

УДК 629.113.004

**КРАВЧЕНКО О.П., д.т.н., професор,
Житомирський державний технологічний університет;
ВЕРІТЕЛЬНИК Є.А., магістр, аспірант
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля**

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЮ НЕОБХІДНОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН НА СКЛАДІ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Запропонований критерій визначення необхідності зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства або замовлення їх, в разі відмови, на основі коефіцієнта технічної готовності парку.

Ключові слова: автомобільний парк, склад, деталь, запасні частини.

Вступ

Ефективна робота автотранспортного підприємства і надійна підтримка рухомого складу в працездатному стані забезпечується фондом запасних частин, розмір і номенклатура якого відіграють важливу роль у собівартості транспортного процесу. З урахуванням обмеженості фінансових ресурсів підприємства існує гостра проблема в доцільності зберігання тих або інших деталей на складі підприємства. Розробка критерію, що дозволяє визначити доцільність зберігання тієї або іншої деталі, дозволить економити ресурси підприємства, якщо в основі цього критерію лежатимуть показники якості роботи підприємства.

Огляд літератури

Розрахунок кількості та переліку фонду запасних частин на підприємствах є актуальним завданням. З цією метою пропонується багато методик розрахунку, що засновані як на середньому ресурсі деталей [1], так і на обліку різних експлуатаційних чинників, таких як дорожні умови, використання автомобілів з причепами, співвідношення в структурі парку між новими автомобілями й тими, що пройшли капітальний ремонт, збільшення довговічності автомобілів, культури експлуатації парку, природно-кліматичні умови, в яких експлуатується автопарк тощо [2, 3, 4]. Нові підходи прогнозування потреби запасних частин на основі гібридних нейронних мереж за допомогою статистичних даних розглянуто в роботі [5]. Фактори впливу процесів управління запасами матеріальних ресурсів розглянуто в роботі [6]. Під час формування складу запасних частин також необхідно враховувати планові витрати на деталі, що необхідні для проведення технічного обслуговування і планових заміन, наприклад, гальмівних колодок, акумуляторів, шин тощо. Звідси витікає, що методика повинна враховувати обмеженість фінансових ресурсів, що доступні на підприємстві для підтримки складу запасних частин, і ефективно розподіляти ці ресурси на планові ремонти і резерв запасних частин щодо позапланових замін, принцип визначення, номенклатура і кількість яких принципово відрізняється.

Обґрунтування необхідності дослідження та постановка завдання

Однією з істотних характеристик якості роботи автотранспортного підприємства є коефіцієнт технічної готовності (автомобіля), який визначається по деталі i – го типа як відношення часу справної роботи до суми часу справної роботи і вимушених простоїв автомобіля, взятих за один і той же календарний термін [7]:

$$k_i = \frac{t_{\text{рабоч}}}{t_{\text{рабоч}} + t_{\text{ремонт}}},$$

де час ремонту $t_{\text{ремонт}}$ містить як власне час, необхідний для ремонту $t_{\text{ремонт}}^*$ автомобіля, так і час чекання доставки деталі $t_{\text{іожидан}}$. Тобто

$$k_i = \frac{t_{\text{рабоч}}}{t_{\text{рабоч}} + t_{\text{ремонт}}^* + t_{\text{іожидан}}} \quad (1)$$

Враховуючи випадкову природу величин $t_{\text{ремонт}}^*$, $t_{\text{іожидан}}$ і $t_{\text{рабоч}}$, приймаються як середні (по всіх автомобілях даного типу) значення у вираженні для коефіцієнта k_i . Причому коефіцієнт готовності всього автомобіля k визначається за принципом «слабкої ланки», тобто як

$$k = \min_{0 \leq i \leq n} k_i \quad (2)$$

Оцінимо вплив часу чекання $t_{\text{іожидан}}$ на коефіцієнт готовності. Введемо наступні позначення:

$$k_i^0 = \frac{t_{\text{рабоч}}}{t_{\text{рабоч}} + t_{\text{ремонт}}^*},$$

$$\begin{aligned} \Delta k_i &= k_i - k_i^0 = \frac{t_{\text{рабоч}}}{t_{\text{рабоч}} + t_{\text{ремонт}}^* + t_{\text{іожидан}}} - \frac{t_{\text{рабоч}}}{t_{\text{рабоч}} + t_{\text{ремонт}}^*} = \\ &= \frac{t_{\text{рабоч}} t_{\text{іожидан}}}{(t_{\text{рабоч}} + t_{\text{ремонт}}^* + t_{\text{іожидан}})(t_{\text{рабоч}} + t_{\text{іожидан}})}. \end{aligned}$$

