

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.42.083

О. С. КРАШЕНІНІН^{1*}

^{1*}Каф. «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, площа Фейєрбаха, 7, Україна, 61050, тел. + 38 (057) 730 19 99, ел. пошта info@kart.edu.ua, ORCID 0000-0001-5079-5903

ВПЛИВ НАПРАЦЮВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ НА КОРЕКТУВАННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ

Мета. Основною метою статті є доведення доцільності та необхідності коректування періодичності й обсягів технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) локомотивів при наблизенні та перевищенні нормативного терміну їх експлуатації. **Методика.** У зв'язку з фізичним і моральним зносом рухомого складу в сучасних умовах найважливішим напрямком забезпечення ефективності роботи залізничного транспорту в перспективі є раціональне використання експлуатованого рухомого складу в межах призначеного та подовженого термінів служби. При цьому подовження терміну експлуатації локомотивів повинно здійснюватися шляхом дотримання оптимального співвідношення заходів по коригуванню термінів і технології ТО, ПР і підготовки ремонтної бази. У статті наведено складові залежностей, що формують обсяги робіт по ТО, ПР за часом експлуатації. Шляхом моделювання їх змін побудовані графічні залежності, які реалізують коректування системи утримання тягового рухомого складу (ТРС) у понаднормативний період. У ході дослідження було виявлено, що динаміка процесів зміни необхідних витрат на ТО, ПР зростає. Показано, що, в умовах старіння локомотивного парку та ремонтної бази локомотивного господарства, виникла ситуація, яка є критичною для залізничного транспорту України. У зв'язку з цим, вимушено, на кінець експлуатації обсяг робіт щодо рекомендованих правил ремонту дещо збільшується. Коли локомотив новий або після капітального ремонту – відхилення від нормативного пробігу при жорсткому дотриманні ремонтних вимог (відповідність технічним нормативам) не перевищує норми. Однак, коли нормативний термін вичерпується, дотримувати ці норми не вдається. З наведених даних встановлено, що чим більше кількість ТО, ПР і непланового ремонту (НР) в ремонтному циклі, тим більше зусиль потрібно докладати для забезпечення кратності пробігів між плановими ТО, ПР. Доцільно частіше проводити ремонтні роботи, що забезпечують менші витрати на утримання локомотивів. **Результати.** Отримані значення ефективності утримання ТРС для різних тактик їх підтримки. **Наукова новизна.** Теоретично показана необхідність коректування термінів і технологій ТО, ПР ТРС при подовженні терміну їх експлуатації. **Практична значимість.** Отримані результати дозволяють підвищити ефективність використання ТРС із оптимальними витратами.

Ключові слова: технічне обслуговування; поточний ремонт; тяговий рухомий склад; локомотив; після-нормативний термін експлуатації

Вступ

Практикою експлуатації магістральних локомотивів встановлено, що фактично періодичність ТО для локомотивів в період добігання нормативного терміну систематично зменшується. Тобто планова періодичність ТО практично

не виконується, вона здійснюється диференційовано залежно від загальної наробки. Фактично здійснюється стихійний період до обслуговування локомотивів за потреби [1, 2, 6, 15, 17].

Питанням визначення та поліпшення техніко-економічних показників функціонування тя-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

гового рухомого складу приділяється багато уваги. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались і виконуються в таких наукових організаціях, як: Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України», Українська державна академія залізничного транспорту, Східноукраїнський національний університет «ХП», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля та ін.

Питання підвищення техніко-економічних показників роботи залізничного транспорту впровадження ресурсозберігаючих технологій висвітлені в дослідженнях Данька М. І., Бутько Т. В., Ломотька Д. В. та ін.

Розробці і розвитку основних принципів теорії надійності, оптимізації технічного обслуговування і ремонту рухомого складу присвячені роботи Бабаніна О.Б., Басова Г.Г., Дьоміна Ю.В., Калабухіна Ю.Є., Капіци М.І., Мороза В.І., Тартаковського Е.Д., Устенко О.В., Фалендиша А.П. та інших авторів.

Питанням визначення витрат життєвого циклу локомотивів залізничного транспорту присвячені роботи Павлова Л. Н., Подшивалова А. Б., Осяєва А. Г., Соколова Ю. І., Вавилова Н. Є., Іванової Н. Т. та ін.

Мета

Показати залежність кратності міжремонтних пробігів та витрат на утримання локомотивів в період понаднормативного використання. Доцільність зменшення міжремонтних пробігів.

