

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 629.4:656.2.

О. С. КРАШЕНІНІН^{1*}, О. В. КЛИМЕНКО^{2*}, О. В. ПОНОМАРЕНКО^{3*}

^{1*}Каф. «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 19 99, ел. пошта errsl@mail.ua, ORCID 0000-0001-5079-5903

^{2*}Каф. «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 19 99, ел. пошта errsl@mail.ua, ORCID 0000-0002-1489-0062

^{3*}Каф. «Експлуатація та ремонт рухомого складу», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 19 99, ел. пошта errsl@mail.ua, ORCID 0000-0002-9608-8849

ПРОГНОЗУВАННЯ ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК НОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Мета. Наукова робота має за мету прогнозування оцінки характеристик тягових і нетягових транспортних засобів, які будуть задовольняти й відповідати потребам та вимогам залізничної галузі, що постійно розвивається. **Методика.** Аналіз технічного стану існуючого парку рухомого складу (тягового та нетягового) залізниць України свідчить про його значне скорочення, яке відбувається у зв'язку з моральним і фізичним зносом, а також недостатнім та обмеженим придбанням нових одиниць тягового й нетягового рухомого складу в потрібній кількості. В ситуації, яка склалася, виникає необхідність пошуку методик визначення технічних характеристик рухомого складу. Одним із таких актуальних та ефективних заходів є проведення прогнозування визначаючих характеристик транспортних засобів на підставі процесів їх відтворення в умовах обмежених ресурсів із використанням безперервної експоненціальної функції. На основі функції швидкості приросту міри прогнозованого показника транспортного засобу визначається логістична характеристика, яка при необмежених ресурсах має вигляд експоненти, а при малих – прямої. **Результати.** За запропонованою методикою, виходячи з отриманих даних, визначено очікувану (перспективну) величину ξ_i . Це відношення вантажопідйомності до об'єму кузова для нетягового рухомого складу (напіввагонів) та маси до потужності – для тягового рухомого складу, що визначають ступінь достовірності прогнозу та середньоквадратичну похибку прогнозу. Вони показують високу точність прогнозу за виконаною методикою. В результаті це дозволить оцінювати з високою достовірністю необхідні характеристики транспортних засобів у прогнозованому році. **Наукова новизна.** Авторами запропонована концепція прогнозування оцінки характеристик транспортних засобів для прийняття рішень щодо їх перспективності. **Практична значимість.** Методика прогнозування дозволить достовірно визначити технічні показники тягового та нетягового рухомого складу, які задовольнятимуть сучасним вимогам залізничних перевезень, у тому числі на стадії проектування та при виконанні модернізації існуючих транспортних засобів.

Ключові слова: транспортні засоби; технічні характеристики транспортних засобів; ресурси підприємств

Вступ

Перед залізничним транспортом поставлені складні задачі щодо забезпечення стабільності перевезень населення та вантажів для різних

галузей господарства. В умовах зношеності основних фондів і необхідності прийняття виважених рішень щодо подальшого розвитку і фінансування галузі постають завдання щодо за-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

безпечення оновлення транспортних засобів з урахуванням набутого успішного досвіду їх використання і забезпечення їх оптимальних характеристик. Все це визначає актуальність розв'язання задач прогнозування оцінок характеристик транспортних засобів.

Мета

В умовах реформування залізничної галузі треба вирішити питання щодо вибору технології утримання транспортних засобів з одного боку, а з іншого – треба визначитися, які властивості повинні мати нові транспортні засоби. Як показує досвід низки країн, в основу створення транспортних засобів треба покласти логістичні підходи. Це надасть можливість для створення адаптованого під конкретні задачі користувача або орендаря транспортного засобу.

Розв'язання цих задач неможливо без урахування попереднього досвіду на основі принципів перспективності, закінченості, ефективності і системності.

З наукової точки зору це визначає розробку математичних підходів для прийняття рішень щодо оцінки характеристик транспортних засобів.