Тоді відносна змінна коефіцієнта готовності виражається як:

$$\frac{\Delta k_i}{k_i^0} \cdot 100\% = \frac{t_{\text{іожидан}}}{t_{\text{рабоч}} + t_{\text{ремонт}}^* + t_{\text{іожидан}}} \cdot 100\% .$$

Враховуючи, що $t_{\text{ремонт}}^* \ll t_{\text{рабоч}}$, для реальних значень $t_{\text{іожидан}} = 336$ (годин) і $t_{\text{рабоч}} = 9333$ (години), отримуємо $\frac{\Delta k_i}{k_i^0} \cdot 100\% \approx 3,4\%$.

Попередній розрахунок показує, що відсутність деталі на складі може вносити значну зміну коефіцієнта готовності і тим самим порушувати прийняте на практиці обмеження $k \geq 0,86$. Тому виникає завдання визначення критерію, який відображає зберігання деталі даного типу на складі, тим паче, що реальний час $t_{\text{іожидан}}$ може значно відрізнятись від нормативного.

Зміни коефіцієнта технічної готовності розглянуто на прикладі парку автомобілів Mercedes-Benz Actros 1844 LS в кількості 160 одиниць за 2013 рік. Значення k визначалося за середніми значеннями $t_{\text{ремонт}}^*$, $t_{\text{іождан}}$ і $t_{\text{ірабоч}}$ для всіх автомобілів.

Як критерій вибору типу деталі для зберігання розглянемо величину добутку $\mu_i = p_i t_{\text{іождан}}$, де p_i – вірогідність відмови i -ої деталі за деякий відрізок часу, виражений в тих самих одиницях, що і $t_{\text{іождан}}$. (Наприклад, p_i – вірогідність відмови за одну годину, якщо час $t_{\text{іождан}}$ виражений в годинах). Вибір саме цієї величини обумовлений тим, що навіть при великій вірогідності відмови деякої деталі, але за малий час доставки деталі не виникає необхідності в її зберіганні. З іншого боку, при малій вірогідності відмови і через великий час чекання, величина $p_i t_{\text{іождан}}$ знову може виявитися досить малою. Отже, через великий час доставки такі деталі зазвичай вимагають зберігати на складі.

Тому виникає завдання визначення граничного значення для величини μ_i , перевищення якої буде критерієм необхідності зберігання деталі на складі.

Матеріали і результати дослідження

На практиці експлуатації автотранспортної техніки прийнято вважати коефіцієнт готовності допустимим, якщо він задовольняє умові $k \geq 0,86$. Згідно з (2), це означає, що повинна виконуватися умова $k_i \geq 0,86$ для всіх $i = 1, 2, \dots, n$. Тоді з (1) отримуємо:

$$k_i = \frac{t_{\text{ірабоч}}}{t_{\text{ірабоч}} + t_{\text{іремонт}}^* + t_{\text{іождан}}} = \frac{p_i t_{\text{ірабоч}}}{p_i t_{\text{ірабоч}} + p_i t_{\text{іремонт}}^* + p_i t_{\text{іождан}}} =$$

$$= \frac{p_i t_{\text{ірабоч}}}{p_i t_{\text{ірабоч}} + p_i t_{\text{іремонт}}^* + \mu_i} \geq 0,86$$

Таким чином,

$$\mu_i \leq \frac{p_i(0,14t_{\text{ірабоч}} - 0,86t_{\text{іремонт}}^*)}{0,86} \quad (3)$$

Якщо для деякого значення $i = 1, 2, \dots, n$ виконана умова (3), деталь i -го типу не потребує її зберігання на складі.

Крім того, ця нерівність має бути справедлива, якщо відмовить i -а деталь хоча б в одному з автомобілів даного типу. Значить, умова, за якою i -у деталь не потрібно зберігати на складі за наявності N автомобілів даного типу, має наступний вигляд

$$t_{\text{іождан}} (1 - (1 - p_i)^N) \leq \frac{p_i(0,14t_{\text{ірабоч}} - 0,86t_{\text{іремонт}}^*)}{0,86} \quad (4)$$

Заміна нерівності (3) на нерівність (4) обумовлена наступним: оскільки $0 \leq 1 - p_i \leq 1$, то $1 - p_i \geq (1 - p_i)^N$ для $N > 1$. Отже,

$$p_i = (1 - (1 - p_i)) \leq (1 - (1 - p_i)^N).$$

Тому, якщо виконана нерівність (4), то виконана і нерівність (3) для кожного автомобіля. Для спрощення запису введемо позначення $\mu_i^N = t_{\text{іождан}} (1 - (1 - p_i)^N)$. Тоді нерівність (4) набуває вигляду:

$$\mu_i^N \leq \frac{p_i(0,14t_{\text{ірабоч}} - 0,86t_{\text{іремонт}}^*)}{0,86} \quad (5)$$

i є умовою, при виконанні якої деталь i – го типу не потребує зберігання на складі за наявності N автомобілів даного типу.

