно від чисельних значень критеріїв подібності тепловози розподілені на групи. При введенні в експлуатацію нових локомотивів після розрахунку критеріїв подібності можна тепловози віднести до певної групи і встановити для них L_C .

Однак, встановлення однозначної відповідності між $K_{c.m.}$ (коефіцієнт, що враховує серію тепловоза) і критеріями подібності (P_2 і P_3) що характеризують техніко-економічні параметри тепловозів утруднено у зв'язку з тим, що крім рівня надійності, закладеного при проектуванні і виготовленні, на тепловоз, окремі складальні одиниці і деталі діє ряд факторів експлуатаційного характеру.

Протягом терміну служби для тепловозів типу ЧМЕ 3 передбачається в системі ТОР проведення чотири КР двох видів (рисунок 3). Використовуючи допустимі межі зміни L_C , диференційовані міжремонтні періоди для п'яти інтервалів ремонтних циклів, значення $K_{в.т.}$ рівномірно розподілені пропорційно зростанню пробігу тепловоза від початку експлуатації (середнього "віку" тепловозного парку). Пропоновані чисельні значення $K_{в.т.}$ приведені на рисунку 4.

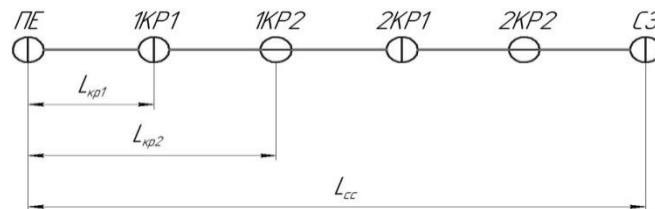


Рис. 3. Система капітальних ремонтів тепловозів

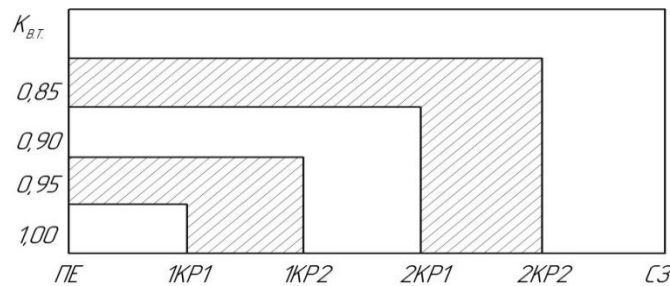


Рис. 4. Зміна $K_{в.т.}$ протягом терміну служби тепловозів

Відповідно з виразами (13 та 14) вироблено поділ території країни на три зони технічної жорсткості клімату (табл. 3). Кожній зоні технічної жорсткості відповідає певне значення $K_{п.у.}$ (рис. 5, 6).

Використання пропонованого кліматичного районування дозволить коректувати L_C з урахуванням кліматичних особливостей конкретних умов експлуатації тепловозів.

Таблиця 3. Характеристика зон технічної жорсткості клімату

Характеристика клімату	Бали технічної жорсткості	
	$N_{к.х}$	$S_{к.с}$
Маложорсткий (М)	0...30	0...15
Помірно жорсткий (УЖ)	31...60	16...25
Жорсткий (Ж)	61...90	26...35

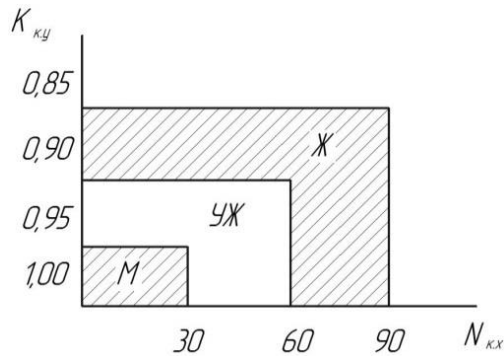


Рис. 5. Значення $K_{п.у.}$ для зон технічної жорсткості холодного клімату

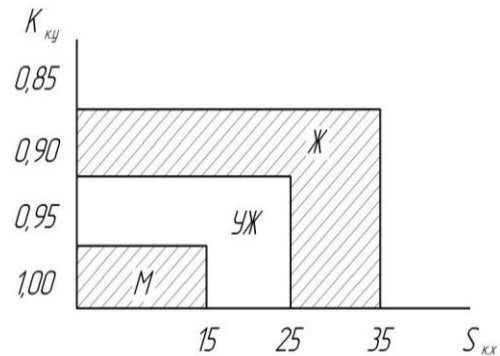


Рис. 6. Значення для зон технічної жорсткості жаркого сухого клімату

Розрахунки за формулою (15) для різних значень i_p при зміні $V_T = 25...70$ км/год показали, що чисельне значення технічної швидкості не робить впливу на результат обчислення, похибка не перевищувала 3%. Тому, для подальших розрахунків прийнято постійне $V_T = 40$ км/год, яке відповідає середньосітовому значенню для маневрових локомотивів з вагонами, що причеплені позаду.