Методика

Моделювання процесів розвитку технічних засобів є складною задачею. Однак деякі результати можуть бути отримані шляхом аналізу загальних закономірностей їх розвитку [2, 4].

Розглянемо процес відтворення транспортних засобів в умовах обмежених ресурсів. В цьому випадку іноді приймають, що

$$\frac{d\xi}{dt} = a \left(1 - \frac{\xi}{k} \right) \xi, \quad (1)$$

тобто швидкість приросту збільшується пропорційно кількості створених транспортних засобів та зменшується по мірі вичерпання ресурсів транспортних засобів. Тут ξ – міра створеного; a та k – коефіцієнти.

Інтегруючи рівняння (1), отримуємо

$$\frac{1}{\xi} - \frac{1}{k} = \left(\frac{1}{\xi_0} - \frac{1}{k} \right) \exp [-a(t - t_0)]. \quad (2)$$

Приймаємо за початок відліку $t = t_0 = 0$, тоді

$$\frac{1}{\xi} - \frac{1}{k} = \left(\frac{1}{\xi_0} - \frac{1}{k} \right) \exp (-at), \quad (3)$$

$$\xi = \frac{k}{1 + \left(\frac{k}{\xi_0} - 1 \right) \exp (-at)}.$$

Позначивши $b = \left(\frac{k}{\xi_0} - 1 \right)$, отримаємо рівняння логістичної кривої у канонічній формі

$$\xi = \frac{k}{1 + b \exp (-at)}. \quad (4)$$

Відмітимо, що це рівняння можна записати і в такому вигляді

$$\xi = A [1 + th (a_1 + b_1 t)]. \quad (5)$$

Дійсно, підставляючи значення th , отримуємо

$$\begin{aligned} \xi &= A \left[1 + \frac{\exp (a_1 + b_1 t) - \exp (-a_1 - b_1 t)}{\exp (a_1 + b_1 t) + \exp (-a_1 - b_1 t)} \right] = \\ &= \frac{2A}{1 + \exp (-2a_1 - 2b_1 t)}, \quad (6) \end{aligned}$$

а позначивши $2A = k$, $\exp(-2a_1) = b$, $2b_1 = a$, отримуємо рівняння (4).

В тому випадку, якщо $b \gg 1$, тобто $\frac{k}{\xi_0} \gg 2$ або $\frac{\xi_0}{k} \ll \frac{1}{2}$, що фізично означає малий ступінь використання загальних ресурсів (ресурси необмежені), отримуємо експоненціальну залежність

$$\xi \approx \frac{k}{b} \exp (at) \approx \xi_0 \exp (at). \quad (7)$$

А при малих at (обмежені ресурси), що фізично означає відхилення від вихідного стану, отримуємо лінійну залежність

$$\xi \approx \xi_0 (1 + at) = \xi_0 + \xi_0 at. \quad (8)$$

Отже процес, аналогічний процесу розширеного відтворення в умовах обмежених ресурсів, описується логістичною кривою (функцією гі-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

перболічного тангенсу), при необмежених ресурсах – експонентою, а при малих – прямою.

Прогнозування визначальних характеристик технічних пристроїв може виконуватися з використанням як неперервних, так і ступінчатих функцій.

Розглянемо перший випадок, коли як безперервні функції можна використовувати такі залежності:

– лінійну $\xi = a + bt$; (9)

– експоненціальну $\xi = \xi_0 \exp(bt)$; (10)

– гіперболічну $\xi = A [1 + th(a + bt)]$. (11)

Нехай є інформація про зміну деяких визначаючих характеристик ξ у часі, що подана у формі сукупності N точок $\xi_1, t_1, \xi_2, t_2, \dots, \xi_N, t_N$.