Відмітимо, що на практиці $t_{\text{ірабоч}}$ у багато разів більше $t_{\text{іремонт}}^*$ [8] і тому права частина нерівності (5) завжди позитивна.

Методика розрахунку параметрів, що входять до критерію визначення типу деталей, що призначені для зберігання, згідно з даними, отриманими за спостереженнями, включає наступне. Визначення часу справної роботи автомобіля $t_{\text{ірабоч}}$ як середнього часу між двома поломками деталі i – го типу.

Час $t_{\text{ірабоч}}$ визначається як відношення середнього пробігу між двома поломками деталі i – го типу до середньої експлуатаційної швидкості, визначеної за допомогою бортового комп'ютера автомобіля. Тобто

$$t_{\text{ірабоч}} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{1}{k_m} \sum_{j=0}^{k_m} \frac{1}{v_{mj}^{\text{середн}}} L_{mj} \quad (6)$$

де L_{mj} – пробіг m -го автомобіля між j -ю і $(j+1)$ -ю поломками деталі i -го типу,

$$j = 0, 1, 2, \dots, k_m;$$

$v_{mj}^{\text{середн}}$ – середня експлуатаційна швидкість на пробігу L_{mj} ;

M – кількість автомобілів, у яких фіксувалися поломки деталі i -го типу.

Час ремонту $t_{\text{іремонт}}^*$ – середній вимірний час в реальних умовах.

Час $t_{\text{іождан}}$ визначається як середній час очікування між замовленням і доставкою деталі, що розраховується. У разі наявності цієї деталі на складі, $t_{\text{іождан}} = 0$.

Вірогідність p_i визначається як

$$p_i = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{v_m^{\text{середн}} k_m}{L_m}, \quad (7)$$

де L_m – пробіг m -го автомобіля за весь час спостереження;

k_m – кількість відмов i -ї деталі за цей час;

$v_m^{\text{середн}}$ – середня експлуатаційна швидкість m -го автомобіля за весь час спостереження,

$$m = 1, 2, \dots, M$$

M – кількість автомобілів, у яких фіксувалися поломки деталі i -го типу.

За результатами виконаних розрахунків дослідженої групи автомобілів було отримано дані (таблиця 1), в яких за результатами нерівності (5) було зроблено висновки щодо доцільності зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства.

Таблиця 1

Результати розрахунків визначення доцільності зберігання деталей автомобілів Mercedes-Benz Actros 1844 LS