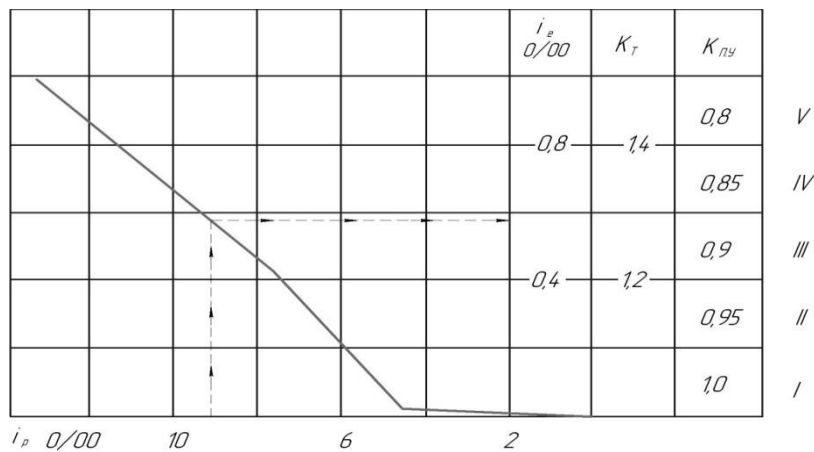


Рис. 7. Номограма для визначення $K_{п.у.}$

На підставі розрахунку K_T запропоновано класифікацію колійних умов, згідно з якою всі ділянки мережі залізниць розбиті на п'ять категорій труднощі і кожній відповідає певне значення коефіцієнта, що враховує вплив колійних умов ($K_{Л.У.}$). Для користування номограмою (рисунок 7) необхідно тільки значення i_p , за допомогою якого можна визначити i_e , K_T , $K_{Л.У.}$ та таким чином отримати величину коефіцієнта корегування L_C з урахуванням шляхових умов на ділянці обороту тепловозів. Корегування L_P з урахуванням шляхових умов виконана пропорційно підвищенню труднощі ділянок обороту, використовуючи допустимі відхилення L_C .

Використання запропонованої класифікації дозволить встановлювати L_P з урахуванням шляхових умов конкретної ділянки обороту тепловозів. По розробленій методиці були визначені раціональні міжремонтні пробіги для модернізованих тепловозів ЧМЕЗМ (П) при експлуатації їх в умовах роботи на станціях Донецької залізниці.

Висновки. Запропоновано автоматизовану систему вибору раціональних міжремонтних пробігів. Вона на основі комп'ютерних розрахунків дозволяє визначити раціональні пробіги між ТО та ПР модернізованих тепловозів типу ЧМЕЗ. Розрахункова частина автоматизованої системи базується на розробленій методиці визначення раціональної системи технічного обслуговування та ремонту модернізованих маневрових тепловозів серії ЧМЕЗП для конкретних умов експлуатації. Для модернізованого тепловозу ЧМЕЗП встановлено чисельні значення коефіцієнтів коригування середньо сітєвих норм міжремонтних пробігів при роботі його в умовах донецької залізниці. В подальшому доцільно впровадити дану автоматизовану систему визначення раціональних міжремонтних пробігів у АРМ локомотивного господарства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Четвергов В.А., Овчаренко С.М., Бухтеев В.Ф. Техническая диагностика локомотивов: учеб. пособие для специалистов. Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. 371 с.
2. Крашенинін О.С. Розвиток наукових основ визначення системи утримання локомотивів при подовженні терміну експлуатації понад нормативний: дис. д-ра техн. наук: 05.22.07. УкрДАЗТ. Харків, 2013. 380 с.
3. Киселев В.И., Лакин Н.И. Новые тенденции в автоматизации управления локомотиворемонтным комплексом // Локомотив, 2017. № 11 с. 8-9.
4. Руднев В.С. Основы эксплуатации локомотивов: основы организации технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО «РЖД» // Локомотив, 2017. № 11 с. 31-35.
5. Осадчий В.Л., Бабіченко В.М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату // Український географічний журнал. 2013, № 4 с. 32-39.
6. Кравченко В.М., Ищенко А.А., Сидоров В.А., Буцукин В.В. Эксплуатация и обслуживание машин. Донецк, 2014. 532 с.
7. Гартаковский Э.Д., Фалендыш А.П., Калабухин Ю.Е., Грищенко С.Г. Оценка жизненного цикла // Локомотив-информ: научный журнал. 2013, №2 (80). С.56-60.
8. Фалендиш А.П., Сумцов А. Л., Артеменко О. В., Клецька О. В. Моделирование зміни коефіцієнту технічного використання маневрового тепловозу для різних систем утримання // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2016, №1/3 (79). С.24-31.
9. Сумцов А.Л. Удосконалення методів та моделей визначення системи технічної експлуатації модернізованих маневрових тепловозів: автореф. дис. на соиск. учен. степ. Канд. техн. наук : 05.22.07. Харків, 2017. 20 с.

