

Математически модел за определяне на разхода на резервни части и материали за ремонт и оптимизация на запасите

Таня Пехливанова

Mathematical model for determination of the consumption of spare parts and materials for service and optimization of stocks. *Mathematical model for determination of the consumption of spare parts and materials for service of electric equipment of agricultural machinery is suggested on the paper. This model aims to optimize the number of spare parts for the planned period so that expenses for buying, conservation and losses in case of deficit are minimized.*

Key words: *spare parts, electric equipment, agricultural machinery, mathematical model.*

ВЪВЕДЕНИЕ

От практиката е известно, че понякога в складовете резервни части (РЧ) от един вид липсват, а от друг вид има излишък. При липса на РЧ се получават престои, които водят до загуби. Наличието на излишни елементи също води до загуби, защото така се „замразяват“ средства и се увеличават разходите за съхранение. Това обосновава необходимостта от съществуването на методи за определяне на потребностите от РЧ.

Номенклатурата и количеството на необходимите резервни части са функция на голям брой управляващи фактори - конструктивни, технологични и експлоатационни.

Съществуват много различни методи, модели и подходи за определяне на нормите за разход на резервни части, което се дължи на: наличието на различни области за използване на методите (проектиране, експлоатация и ремонт, планиране и разпределение); използване на различен математически апарат (теория на надеждността, теория на възстановяването, теория на масовото обслужване, теория на прогнозирането и др.); използването на различни източници на информация (вероятностно-статистически модели за оценка на ресурса на детайлите, данни за надеждността на машините при изпитване и експлоатация и др.) [4, 5].

Вероятностно-статистическите модели за определяне необходимия фонд от резервни части отразяват най-точно процесите на стареене и изменение на техническото състояние на елементите, а нормативите за резервни части, разработени на тяхна основа, отразяват най-добре потребностите от тях.

За използване на вероятностните модели е необходимо да се изследва равнището на надеждността на частите на машините.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В доклада е предложен вероятностно-статистически модел за определяне на разхода на резервни части и материали за ремонт и оптимизация на запасите от резервни елементи за електрообзавеждането на тракторите. Целта на модела е да се определи оптималното количество на запасни елементи за планирания период за N броя земеделски машини, така че да има минимум разходи за закупуване, съхранение и загуби в случай на дефицит.

Количеството на запаса от елементи за планирания период $T_{пл}$ за N броя земеделски машини трябва да съответства на нивото на надеждност на тези елементи, на техния фактически разход [1, 2]. Той зависи от междуремонтния ресурс L_p , т.к. ресурсът на елементите до замяна е

$$\hat{L}_{cp} = \int_0^{L_p} P(l)dl, \quad (1)$$

където $P(l)$ е вероятността за безотказна работа в течение на изработка l .

$$\text{Тогава средният параметър на заменени елементи е } \bar{\omega} = \frac{1}{\hat{L}_{cp}} = \frac{\bar{t} \cdot L_2}{365},$$

където \bar{t} е средният експлоатационен срок на елемента [3];
 L_2 е годишната изработка.

За планирания период T_{nl} , който зависи от периодичността на доставка на РЧ, всяка земеделска машина ще има изработка

$$L_{nl} = \frac{L_2}{365} \cdot T_{nl} \quad (2)$$

в течение на която средната честота на замяна на всеки детайл е

$$p_3 = \bar{\omega} L_{nl} = \frac{L_2 \cdot T_{nl}}{365 \cdot \hat{L}_{cp}} \approx \frac{T_{nl}}{\bar{t}}, \quad (3)$$

Задачата се състои в това да се определят какво количество s_0 резервни части трябва да има в началото на периода, така че да има минимум разходи за закупуване, съхранение и загуби в случай на дефицит [1, 2].

Вероятността да откажат точно m елемента за период T_{nl} се определя от формулата на Поасон [6].

$$P_{m,n} = \frac{(p_3 \cdot n)^m}{m!} e^{-p_3 \cdot n}, \quad (4)$$

където $n = n_1 N$ е количеството на детайли от даден вид в N земеделски машини
 n_1 – количеството детайли в една машина.

Ако запасът от елементи е s , то техният дефицит е $m - s$, а излишъкът $s - m$.
 Тогава разходите и загубите на склада за закупуване, излишък и недостиг на РЧ са

$$\begin{aligned} E_{s,зак} &= c \sum_{m=0}^n m \cdot P_{m,n}; \\ E_{s,изл} &= (c' + c_{с\grave{b}xp}) \sum_{m=0}^{s-1} (s-m) \cdot P_{m,n}; \\ E_{s,\delta} &= c_{\delta} \sum_{m=s+1}^n (m-s) \cdot P_{m,n}, \end{aligned} \quad (5)$$

където c е цената на един елемент;

$c_{с\grave{b}xp}$ са разходите за съхраняване на един елемент за планирания период;

c_{δ} - загубите от дефицит на един елемент;

c' - загубите от не използване на един елемент за планирания период
 $c' = c \left[e^{\varepsilon T_m} - 1 \right]$. Тук $\varepsilon = \frac{1}{365} \ln(1 + E_H)$, а E_H е нормативен коефициент.

Общите разходи са

$$E_{S_{\Sigma}} = E_{S, \text{зак}} + E_{S, \text{изл}} + E_{S, \text{д}}. \quad (6)$$

От свойствата на разпределението на Поасон може да се запише, че $E_{S, \text{зак}} = c p_3 n$.