Деталь	Час достав-ки, годин	Вартість, грн.	Вірогідність відмови	Доцільність
1	2	3	4	5
Паливний бак та його елементи	168	25969,8	0,0000079	не зберігати
Гільзи ДВЗ	24	8131,26	0,0000319	не зберігати
Датчик кількості обертів	24	2041,80	0,0000382	не зберігати
Бачок розпилювача	24	16807,56	0,0000397	не зберігати
Втулка стабілізатора	1	327,30	0,0000534	не зберігати
Термостат	1	276,72	0,0000536	не зберігати
Гальмівний шланг	1	748,98	0,0000540	не зберігати
Енергоакумулятор	1	8891,52	0,0000551	не зберігати
Ремкомплект пневмо-гідропідсилювача зчеплення	24	675,18	0,0000566	не зберігати
Підшипник генератора	24	1136,04	0,0000578	не зберігати
Ремкомплект седельнозчепного	24	8222,58	0,0000587	не зберігати
Ролик натягувача	24	2573,52	0,0000620	не зберігати
Втулка торсіона	24	873,66	0,0000627	не зберігати
Диск гальмівний	24	3482,46	0,0000645	не зберігати
Підшипники ступиці	1	2363,28	0,0000646	не зберігати
Амортизатор кабіни	24	6241,44	0,0000649	не зберігати
Пневморесора	24	5243,04	0,0000666	не зберігати
Розетка ABS	1	2583,54	0,0000684	не зберігати
Електродвигун опалювача	1	2819,16	0,0000705	не зберігати
Ел.кабель з'єднуючий	1	4149,54	0,0000731	не зберігати
Прокладення	1	1233,90	0,0000732	не зберігати
Елементи світлової сигналізації	24	696,52	0,0000737	не зберігати
Гайка хвостовика заднього моста	1	317,46	0,0000765	не зберігати
Електророзетка	1	661,20	0,0001215	не зберігати
Кришка клапанів	24	458,52	0,0000484	зберігати
Наконечник поперечної тяги	24	1725,48	0,0000495	зберігати
Реле втягуюче	72	3575,58	0,0000516	зберігати
Сальник гідропідсилювача	24	155,58	0,0000522	зберігати
Ремкомплект рідинного насоса	24	4985,88	0,0000523	зберігати
Амортизатор задньої вісі	24	4291,20	0,0000527	зберігати
Суппорт	336	30235,56	0,0000531	зберігати
Електродвигун склопідйомника	24	2946,72	0,0000539	зберігати
Радіатор	336	12458,16	0,0000546	зберігати
Шпилька колесна	24	130,80	0,0000559	зберігати
Реле регулятора напруги	24	1167,42	0,0000569	зберігати
Датчик рівня пола	24	2037,72	0,0000576	зберігати
Шланг гідропідсилювача	24	513,84	0,0000578	зберігати
Форсунки	336	16458,72	0,0000587	зберігати
Блок управління освітленням	24	1015,74	0,0000587	зберігати
Редуктор заднього моста	336	10625,00	0,0000588	зберігати
Вал шлицьовий	336	5658,66	0,0000595	зберігати

1	2	3	4	5
Корзина зчеплення	336	28580,52	0,0000597	зберігати
Модуль управління гальмами	336	22313,34	0,0000600	зберігати
Патрубок та хомут інтеркулера	24	2640,78	0,0000604	зберігати
Датчик ABS	24	1071,96	0,0000613	зберігати
Комплект ЦПГ	24	8808,84	0,0000618	зберігати
Диск зчеплення	24	2599,00	0,0000634	зберігати
Втулка гальмівна	24	3289,14	0,0000658	зберігати
Підшипник вижимний	24	6920,88	0,0000659	зберігати
Насос підйому кабіни	24	5738,7	0,0000662	зберігати
Тяга поперечна	24	6798,18	0,0000667	зберігати
Маховик двигуна	168	6869,34	0,0000670	зберігати
Стартер	24	22010,16	0,0000671	зберігати
Наконечник продольної тяги	24	1300,38	0,0000672	зберігати
Пасок генератора	24	838,62	0,0000675	зберігати
Розпилювач форсунки	72	1083,78	0,0000679	зберігати
Тяга продольна	24	3067,14	0,0000689	зберігати
Хрестовина карданного вала	24	7423,56	0,0000694	зберігати
Кільця поршневі	24	2033,58	0,0000695	зберігати
Деталі кабіни	24	3552,4	0,0000708	зберігати
Сайлентблоки	24	2313,90	0,0000712	зберігати
Паливний насос опалювача	24	4584,24	0,0000718	зберігати
Втулка торсіона кабіни	24	873,66	0,0000720	зберігати
Блоки управління комфортом	24	13021,26	0,0000732	зберігати
Піддон ДВЗ	24	12466,50	0,0000733	зберігати
Ремонтний комплект рульового механізму	24	305,40	0,0000739	зберігати
Паливний насос	24	16458,72	0,0000739	зберігати
Гайка колісна	24	108,00	0,0000743	зберігати
Кабель EBS	24	4149,54	0,0000745	зберігати
Джойстик управління КПП	24	2717,64	0,0000751	зберігати
Вентилятор з приводом	24	17937,84	0,0000755	зберігати
Сайлентблок торсіона кабіни	24	732,36	0,0000755	зберігати
Турбокомпресор та ущільнювачі	336	18392,94	0,0000773	зберігати
Блок управління КПП	336	15754,08	0,0000786	зберігати
Трубки та шланги єднальні	24	513,84	0,0000804	зберігати
Сальник хвостовика	24	746,10	0,0000806	зберігати
Датчик кута повороту	336	11047,02	0,0000813	зберігати
Форсунка омивача	24	1083,78	0,0000817	зберігати
Сальники	24	319,38	0,0000838	зберігати
Датчик тиску	24	1920,12	0,0000859	зберігати
Ремкомплект тахографа	168	765,78	0,0000860	зберігати
Блок EBS	336	20744,70	0,0000873	зберігати
Гайка наконечника рульової тяги	24	28,74	0,0000883	зберігати
Датчик зупиночного гальма	24	479,88	0,0000888	зберігати
КПП	336	35000,00	0,0000888	зберігати
Генератор	24	9090,60	0,0000891	зберігати
Реостат педалі газу	24	4906,44	0,0000923	зберігати
Циліндр підйомника кабіни	72	5054,16	0,0000923	зберігати
Блок EPS (модулятор КПП)	336	3816,54	0,0000951	зберігати
Кронштейн омивача фар	24	1174,08	0,0000969	зберігати
Ремкомплект сидіння водія	24	2202,06	0,0001017	зберігати
Насос гідропідсилювача	336	9369,24	0,0001032	зберігати