10. Фалендиш А.П., Сумцов А.Л., Артеменко О.В. Програмний комплекс вибору системи технічної експлуатації маневрового тепловозу // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016., №1. С.54-61.
11. Черемисин В.Т. Роль информационных технологий в обеспечении надежности локомотива. // Локомотив. 2017, № 9 с. 2-4.
12. Song H., Schnieder E. Evaluating Fault Tree by means of Colored Petri nets to analyze the railway system dependability // Safety Science Volume 110, December 2018, pp 313-323.
13. Navas M.A., Sancho C., Carpio J. Reliability analysis in railway repairable systems // International Journal of Quality and Reliability Management. 2017, №34 (8). pp 1373-1398.
14. Garmabaki A.H.S., Ahmadi A., Block J., Pham H., Kumar U. Reliability A reliability decision framework for multiple repairable units // Engineering and System Safety. 2016, №150, pp 78-88.
15. Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: материалы второй международной научно-практической конференции. Москва: ООО «ТМХ-Сервис». 2015, 415 с.

REFERENCES

1. Chetvergov, V.A., Ovcharenko, S.M., & Bukhteev, V.F. (2014). *Tekhnicheskaya diagnostika lokomotivov: ucheb. posobie dlya spetsialistov. [Technical diagnosis of locomotives: studies. manual for professionals.]* Moscow: Federal State Budget Educational Establishment "Educational and Methodical Center for Education in Railway Transport" [in Russian].
2. Krashenin, O.S. (2013). *Rozvytok naukovykh osnov vyznachennya systemy utrymannya lokomotyviv pry podvzhenni terminu ekspluatatsiyi ponad normatyvnyy [The development of the foundations of the foundations of the founding of the system and the utmost of the locomotives in case of a podvzhenni terminu ikpluatatsii ponad normativniy]* Doctor's thesis. Kharkiv [in Ukraine].
3. Kiselev, V.I., & Lakin, N.I. (2017). *Novyye tendentsii v avtomatizatsii upravleniya lokomotivoremontnyim kompleksom [New trends in automation of locomotive repair complex management].* Lokomotiv - Lokomotiv, 11, 8-9 [in Russian].
4. Rudnev, V.S. (2017) *Osnovyi ekspluatatsii lokomotivov: osnovyi organizatsii tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta lokomotivov OAO «RZhD» [Fundamentals of Locomotive Operation: Fundamentals of the Organization of Maintenance and Repair of Locomotives of Russian Railways].* Lokomotiv - Lokomotiv, 11, 31-35 [in Russian].
5. Osadchy, V.I., & Babichenko, V.M. (2013). *Temperatura povitrya na terytoriyi Ukrayiny v suchasnykh umovakh klimatu [The temperature of the surface in Ukraine's territory is in the minds of the climate].* Ukrayins'kyi heohrafichnyy zhurnal - Ukrainian Geography Journal, 4, 32-39 [in Ukraine].
6. Kravchenko, V.M., Ishchenko, A.A., Sidorov, V.A., & Butsukin, V.V. (2014). *Ekspluatatsiya i obsluzhivanie mashin [Operation and maintenance of machines].* Donetsk [in Ukraine].
7. Tartakovsky, E.D., Falendysh, A.P., Kalabukhin, Y.E., & Grishchenko, S.G. (2013). *Otsenka zhiznennogo tsikla [Life cycle assessment].* Lokomotiv-inform: nauchnyy zhurnal - Lokomotiv-inform: a scientific journal, 2, 80, 56-60 [in Russian].
8. Falendish, A.P., Sumtsov, A.L., Artemenko, O.V., & Kletska, O.V. (2016). *Modelyuvannya zminy koefitsiyentu tekhnichnoho vykorystannya manevrovoho teplovozu dlya riznykh system utrymannya [Simulation of the change in the coefficient of technical use of shunting diesel locomotive for different containment systems].* Vostochno-evropeyskyy zhurnal peredovykh tekhnolohyy - East European Journal of Advanced Technologies, 1, 3, 79, 24-31 [in Ukraine].
9. Sumtsov, A.L. (2017). *Udoskonalennya metodiv ta modeley vyznachennya systemy tekhnichnoyi ekspluatatsiyi modernizovanykh manevrovyykh teplovoziv [Adaptation of the method of models for the design of systems and technical operations of modernized diesel locomotives].* Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv [in Ukraine].
10. Falendish, A.P., Sumtsov, A.L., & Artemenko, O.V. (2016). *Prohramnyy kompleks vyboru systemy tekhnichnoyi ekspluatatsiyi manevrovoho teplovozu [Program complex for the system and technical operation of a shunting diesel locomotive].* Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti - Information system-test system on a railway transport, 1, 54-61 [in Ukraine].
11. Cheremisin, V.T. (2017). *Rol informatsionnykh tekhnologiy v obespechenii nadezhnosti lokomotiva [The role of information technology in ensuring the reliability of the locomotive].* Locomotiv - Locomotive, 9, 2-4 [in Russian].
12. Songs, H., Schnieder, E. (2018). *Evaluating the Fence Tree to analyze the railway system dependability.* Safety Science Volume 110, 313-323 [in United Kingdom].