Методика

Нові економічні умови, в яких функціонують підприємства локомотивного господарства, зумовлюють необхідність більш ретельної оцінки економічної складової терміну експлуатації локомотивів, що пов'язано з оцінкою ціни їх життєвого циклу. Експлуатація будь-якого локомотива потребує визначення разових і поточних витрат, що розділені в часі. Термін цих витрат і визначає «життєвий цикл» (ЖЦ).

За нинішніх умов актуальною стає задача для діючих та нових локомотивів визначити наукові підходи щодо обґрунтування технології ТО, ПР, коли термін експлуатації локомотивів

наближається до нормативного або досяг його. Це означає можливість коректування ЖЦ локомотивів з точки зору економічно обґрунтованого нормативного терміну експлуатації і відповідної стратегії ТО, ПР [18, 16].

Розглянемо графічну інтерпретацію доцільності здійснення технологічних заходів щодо організації технічного обслуговування або поточного ремонту обладнання для забезпечення умови кратності міжремонтних пробігів. Для цього побудуємо графічні залежності зміни витрат на виконання технологічних заходів за період експлуатації T , нехай за цей період технічний стан обладнання локомотива декілька разів потребує виконання профілактичних та відновлювальних робіт (рис. 1).

В разі дотримання вимог кратності міжремонтних пробігів доводиться з часом експлуатації коректувати обсяги робіт. Це зумовлено тим, що досягти пропорційної зміни параметра якогось обладнання неможливо. За умови різної інтенсивності використання обладнання локомотивів, зміни впливу навколишнього середовища, процесів старіння, які характерні в останній період експлуатації до списання. Якщо умовно уявити цей процес у вигляді лінійної залежності, то можна спостерігати, що динаміка процесів зміни необхідних витрат на ТО, ПР наростає. Графічно це полягає в збільшенні кута нахилу прямої за планові періоди t , тобто $t\alpha < tg\beta < tg\delta$.

Відповідно до цього, як видно з наведеного, на кінець експлуатації обсяг робіт відносно рекомендованих правилами ремонту дещо збільшується. Якщо в перший період вдається дотримуватися планових технічних заходів та навіть деякі виконувати умовно, то в наступні періоди спостерігається зростання додаткових робіт ΔC_i . Практика і аналіз обсягу додаткових робіт показує, що доводиться виконувати в деякі періоди 30 % і більше обсягу планових заходів. На рис. 1 це умовно позначено складовою ΔC_i , яка з часом має тенденцію росту. Це доводить, що досягти пропорційності міжремонтних пробігів вдається шляхом збільшення обсягів робіт з кожним наступним ТО, ПР. В загальному вигляді ці витрати можна спрощено навести у вигляді

$$\sum C_i = C_i + \sum_{i=1}^{n-1} (C_1 + i\Delta C_i) + \sum_{j=1}^m C_{HPj}, \quad (1)$$

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

де C_1 – витрати за плановою технологією; ΔC_i – середні додаткові витрати на наступний i – й вид ТО, ПР; n – кількість ТО, ПР в ремонтному циклі; C_{HPj} – витрати на НР на j – му інтервалі експлуатації; m – кількість НР.

Припустимо, що з кожним ТО або ПР $\Delta C_{i+1} = i \cdot \Delta C_i$, тоді

$$\sum C_i = nC_1 + (n-1)\Delta C_1 + mC_{HP}. \quad (2)$$

Слід відмітити, що кількість НР за багаторічними дослідженнями може складати до 30 % від планових ТО – З.

Тим самим підтверджується факт, що якість технічного обслуговування ТО – З багато в чому залежить від кваліфікації ремонтного персоналу та рівня організації виробництва. Приймати цей факт як остаточний можна з деякими припущеннями.

В розглянутому випадку це було визвано необхідністю привести до початкового рівня порівняння витрат для можливих варіантів організації і пробігів ТО, ПР. Так другий варіант приймається за умови, що поставлене завдання дотримуватися однакових витрат на ТО, ПР [3, 5, 8, 9].