У випадку лінійної функції

$$\xi = a + bx, \quad (12)$$

де

$$x = t - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i; \quad (13)$$

$$a = t - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i; \quad (14)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^N \xi_i x_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2}. \quad (15)$$

Помилка ξ , визначається з рівняння (12)

$$\sigma_\xi = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^N x_i^2} \left[Nx^2 + \sum_{i=1}^N x_i^2 \right]}, \quad (16)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення величин ξ_i від загальної тенденції розвитку, яку наближено можна визначити за формулою

$$\sigma \leq \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\xi_i - a - bx_i)^2}. \quad (17)$$

У випадку експоненціальної функції можна застосувати такий наближений метод

$$\xi = \xi_0 \exp(bt). \quad (18)$$

Звідси

$$\ln \xi = \ln \xi_0 + bt. \quad (19)$$

Позначимо

$$\ln \xi = y, \quad (20)$$

$$\ln \xi_0 = a. \quad (21)$$

Перейдемо тепер від t до нової змінної x за умови, що $\sum_{i=1}^N x_i = 0$, де x_i – наявні ординати.

Очевидно, що

$$x = t - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i. \quad (22)$$

Тоді

$$y = a + bx. \quad (23)$$

За наявною інформацією можна вирахувати y_i та x_i , визначити a та b методом найменших квадратів для лінійної функції

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}, \quad b = \frac{\sum_{i=1}^N x_i y_i}{\sum_{i=1}^N x_i^2}. \quad (24)$$

Похибку вихідної інформації σ наближено можна обчислити, виходячи з відхилень дослідних точок від розрахункових

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2}{N-1}}.$$

Результати

За приведеною методикою виконаємо розрахунки ξ_i для нетягового та тягового рухомого складу. В табл. 1 наведені характеристики змінення з часом t_i відношення вантажопідйомності до об'єму кузова напіввагонів ξ_{i_n} (графи 1, 2, 3 по 15 вагонах ($N=15$)) та маси до потужності для тягового рухомого складу ξ_{i_t} (графи 1, 2, 3 по 12 локомотивах ($N=10$)). Виходячи з вказаних даних, визначено очікувану величину відношення вантажопідйомності до об'єму кузова ξ_{i_n} для напіввагонів та потужності до

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

маси ξ_i для тягового рухомого складу в 2016 році і ступінь достовірності прогнозу.

Використовуючи формулу (20), послідовно розраховано y_i , x_i , $x_i y_i$, x_i^2 . Далі розраховуємо a та b за формулами (24)

– для нетягового рухомого складу:

$$a_n = \frac{-0,9125}{15} = -0,0608.$$

$$b_n = \frac{-3,553}{1917} = -0,0019.$$

– для тягового рухомого складу:

$$a_m = \frac{37,22}{10} = 3,722.$$

$$b_m = \frac{-0,38}{2192} = -0,00017.$$

Таблиця 1

Результати виконаних розрахунків

Table 1

Results of the calculations

Для нетягового рухомого складу							
Модель вагона	ξ_i	t_i	y_i	x_i	$x_i y_i$	x_i^2	$(y_i - a - bx_i)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
12-726-05	0,9091	1969	-0,0953	-20	1,9062	400	0,001647
12-532-80	0,9452	1973	-0,0564	-16	0,9016	256	0,000239
12-1000-01	0,8904	1977	-0,1161	-12	1,3929	144	0,00074
12-1000	0,9452	1979	-0,0564	-10	0,5635	100	0,001685
12-753	0,9324	1983	-0,07	-6	0,4198	36	0,001982
12-119-02	0,7841	1985	-0,2432	-4	0,9729	16	0,014453
12-127	0,9211	1989	-0,0822	0	0	0	0,003346
12-764	0,9459	1990	-0,0556	1	-0,0556	1	0,007882
12-132	0,7898	1992	-0,236	3	-0,708	9	0,00691
12-127	0,9211	1989	-0,0822	0	0	0	0,003346
12-764	0,9459	1990	-0,0556	1	-0,0556	1	0,007882
12-132	0,7898	1992	-0,236	3	-0,708	9	0,00691
12-1295	0,8523	1995	-0,1598	6	-0,9591	36	0,000034
12-295H	0,8485	1996	-0,1643	7	-1,1501	49	0,000032
12-791	0,875	1999	-0,1335	10	-1,3353	100	0,002423
12-132-03	0,7898	2004	-0,236	15	-3,5402	225	0,001019
12-1592	0,8612	2005	-0,1494	16	-2,39	256	0,003479
12-7023	0,7811	2006	-0,247	17	-4,1996	289	0,001184
Σ	–	29 842	-2,1012	–	-8,181	1917	0,047054