13. Navas, M.A., Sancho, C., Carpio, J. (2017). *Reliability analysis in railway repairable systems*. International Journal of Quality and Reliability Management, 34, 8, 1373-1398 [in United Kingdom].

14. Garmabaki, A.H.S., Ahmadi, A., Block, J., Pham, H., & Kumar U.(2016). *Reliability A reliability decision framework for multiple repairable units*. Engineering and System Safety, 150, pp 78-88 [in United Kingdom].

15. ООО «ТМН-Servis» (2015). *Perspektivyi razvitiya servisnogo obsluzhivaniya lokomotivov [Prospects for the development of servicing locomotives]*. Materialyi vtoroy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: ООО «ТМН-Servis» - materials of the second international scientific-practical conference: ТМН-Service LLC. Moscov: 415 [in Russian].

А.В. Клименко

(преподаватель кафедры «Эксплуатация и ремонт подвижного состава» Украинского государственного университета железнодорожного транспорта)

А.П. Фалендыш, д.т.н.

(профессор, заведующий кафедры Теплотехника и тепловые двигатели Украинского государственного университета железнодорожного транспорта)

В.А. Гатченко, к.т.н., доцент

(Доцент кафедры «Тяговый подвижной состав железных дорог» Государственного университета инфраструктуры и технологий)

Н.А. Барыбин

(аспирант кафедры Теплотехника и тепловые двигатели Украинского государственного университета железнодорожного транспорта)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖРЕМОНТНЫХ ПРОБЕГОВ ДЛЯ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ ЧМЭЗ

В статье рассмотрены вопросы определения рациональных межремонтных пробегов и применения автоматизированной системы компьютерного моделирования сетевых норм. Установлены основные параметры рациональной системы технического обслуживания и ремонтов для конкретных условий эксплуатации, что позволит рационально использовать экономические ресурсы.

Ключевые слова: *автоматическая система, межремонтный пробег, технология обслуживания и ремонта, маневровый локомотив*

O.V. Klimenko

(lecturer of the Department of Exploitation and Repair of Rolling Stock of the Ukrainian State University of Railway Transport)

A.P. Falendysh, Doctor of Technical Sciences.

(Professor, Head of the Department of Thermal Engineering and Thermal Engines of the Ukrainian State University of Railway Transport)

V.O. Hatchchenko, Ph.D., Associate Professor

(assistant professor of the Traction Rolling Stock of the Department of the State University of Infrastructure and Technologies)

M.A. Barybin

(post-graduate student of the Department of Heat Engineering and Heat Engines of the Ukrainian State University of Railway Transport)

AUTOMATED SYSTEM OF DEFINITION OF INTER-REPAIRS FOR MODERNIZED SHUNTING DIESEL LOCOMOTIVES CHME3

In the article the questions of definition of rational inter-repair runs and application of the automated system of computer simulation of network norms are considered. This makes it possible to make full use of the resource of the components and parts of the locomotive, as well as to reduce the rises for maintenance and repair. The untimely setting of locomotive results in a deterioration of its technical condition and an increase in the cost of repair and preventive maintenance. The division of the territory of Ukraine according to the climatic conditions of operation of rolling stock and the rigidity of the service condition of the service should be proposed in order to increase the reliability of trouble-free operation. The approach to establishing the optimal structure of maintenance and repair system based on statistical data and analysis of the reliability of locomotive nodes is formulated. The basic parameters of the rational system of maintenance and repair for the specific operating conditions have been found, the numerical values of the correction factors confirmed by experimental operation of the locomotives of the ChME 3 (P) series on the Ukrzaliznytsia network have been theoretically determined, which allow the rational use of economic resources.

Keywords: *automatic system, inter-repair mileage, technology of maintenance and repair, maneuver locomotive.*