Розглянемо декілька можливих варіантів, що забезпечують різну глибину виконання ТО, ПР,

які на рисунку позначені суцільною лінією, пунктирною і штрихпунктирною. В першому випадку приймається, що після першого ТО можливі такі варіанти глибини виконаних заходів:

а) суцільна лінія – глибина технологічних заходів як і для варіанта, коли дотримуються пропорційності міжремонтних пробігів, тобто рівень відновлення з ним співпадає;

б) штрихова лінія – рівень відновлення співпадає з попереднім, а далі зменшується;

в) штрихпунктирна лінія – рівень відновлення до глибини вихідного стану.

З наведених залежностей видно, що доводиться скорочувати міжремонтні періоди, що вимагає більш частого виконання ТО, зрозуміло, що варіанти б, в важко реалізувати, оскільки з часом технічний стан обладнання локомотива погіршується і виконувати глибоке відновлення проблематично за відведений термін [7, 10].

Слід відмітити, що деякий час, особливо коли локомотив новий або після капітального ремонту, відхилення від нормативного пробігу за жорсткого дотримання ремонтних вимог (відповідність технічним нормативам) не перевищує норми, що прийнята: $\pm 20\%$ від нормативного пробігу.

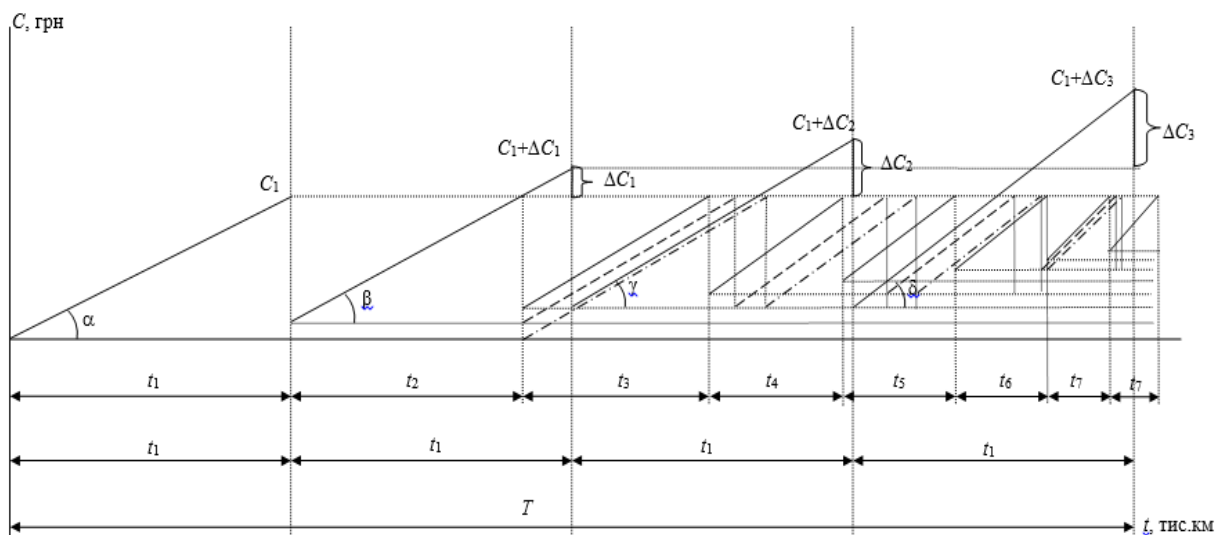
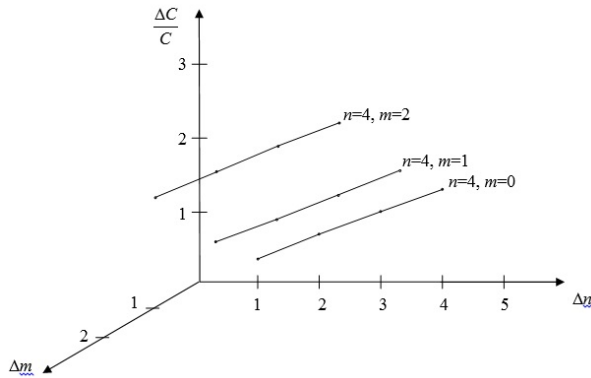


Рис. 1. Зміни витрат на утримання локомотивів для різних стратегій ТО, ПР:
 — діюча періодичність ТО, ПР; зкоректована періодичність ТО, ПР

Fig. 1. Changes in the cost of maintenance of locomotives for different maintenance strategies, current repair:
 — acting periodicity of maintenance, current repair; corrected periodicity of maintenance, current repair

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Рис. 2. Зміна приведених витрат залежності від Δn і Δm Fig. 2. Changes in the cost depending on Δn and Δm

Однак, коли нормативний час вичерпується, дотримуватися цих норм не вдається.