Для тягового рухомого складу							
Модель тепловоза	ξ_i	t_i	y_i	x_i	$x_i y_i$	x_i^2	$(y_i - a - bx_i)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
ТГ100	53,3	1959	3,99	-17	-67,80	289	0,06951
ТГ101	46	1960	3,84	-16	-61,45	256	0,01347
ТГ102	41	1964	3,72	-12	-44,70	144	0,00000
ТГ106	33,5	1964	3,52	-12	-42,27	144	0,04052
ТЕ109	40	1969	3,70	-7	-25,90	49	0,00051
ТЭ120	33	1976	3,51	0	0,00	0	0,04592
2ТЕ137	37,5	1985	3,64	9	32,72	81	0,00714
2ТЕ126	63	1987	4,16	11	45,71	121	0,19029
2ТЕ116УП	38,6	1994	3,66	18	65,96	324	0,00291
ТЕП 150	32	2004	3,48	28	97,34	784	0,05774
Σ	–	19 762	37,22	–	-0,38	2192	0,42802

За формулою (25), після попередніх розрахунків в графі 8 отримано σ_n , σ_T

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{0,047054}{15-1}} = 0,05797;$$

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{0,42802}{10-1}} = 0,02378.$$

Для визначення очікуваної величини ξ в потрібному році на основі формул (20), (23) та (22) запишемо

$$\xi = \exp \left[a + b \left(t - \frac{1}{N} \sum_i t_i \right) \right],$$

звідки для нетягового та тягового рухомого складу на 2016 р.

$$\begin{aligned} \xi_n &= \exp \left[-0,1401 - 0,0043(2016 - 29842/15) \right] = \\ &= 0,776 \text{ т/м}^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi_m &= \exp \left[3,722 - (-0,00017) \left(2016 - \frac{19762}{10} \right) \right] = \\ &= 41,0417 \text{ кг/к.с.} \end{aligned}$$

Враховуючи, що $c = t_{i\max} - t_{i\min}/2$, розрахуємо середньоквадратичну помилку прогнозу

$$\sigma_y = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \sqrt{1 + 3 \left(\frac{t - \frac{1}{N} \sum_i t_i}{c} \right)^2},$$

$$\begin{aligned} \sigma_{y_n} &= \frac{0,05797}{\sqrt{15}} \sqrt{1 + 3 \left(\frac{2016 - \frac{29842}{15}}{2006 - 1969} \right)^2} = \\ &= 0,0394 \text{ т/м}^3; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{y_m} &= \frac{0,02378}{\sqrt{10}} \sqrt{1 + 3 \left(\frac{2016 - \frac{19762}{10}}{2004 - 1959} \right)^2} = \\ &= 0,024699 \text{ кг/к.с.} \end{aligned}$$

Оскільки результати статистичного прогнозування відрізняються незначно від результатів евристичного прогнозування, можна припустити, що в розглянутому проміжку часу стрибків

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

не передбачається. Тоді можна використати обидва методи та повторити розрахунки, включивши нові напіввагони та дизелі, що встановлюються на модернізовані локомотиви ЧМЕЗП, Caterpillar 3512B DITA, як додаткові точки ($N=16$) та ($N=11$) відповідно.

Через те, що порядок розрахунків в цьому випадку такий же, як і в попередньому, наведемо результати розрахунку

$$\xi_{i_n} = 0,7998 \text{ т/м}^3, \quad \sigma_{y_n} = 0,0176 \text{ т/м}^3;$$

$$\xi_{i_m} = 42,775 \text{ кг/к.с.}, \quad \sigma_{y_m} = 0,001862 \text{ кг/к.с.},$$

тобто математичне очікування величини, яка прогнозується, змінюється слабо.