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
Інтеркулер	336	16076,10	0,0001044	зберігати
Задня плита ДВЗ	336	15017,34	0,0001071	зберігати
Деталі й датчики опалювача	24	1947,60	0,0001079	зберігати
Клавіша панелі управління	24	791,04	0,0001092	зберігати
Кран рівня підлоги кабіни	24	2838,18	0,0001198	зберігати
Торсіон кабіни	168	10768,92	0,0001307	зберігати
Автономний опалювач в зборі	24	9533,88	0,0001583	зберігати
ДВЗ в зборі	168	62500,00	0,0001717	зберігати
Датчики	24	314,88	0,0001750	зберігати

Висновки

Запропонований критерій на основі коефіцієнта технічної готовності автопарку, вірогідності відмови, часу проведення ремонтних робіт і часу доставки деталей на підприємство з моменту замовлення дозволяє визначати доцільність зберігання деталі; може бути використаний в методиці визначення оптимального складу запасних частин автотранспортного підприємства за номенклатурою та кількістю.

Список літератури

1. Нормы расхода автомобильных запасных частей. – М.: ЦНИИТЭН, 1970, ч. I-IV. – 295 с.
2. Лукинський В.С. Совершенствование методов расчета потребности в запасных частях к автомобильным двигателям / В.С. Лукинський, В.И. Сергеев. – Двигателестроение, 1982, №9. – С. 43-47.
3. Чечеткина А.А. Некоторые направления метода оптимизации показателей надежности машин / А.А. Чечеткина, Н.З. Гизатова // Вестник КГТУ. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – Вып. 39. – С. 619-624.
4. Бажинов А.В. Усовершенствование методов прогнозирования потребности в запасных частях к силовым агрегатам грузовых автомобилей. Диссертация канд. техн. наук / А.В. Бажинов. - Харьков, ХНАДУ, 2011. – 180 с.
5. Тенішев В.Є., Кравченко О.П., Верительник Є.А. Система прогнозування потреби запасних частин автомобілів-тягачів на основі гібридних нейронних мереж за допомогою статистичних даних / Матеріали III Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Інженерна механіка та транспорт» (ЕМТ-2013), 21-23 листопада 2013, м. Львів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013, с. 38-41
6. Мастепан С.М. Аналіз процесів управління запасами матеріальних ресурсів / Матеріали Всеукраїнського науково-практичного семінару «Організація обслуговування і ремонт автомобілів», (25 квітня 2014, Миколаїв). – Миколаїв, 2014. – С. 27-28.
7. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, В.П. Воронов, А.П. Болдин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
8. Кравченко А.П., Верительник Е.А. Мониторинг расхода запасных частей автомобилей-тягачей VOLVO FH 1242. А.П. Кравченко, Е.А. Верительник / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 9 (1052). – С. 33-38.

Кравченко А.П., Верительник Е.А. К определению критерия необходимости хранения запасных частей на складе автотранспортного предприятия

Аннотация. Предложен критерий определения необходимости хранения запасных частей на складе автотранспортного предприятия или заказа их, в случае отказа, на основе коэффициента технической готовности парка.

Ключевые слова: автомобильный парк, склад, деталь, запасные части



Kravchenko A.P., Veritelnik Y.A. Development criterion the necessity of details storing or not storing on auto- enterprise.

***Abstract.** The criterion of determination of necessity of storage of detail is offered on storage of autoenterprise or order of her in case of breakage on the basis of coefficient of technical readiness of park.*

***Keywords:** car park, warehouse, part, replacement parts*

Стаття надійшла до редакції 03.09.2014