Відмітимо, що для варіанта *a* витрати на організацію ТО, ПР можна подати у вигляді

$$\sum C_{II} = \sum C_{a)} = n_1 C_1 + m_1 C_{HP}, \quad (3)$$

де n_1 , m_1 – відповідна кількість ТО, ПР і НР в ремонтному циклі.

Нехай за розглянутий період умова $\sum C_I = \sum C_{II}$.

В загальному вигляді

$$nC_1 + (n-1)\Delta C_1 + mC_{HP} = n_1 C_1 + m_1 C_{HP}. \quad (4)$$

Звідки

$$\begin{aligned} \Delta C_1 &= \frac{(n_1 - n)C_1 + (m_1 - m)C_{HP}}{n-1} = \\ &= \frac{\Delta n C_1 + \Delta m C_{HP}}{n-1}, \end{aligned} \quad (5)$$

де $\Delta n = n_1 - n$, $\Delta m = m_1 - m$, $\Delta n = 1 \div k$, $\Delta m = 0 \div l$

Умовно прийемо, хоча це не принципово, що $C_1 = C_{HP}$, тоді вираз зводиться до вигляду

$$\frac{\Delta C_1}{C_1} = \frac{\Delta n + \Delta m}{n-1}. \quad (6)$$

Це співвідношення дозволяє проаналізувати зміну приведених додаткових витрат в ремонтному циклі. В табл. 1 наведені розрахунки, а на рис. 2 залежність $\frac{\Delta C_1}{C_1} = f(\Delta n, \Delta m)$.

Таблиця 1

Table 1

Δn	$n = 3$			$n = 4$			$n = 5$		
	$\Delta m = 0$	$\Delta m = 1$	$\Delta m = 2$	$\Delta m = 0$	$\Delta m = 1$	$\Delta m = 2$	$\Delta m = 0$	$\Delta m = 1$	$\Delta m = 2$
1	0,5	1	1,5	0,3	0,67	1,3	0,25	0,5	0,75
2	1	1,5	2,0	0,67	1	1,67	0,5	0,75	1
3	1,5	2,0	2,5	1	1,33	2	0,75	1	1,25
4	2,0	2,5	3	1,3	1,67	2,3	1	1,25	1,5

З наведених залежностей видно, що чим більше Δn і Δm , тим більше зусиль треба докладати в забезпечення кратності пробігів між плановими ТО, ПР. І, чим менший загальний пробіг, тим складніше забезпечувати кратність міжремонтних пробігів. Тобто доцільно частіше виконувати ремонтні заходи, щоб забезпечити менші витрати на утримання локомотивів [2–5, 7].

Результати

Отримані значення ефективності утримання ТРС для різних тактик їх підтримки.

Наукова новизна та практична значимість

Теоретично показана необхідність коректування термінів і технології ТО, ПР ТРС при подовженні терміну їх експлуатації. Що також дозволяє підвищити ефективність використання ТРС з оптимальними витратами.

Висновки

1. Наведені залежності доводять той факт, що дотримання умови кратності міжремонтних пробігів цілком залежить від необхідності росту витрат на утримання локомотивів.