Наукова новизна та практична значимість

Запропонована методика прогнозування дозволить достовірно визначити технічні показники рухомого складу, які задовольнятимуть сучасним вимогам залізничних перевезень, у тому числі на стадії проектування та при виконанні модернізації існуючих транспортних засобів.

Висновки

1 На підставі представленої методики можна констатувати, що прогнозування оцінки характеристик транспортних засобів дозволяє визначити очікувану величину ξ_i з високою точністю ступеня достовірності прогнозу та незначною середньоквадратичною помилкою.

2 Процес, що аналогічний процесу розширеного відтворення в умовах обмежених ресурсів, описується логістичною кривою (функцією гіперболічного тангенсу), при необмежених ресурсах – експонентою, а при малих – прямою.

Прогнозування визначальних характеристик технічних пристроїв може виконуватися з використанням як неперервних, так і ступінчатих функцій.

3 Для нетягового рухомого складу без інноваційних підходів поки не вдасться добитися збільшення $\xi_i = Q/V$, тобто приведеної ваги до об'єму напіввагона. Це дає підставу стверджувати про необхідність заходів в цьому напрямку.

4 Стосовно тягового рухомого складу можна зробити висновок, що точність розрахунків знаходиться на достатньо великому рівні, тому що наприклад, починаючи з 2014 року на залізницях Казахстану експлуатується тепловоз ТЕ33А (Evolution ES44ACi) – вантажний тепловоз з асинхронним тяговим приводом, що випускається локомотивобудівним заводом АТ «Локомотив Курастиру Зауити» в Астані, ξ_i якого співпадає з розрахунковим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боднар, Б. Е. Использование метода экспертных оценок при разработке диагностического обеспечения локомотивов / Б. Е. Боднар, А. Б. Очкасов // Проблемы создания новых машин и технологий : сб. науч. тр. / Кременчуг. гос. политехн. ун-т. – Кременчуг, 2001. – Вып. 1 (10). – С. 217–220.
2. Болотин, В. В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В. В. Болотин. – Москва : Машиностроение, 1984. – 312 с.
3. Болотин, М. М. Отказы и срок службы грузового вагона / М. М. Болотин, В. Г. Воронников // Мир транспорта. – 2012. – № 2. – С. 152–161.
4. Капица, С. П. Синергетика и прогноз будущего / С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Мадиевский. – Москва : Едиториал УРСС, 2003. – 290 с.
5. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008–2020 роки. – Київ : Укрзалізниця, 2008. – 182 с.
6. Крашенінін, О. С. Визначення граничних термінів довговічності тягового рухомого складу / О. С. Крашенінін, О. М. Обозний // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – Вып. 122. – С. 134–140.
7. Крашенінін, О. С. Вплив напрацювання локомотивів на коректування періодичності технічного обслуговування, поточного ремонту / О. С. Крашенінін // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – № 1 (55). – С. 148–154. doi: 10.15802/STP2015/38265.
8. Крашенінін, О. С. Модель визначення термінів заміни рухомого складу / О. С. Крашенінін, А. П. Фалендиш // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2005. – № 3 (85). – С. 126–130.
9. Лисичкин, В. А. Принятие решений на основе прогнозирования в условиях АСУ / В. А. Лисичкин, Е. И. Гольнкер. – Москва : Финансы и статистика, 1981. – 50 с.
10. Лобойко, Л. М. Стан вагонного парку та вагоноремонтної бази в Україні / Л. М. Лобойко,