2. В період понаднормативного використання локомотивів це може призвести до значних і неефективних витрат. Тому необхідно коректувати пробіги в бік зменшення, що знизить втрати на утримання локомотивів за рахунок направлення зусиль на конкретні необхідні профілактичні заходи.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабанін, О. Б. Визначення раціональних періодів контролю технічного обладнання локомотивного депо / О. Б. Бабанін, В. М. Данько // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2010. – Вип. 113. – С. 68–75.
2. Байхельт, Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход / Ф. Байхельт, П. Франкен; пер. с нем. М. Г. Коновалова. – Москва : Радио и связь, 1988. – 390 с.
3. Боднар, Є. Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів / Є. Б. Боднар // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2014. – № 1 (49). – С. 68–74.
4. Болотин, В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В. В. Болотин. – Москва : Машиностроение, 1984. – 312 с.
5. Гринів, Ю. В. Методика оцінки терміну виробництва нового ТРС для заміни експлуатованого ТРС, ресурс якого наблизився до граничного / Ю. В. Гринів, О. С. Крашенінін, М. В. Максимов // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 133. – С. 247–250.
6. Козлов, Б. А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Б. А. Козлов, И. А. Ушаков. – Москва : Советское радио, 1975. – 472 с.
7. Крашенінін, О. С. Методика оцінки ефективності подовження терміну служби ТРС після досягнення нормативних термінів / О. С. Крашенінін, О. О. Шапатіна, О. М. Обозний // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2009. – Вип. 111. – С. 183–189.
8. Крашенінін, О. С. Модель розрахунку кількості ремонтів локомотивів з урахуванням імовірного розподілу їх пробігів / О. С. Крашенінін, А. П. Фалендиш // Вісн. Міжнар. Слов'янського ун-ту. Сер. «Техн. науки». – Харків, 2004. – Т. VII, № 2. – С. 33–35.
9. Крашенінін, О. С. Оцінка ефективності системи подовження терміну служби ТРС більш нормативного і оновлення експлуатаційного парку / О. С. Крашенінін, П. О. Харламов // Вісн. Східноукр. ун-ту ім. Володимира Даля. – Луганськ, 2012. – № 3 (174). – С. 109–113.
10. Михлин, В. М. Прогнозирование технического состояния машин / В. М. Михлин. – Москва : Колос, 1976. – 287 с.
11. Молчанов, В. В. Новые технологии и оборудования контроля и диагностирования железнодорожной техники / В. В. Молчанов, В. Г. Шахов // Известия Транссиба. – 2010. – № 4. – С. 116–120.
12. Оцінка показників ТО при подовженні терміну експлуатації ТРС по наробці / Е. Д. Тартаковський, О. В. Устенко, О. С. Крашенінін, О. М. Обозний // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 132. – С. 5–11.
13. Сухарев, Э. А. Теория эксплуатационной надежности машин. Лекционный курс / Э. А. Сухарев. – Рівне : УДАВГ, 1997. – 162 с.
14. Техническое обслуживание подвижного состава в странах Европы // Железные дороги мира. – 2009. – № 4. – С. 50–52.
15. Электроподвижной состав: эксплуатация, надежность, ремонт / под ред. А. Т. Головатого, П. И. Борцова. – Москва : Транспорт, 1983. – 350 с.
16. Cantos, P. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways / P. Cantos, J. M. Pastor, L. Serrano // J. of Transport and Statistics. – 2000. – Vol. 3, № 3. – P. 61–68.
17. Hughes, M. Cost and capacity drive high speed train design / M. Hughes // Railway Gazette International. – 2010. – № 5. – P. 37–39.
18. New technology center for temple mills train service Eurostar // Railway Gazette International. – 2008. – № 10. – P. 820–821.

А. С. КРАШЕНИНИН^{1*}

^{1*}Каф. «Эксплуатация и ремонт подвижного состава», Украинская государственная академия железного транспорта, площадь Фейербаха, 7, Харьков, Украина, 61050, тел. + 38 (057) 730 19 99, эл. почта info@kart.edu.ua, ORCID 0000-0001-5079-5903

ВЛИЯНИЕ НАРАБОТКИ ЛОКОМОТИВОВ НА КОРРЕКТИРОВАНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА

Цель. Основная цель работы – обосновать необходимость корректировки периодичности и объемов ТО (техническое обслуживание), ТР (текущий ремонт) локомотивов при приближении или превышении нормативного срока их эксплуатации. **Методика.** В связи с физическим и моральным износом подвижного состава

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

в современных условиях важнейшим направлением обеспечения эффективности работы железнодорожного транспорта в обозримой перспективе является рациональное использование эксплуатируемого подвижного состава в пределах назначенного и продленного сроков службы. При этом продление срока эксплуатации локомотивов должно осуществляться путем соблюдения оптимального соотношения мероприятий по корректировке сроков и технологии ТО, ТР и подготовки ремонтной базы. В статье приведены составляющие зависимости, формирующих объемы работ по ТО, ТР по времени эксплуатации. Путем моделирования их изменений построены графические зависимости, которые реализуют скорректированную систему содержания ТПС (тяговый подвижной состав) в после нормативный период эксплуатации. В ходе исследования было выявлено, что динамика процессов изменения необходимых затрат на ТО, ТР возрастает. Показано, что в условиях старения локомотивного парка и ремонтной базы локомотивного хозяйства возникла ситуация, которая является критической для железнодорожного транспорта Украины. В связи с этим, вынужденно, к концу эксплуатации объем работ относительно рекомендованных правил ремонта изменяется, несколько увеличиваясь. Когда локомотив новый или после капитального ремонта, – отклонения от нормативного пробега при жестком соблюдении ремонтных требований (соответствие техническим нормативам) не превышает нормы. Однако, когда нормативный срок исчерпывается, соблюдать эти нормы не удастся. Из приведенных данных установлено: чем больше количество ТО, ТР и НР в ремонтном цикле, тем больше усилий нужно прикладывать для обеспечения кратности пробегов между плановыми ТО, ТР. Целесообразно чаще проводить ремонтные работы, обеспечивающие меньшие расходы на содержание локомотивов. **Результаты.** Получены значения эффективности содержания ТПС (тяговый подвижной состав) для различных тактик их поддержки. **Научная новизна.** Теоретически показана необходимость корректировки сроков и технологии ТО, ТР ТПС при эксплуатации локомотивов сверхнормативно. **Практическая значимость.** Полученные результаты позволяют повысить эффективность использования ТПС с оптимальными затратами.

Ключевые слова: техническое обслуживание; текущий ремонт; тяговый подвижной состав; локомотив; посленормативный срок эксплуатации

O. S. KRASHENININ^{1*}

^{1*}Dep. «Operation and Repair of Rolling Stock», Ukrainian State Academy of Railway Transport, Feuerbach Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, tel. + 38 (057) 730 19 99, e-mail info@kart.edu.ua, ORCID 0000-0001-5079-5903

THE EFFECT OF LOCOMOTIVE HOURS ON ADJUSTING PERIODICITY OF MAINTENANCE SERVICE AND CURRENT REPAIR

Purpose. The main purpose of this paper is to substantiate the necessity of period adjustment and volumes of maintenance, current repairs of locomotive approaching and regulatory exceeded of their useful operational time. **Methodology.** In connection with the physical and moral depreciation of rolling stock in modern conditions the most important area to ensure the effectiveness of rail transport in the foreseeable future is the rational use of the rolling stock in operation within the designated and extended service life. At the same time extending the operational time of the locomotives must be achieved by compliance with the optimum ratio of measures to adjust the timing and technology maintenance, current repairs and preparation of repair base. The paper presents the components of dependency forming work amount on maintenance, current repairs with time operation. By the modeling of its changes a graph that implement adjusted system to the content of the rolling stock traction after operation were constructed. The study found that the dynamics of change processes of necessary expenses for maintenance and current repair increases. It is shown that under aging conditions of locomotive fleet and repair base of locomotive economy, a situation that is a critical for the railway transport of Ukraine has appeared. According to it, to the end of operation the amount of work relative to the recommended rules of repair increases slightly. When the locomotive is new or renovated, deviations from the standard path for rigid observance of repair requirements (the compliance with technical standards) does not exceed the norm. However, when the standard period is exhausted, to comply with these standards is not possible. From the data it was found that the greater the amount of maintenance, routine repair in the repair cycle, the more effort you need to put in a multiplicity of software runs between scheduled of maintenance, current repairs. It is advisable to conduct more repair work to ensure lower costs for the maintenance of locomotives. **Findings.** The values for the effective maintenance of traction rolling stock for a variety of tactics to support them were obtained. **Originality.** Theoretically the need to adjust the timing and technology maintenance and current repair of traction rolling stock in the operation of locomotives, over normative was demonstrated. **Practical value.** Obtained results allow increasing the efficient use of traction rolling stock with effectively cost.

Keywords: maintenance; current repairs; traction rolling stock; locomotive; after a standard period of operation