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

- Ю. С. Бараш // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 19. – С. 126–132.
11. Лукинский, В. С. Прогнозирование надежности автомобилей / В. С. Лукинский, Е. И. Зайцев. – Ленинград : Политехника, 1991. – 224 с.
 12. Методологічні аспекти забезпечення надійності та безпеки складних технічних об'єктів на залізничному транспорті в умовах обмежених ресурсів / О. Л. Голубенко, Д. М. Марченко, В. Ф. Пожидаєв, Р. А. Семикоз // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2003. – № 12 (70). – С. 100–105.
 13. Мурадян, Л. А. Методологические основы определения эксплуатационных характеристик несамоходного подвижного состава / Л. А. Мурадян, В. Ю. Шапошник, А. А. Мищенко // Наука та прогрес транспорту. – 2016. – № 1 (61). – С. 169–179. doi: 10.15802/stp2016/61044.
 14. Cantos, P. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways / P. Cantos, J. M. Pastor, L. Serrano // J. of Transportation and Statistics. – 2000. – Vol. 3, No. 3. – P. 61–68.
 15. Determination of dynamic performance of freight cars taking into account technical condition of side bearers / S. Myamlin, L. Neduzha, O. Ten, A. Shvets / Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 1 (61). – P. 162–169. doi: 10.15802/stp2013/9589.
 16. Hughes, M. Cost and capacity drive high speed train design / M. Hughes // Railway Gazette International. – 2010. – № 5. – P. 37–39.
 17. Numerical static and dynamic stress analysis on railway passenger and freight car models / C. Baykasoglu, E. Sunbuloglu, S. E. Bozdog [et al.] // Intern. Iron & Steel Symposium (02.04–04.04.2012) / Karabük University. – Istanbul, 2012. – P. 579–586.
 18. Railway freight car truck ZK1 // Chinese Railways Equipment. – 2013. – No. 7. – P. 56–59.

А. С. КРАШЕНИНИН^{1*}, А. В. КЛИМЕНКО^{2*}, Е. В. ПОНОМАРЕНКО^{3*}

^{1*}Каф. «Експлуатація і ремонт подвижного состава», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 19 99, ел. пошта egrs1@mail.ua, ORCID 0000-0001-5079-5903

^{2*}Каф. «Експлуатація і ремонт подвижного состава», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 19 99, ел. пошта egrs1@mail.ua, ORCID 0000-0002-1489-0062

^{3*}Каф. «Експлуатація і ремонт подвижного состава», Український державний університет залізничного транспорту, пл. Фейєрбаха, 7, Харків, Україна, 61050, тел. +38 (057) 730 19 99, ел. пошта egrs1@mail.ua, ORCID 0000-0002-9608-8849

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цель. Научная работа своей целью имеет прогнозирование оценок характеристик тяговых и нетяговых транспортных средств, которые будут удовлетворять и соответствовать потребностям и требованиям постоянно развивающейся железнодорожной отрасли. **Методика.** Анализ технического состояния существующего парка подвижного состава (тягового и нетягового) железных дорог Украины свидетельствует о его значительном сокращении, которое происходит в связи с моральным и физическим износом, а также недостаточным и ограниченным приобретением новых единиц тягового и нетягового подвижного состава в нужном количестве. В сложившейся ситуации возникает необходимость поиска методик определения технических характеристик подвижного состава. Одной из таких актуальных и эффективных мер является проведение прогнозирования определяющих характеристик транспортных средств на основании процессов их воспроизводства в условиях ограниченных ресурсов с использованием непрерывной экспоненциальной функции. На основе функции скорости прироста степени прогнозируемого показателя транспортного средства определяется логистическая характеристика, которая при неограниченных ресурсах имеет вид экспоненты, а при малых – прямой. **Результаты.** По предложенной методике, исходя из полученных данных, определено ожидаемую (перспективную) величину ξ_i . Это отношение грузоподъемности к объему кузова для нетягового подвижного состава (полувагонов) и массы к мощности – для тягового подвижного состава, определяющие степень достоверности прогноза и среднеквадратичную ошибку прогноза. Они показывают высокую точность прогноза по выполненной методике. В результате это позволит оценивать с высокой достоверностью необходимые характеристики транспортных средств в прогнозируемом году.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Научная новизна. Авторами предложена концепция прогнозирования оценки характеристик транспортных средств для принятия решений относительно их перспективности. **Практическая значимость.** Методика прогнозирования позволит достоверно определить технические показатели тягового и нетягового подвижного состава, которые будут удовлетворять современным требованиям железнодорожных перевозок, в том числе на стадии проектирования и при выполнении модернизации существующих транспортных средств.

Ключевые слова: транспортные средства; технические характеристики транспортных средств; ресурсы предприятий

O. S. KRASHENININ^{1*}, O. V. KLYMENKO^{2*}, O. V. PONOMARENKO^{3*}

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

^{2*}Dep. «Exploitation and Repair of Rolling Stock», Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, tel.+38 (057) 730 19 99, e-mail errsl@mail.ua, ORCID 0000-0002-1489-0062

^{3*}Dep. «Exploitation and Repair of Rolling Stock», Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Sq., 7, Kharkiv, Ukraine, 61050, tel.+38 (057) 730 19 99, e-mail errsl@mail.ua, ORCID 0000-0002-9608-8849

FORECASTING OF PERFORMANCE EVALUATION OF NEW VEHICLES

Purpose. The research work focuses on forecasting of performance evaluation of the tractive and non-tractive vehicles that will satisfy and meet the needs and requirements of the railway industry, which is constantly evolving.

Methodology. Analysis of the technical condition of the existing fleet of rolling stock (tractive and non-tractive) of Ukrainian Railways shows a substantial reduction that occurs in connection with its moral and physical wear and tear, as well as insufficient and limited purchase of new units of the tractive and non-tractive rolling stock in the desired quantity. In this situation there is a necessity of search of the methods for determination of rolling stock technical characteristics. One of such urgent and effective measures is to conduct forecasting of the defining characteristics of the vehicles based on the processes of their reproduction in conditions of limited resources using a continuous exponential function. The function of the growth rate of the projected figure degree for the vehicle ξ_i determines the logistic characteristic that with unlimited resources has the form of an exponent, and with low ones – that of a line. **Findings.** The data obtained according to the proposed method allowed determining the expected (future) value, that is the ratio of load to volume of the body for non-tractive rolling stock (gondola cars) and weight-to-power for tractive rolling stock, the degree of forecast reliability and the standard forecast error, which show high prediction accuracy for the completed procedure. As a result, this will allow estimating the required characteristics of vehicles in the forecast year with high accuracy. **Originality.** The concept of forecasting the characteristics of the vehicles for decision-making on the evaluation of their prospects was proposed. **Practical value.** The forecasting methodology will reliably determine the technical parameters of tractive and non-tractive rolling stock, which will meet the modern requirements of the railroading, including at the design stage and while upgrading the vehicles.

Keywords: vehicles; technical characteristics of vehicles; resources of enterprises

REFERENCES

1. Bodnar B.Ye., Ochkasov A.B. Ispolzovaniye metoda ekspertnykh otsenok pri razrabotke diagnosticheskogo obespecheniya lokomotivov [Use of expert evaluations method when developing diagnostic assurance for locomotives]. *Sbornik nauchnykh trudov Kremenchugskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta «Problemy sozdaniya novykh mashin i tekhnologiy»* [Proc. of the Kremenchug State Polytechnic University «Problems of development of new machines and technologies»], 2001, no. 1 (10). pp. 217-220.
2. Bolotin V.V. *Prognozirovaniye resursa mashin i konstruktivnykh* [The resource forecasting of machines and structures]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 1984. 312 p.
3. Bolotin M.M., Vorotnikov V.G. Otkazy i srok sluzhby gruzovogo vagona [Failures and service life of a freight car]. *Mir transporta – World of Transport*, 2012, no. 2, pp. 152-161.
4. Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P., Madinetsky G.G. *Sinergetika i prognoz budushchego* [Synergetics and forecasts of the future]. Moscow, Yeditorial URSS Publ., 2003. 290 p.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