REFERENCES

1. Babanin O.B., Danko V.M. Vyznachennia ratsionalnykh periodiv kontroliu tekhnichnoho obladnannia lokomotyvnoho depo [The definition of rational periods of technical equipment control of the locomotive depot]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT* [Proc. of Ukrainian National Academy of Railway Transport], 2010, no. 113, pp. 68-75.
2. Baykhelt F., Franken P. *Nadezhnost i tekhnicheskoye obsluzhivaniye. Matematicheskyy podkhod* [Reliability and maintenance. A mathematical approach]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1988. 390 p.
3. Bolotin V.V. *Prognozirovaniye resursa mashin i konstruktivnykh* [The resource forecasting of machines and structures]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1984. 312 p.
4. Bodnar Ye.B. Osnovni vymohy ta pryntsyipy stvorennia bortovykh system diahnostuvannia lokomotyviv [The main requirements and principles for the on-board diagnostic systems of locomotives]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2014, no. 1 (49), pp. 68-74.
5. Hryniv Yu.V., Krashenin O.S., Maksymov M.V. Metodyka otsinky terminu vyrobnytstva novoho TRS dlia zaminy ekspluatovanoho TRS, resurs yakoho nablyzysvia do hranychnoho [The estimation method of the production period of the new TRS to replace exploited TRS, a resource that has reached to the limit]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT* [Proc. of Ukrainian National Academy of Railway Transport], 2012, no. 133, pp. 247-250.
6. Kozlov B.A., Ushakov I.A. *Spravochnik po raschetu nadezhnosti apparatury radioelektroniki i avtomatiki* [Handbook for estimating the reliability of radio electronics and automation]. Moscow, Sovetskoye radio Publ., 1975. 472 p.
7. Krashenin O.S., Shapatina O.O., Oboznyi O.M. Metodyka otsinky efektyvnosti podovzhennia terminu sluzhby TRS pislia dosiagnennia normatyvnykh terminiv [Methods of evaluating the effectiveness of TRS extension services after reaching of the legal terms]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT* [Proc. of Ukrainian National Academy of Railway Transport], 2009, no. 111, pp. 183-189.
8. Krashenin O.S., Falendysh A.P. Model rozrakhunku kilkosti remontiv lokomotyviv z urakhuvanniam imovirnisnoho rozpodilu yikh probihiv [The model calculation of the number of repairs of locomotives taking into account the probability distribution of their endurance]. *Visnyk Mizhnarodnoho Slovianskoho universytetu* [Bulletin of the International Slavic University], 2004, vol. VII, no. 2, pp. 33-35.
9. Krashenin O.S., Kharlamov P.O. Otsinka efektyvnosti systemy podovzhennia terminu sluzhby TRS bilsh normatyvnoho i onovlennia ekspluatatsiinoho parku [The evaluation of the effectiveness of the system life extension of TRS more normative and operational update park]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dahlia* [Bulletin of the East Ukrainian national University named after Volodymyr Dahl], 2012, no. 3 (174), pp. 109-113.
10. Mikhlina V.M. *Prognozirovaniye tekhnicheskogo sostoyaniya mashin* [Forecasting of technical condition of machinery]. Moscow, Kolos Publ., 1976. 287 p.
11. Molchanov V.V., Shakhov V. G. Novyye tekhnologii i oborudovaniya kontrolya i diagnostirovaniya zheleznodorozhnoy tekhniki [New technologies and monitoring equipment and diagnostics of railway engineering]. *Izvestiya Transsiba – Proceedings of Transsib*, 2010, no. 4, pp. 116-120.
12. Tartakovskiy E.D., Ustenko O.V., Krashenin O.S., Oboznyi O.M. Otsinka pokaznykiv TO pry podovzheni terminu ekspluatatsii TRS po narobtsi [Performance assessment of MS during the extended operation life of the TRS]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT* [Proc. of Ukrainian National Academy of Railway Transport], 2012, issue 132, pp. 5-11.
13. Sukharev E.A. *Teoriya ekspluatatsionnoy nadezhnosti mashin. Lektsionnyy kurs* [The theory of operational reliability. Lecture course]. Rivne, UDAVG Publ., 1997. 162 p.
14. *Tekhnicheskoye obsluzhivaniye podvizhnogo sostava v stranakh Yevropy* [Maintenance of rolling stock in Europe]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2009, no. 4, pp. 50-52.
15. Golovaty A.T., Bortsova P.I. *Elektropodvizhnoy sostav: ekspluatatsiya, nadezhnost, remont* [Electric stock: operation, reliability, repair]. Moscow, Transport Publ., 1983. 350 p.
16. Cantos P., Pastor J.M., Serrano L. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways. *Journal of Transport and Statistics*, 2000, vol. 3, no. 3, pp. 61-68.
17. Hughes M. Cost and capacity drive high speed train design. *Railway Gazette International*, 2010, no. 5, pp. 37-39.
18. New technology center for temple mills train service Eurostar. *Railway Gazette International*, 2008, no. 10, pp. 820-821.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н. проф. Боднарем Б. Є. (Україна); д.т.н. проф. Жалкіним Д. С. (Україна)

Надійшла до редколегії 05.11.2014

Прийнята до друку 24.12.2014