5. *Kompleksna prohrama onovlennia zaliznychnoho rukhomoho skladu Ukrainy na 2008–2020 roky* [The comprehensive program of updating the railway rolling stock of Ukraine for 2008–2020 years]. Kyiv, Ukrzaliznytsia Publ., 2008. 182 p.
6. Krashenin O.S., Oboznyi O.M. Vyznachennia hranychnykh terminiv dohovichnosti tiahovoho rukhomoho skladu [Deadlines definition of traction rolling stock longevity]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT* [Bulletin of Ukrainian State Academy of Railway Transport], 2011, issue 122, pp. 134–140.
7. Krashenin O.S. Vplyv napratsiuвання lokomotyviv na korektuvannia periodychnosti tekhnichnoho obsluhovuvannia, potochnoho remontu [The effect of locomotive hours on adjusting periodicity of maintenance service and current repair]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2015, no. 1 (55), pp. 148–154. doi 10.15802/STP2015/38265.
8. Krashenin O.S., Falendysh A.P. Model vyznachennia terminiv zaminy rukhomoho skladu [Model to determine the timing of replacement of the rolling stock]. *Visnyk Skhidnoukrayinskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia* [Bulletin of East Ukrainian Volodymyr Dahl National University], 2005, no. 3 (85), pp. 126–130.
9. Lisichkin V.A., Golyner Ye.I. *Prinyatiye resheniy na osnove prognozirovaniya v usloviyakh ASU* [Decision making on the basis of forecasting in the conditions of ACS]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1981. 50 p.
10. Loboiko L.M., Barash Yu.S. Stan vahonnoho parku ta vahonoremontnoi bazy v Ukraini [The condition of rolling stock and repair base in Ukraine]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 18, pp. 126–132.
11. Lukinskiy V.S., Zaytsev Ye.I. *Prognozirovaniye nadezhnosti avtomobiley* [Forecasting of cars reliability]. Leningrad, Politekhnika Publ., 1991. 224 p.
12. Holubenko O.L., Marchenko D.M., Pozhydaev V.F., Semykoz R.A. Metodolohichni aspekty zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky skladnykh tekhnichnykh ob'ektiv na zaliznychnomu transporti v umovakh obmezhenykh resursiv [Methodological aspects of ensuring the reliability and safety of complex technical objects of railway transport in the conditions of limited resources]. *Visnyk Skhidnoukrayinskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia* [Bulletin of East Ukrainian Volodymyr Dahl National University], 2003, no. 12 (70), pp. 100–105.
13. Muradian L.A., Shaposhnyk V.Yu., Mishchenko A.A. Metodologicheskiye osnovy opredeleniya ekspluatatsionnykh kharakteristik nesamokhodnogo podvizhnogo sostava [Methodological fundamentals of determination of unpowered rolling stock maintenance characteristics]. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2016, no. 1 (61), pp. 169–179. doi 10.15802/stp2016/61044.
14. Cantos P., Pastor J.M., Serrano L. Efficiency Measures and Output Specification: The Case of European Railways. *Jornal of Transport and Statistics*, 2000, vol. 3, no. 3, pp. 61–68.
15. Myamlin S., Neduzha L., Ten O., Shvets A. Determination of dynamic performance of freight cars taking into account technical condition of side bearers. *Nauka ta prohres transportu – Science and Transport Progress*, 2013, no. 1 (61), pp. 162–169. doi: 10.15802/stp2013/9589.
16. Hughes M. Cost and capacity drive high speed train design. *Railway Gazette International*, 2010, no. 5, pp. 37–39.
17. Baykasoglu C., Sunbuloglu E., Bozdog S. E., Aruk F., Toprak T., Mugan A. Numerical static and dynamic stress analysis on railway passenger and freight car models. Intern. Iron & Steel Symposium (02.04.-04.04.2012). Karabük University, Türkiye, 2012, pp. 579–586.
18. Railway freight car truck ZK1. *Chinese Railways Equipment*, 2013, no. 7, pp. 56–59.

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

Надійшла до редколегії: 22.06.2016

Прийнята до друку: 19.10.2016