Сумата на $E_{S, \text{изл}} + E_{S, \text{д}}$ от формула (6) се преобразува така:

$$E_{S, \text{изл}} = c'' s \sum_{m=0}^{s-1} P_{m,n} - c'' p_3 n \sum_{m=0}^{s-1} P_{m-1,n};$$

$$E_{S, \text{д}} = c_{\text{д}} p_3 n \sum_{m=s+1}^n P_{m,n} - c_{\text{д}} s \sum_{m=s+1}^n P_{m,n},$$

където $c'' = c' + c_{\text{цехр}}$ са загубите от не използване плюс разходите за съхранение.

Като се използва функцията

$$q(x) = \sum_{m=x}^{\infty} \frac{a^m}{m!} e^a, \quad (7)$$

за сумарните разходи се получава

$$E_{S_{\Sigma}} = c n p_3 + c'' \left\{ s [1 - q(s)] - n p_3 [1 - q(s-1)] \right\} + c_{\text{д}} [n p_3 q(s) - s q(s-1)]. \quad (8)$$

Относителните сумарни разходи са

$$U_s = \frac{E_{S_{\Sigma}}}{nc} = 1 + \frac{\nu_s - p_3}{\gamma_u + \gamma_{\text{д}}} \left[\frac{\gamma}{\gamma_u + \gamma_{\text{д}}} - q(\nu_s) \right], \quad (9)$$

където $\gamma_u = \frac{c''}{c}$, $\gamma_{\text{д}} = \frac{c_{\text{д}}}{c}$ и $\nu_s = \frac{s}{n}$, а $\frac{1}{n}$ не е отчетена, защото е пренебрежимо малка спрямо ν_s .

Минимизирайки функцията U_s може да се определи оптималната стойност на ν_{s_o} и оптималния запас $s_o = \nu_{s_o} \cdot n$.

При големи стойности на a във формула (7) с достатъчна точност може да се замени

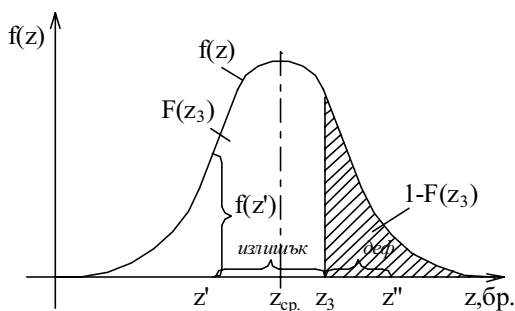
$$q(x) = 1 - F_o \left(\frac{x-a}{\sqrt{a}} \right),$$

където $F_0(y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{t^2}{2}} dt$.

Тогава

$$U_s = 1 + \frac{v_s - p_3}{\gamma_u + \gamma_\partial} \left[F_0 \left(\frac{v_s - p_3}{\sqrt{\frac{p_3}{n}}} \right) - \frac{\gamma_\partial}{\gamma_u + \gamma_\partial} \right]. \quad (10)$$

Изразът (10) се предпочита когато n е достатъчно голямо.



Фиг. 1. Схема за определяне на вероятността за излишък и дефицит на материали

За разработване на математически модел за оптимизация на запасите от материали се изхожда от следните предпоставки.

Нека случайната величина z на разходите на материали за планирания период има закон на разпределение $f(z)$ с параметри z_{cp} и σ_z (фиг.1). Т.к. на разхода на материали влияят много случайни фактори, на основата на централната гранична теорема може да се приеме, че този закон е нормален.

Ако запасът е z_3 , а фактическата потребност z , то разходите за закупуване, от „замразяване” и съхранение на излишните материали и от дефицит са:

$$E_{z,зак} = c_z \int_0^{\infty} z f(z) dz = c_z \cdot z_{cp};$$

$$E_{z,изл} = c_{z,изл} P\{z < z_3\} = c_{z,изл} \int_0^{z_3} (z_3 - z) f(z) dz; \quad (11)$$

$$E_{z,\partial} = c_{z,\partial} P\{z \geq z_3\} = c_{z,\partial} \int_{z_3}^{\infty} (z - z_3) f(z) dz,$$

където c_z е стойността на единица количество материал;

$c_{z,изл}$ са разходите, свързани със замразяване и съхранение на единица количество излишен материал;

$c_{z,\partial}$ са загубите от дефицит на единица количество материал.

Сумирайки елементите на разходите и разкривайки скобите се получава:

$$E_{z_{\Sigma}} = c_z \cdot z_{CP} + c_{z,изл} \left[z_3 F(z_3) - \int_0^{z_3} z \cdot f(z) dz \right] + c_{z,\delta} \left\{ \int_{z_3}^{\infty} z \cdot f(z) dz - z_3 [1 - F(z_3)] \right\}. \quad (12)$$

Минимизирайки $E_{z_{\Sigma}}$ може да се определи оптималния запас $z_{3,opt}$, който ще бъде функция на вида и параметрите на закона на разпределение $f(z)$ и на величините c_z , $c_{z,изл}$, $c_{z,\delta}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният математически модел позволява да се определи оптималното количество на запасни елементи за електрообзавеждането на трактори и автомобили за предварително планиран период, така че да има минимум разходи за закупуване, съхранение и загуби в случай на дефицит. За да се приложи модела е необходимо да се разполага с данни за средния експлоатационен срок на отделните елементи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Галкин, В.Г., В.П. Парамзин, В.А. Четвергов. Надежность тягового подвижного состава. М., 1981
- [2] Пехливанова Т. Изследване и оптимизиране на запаса от резервни части за поддържане на електрообзавеждането на техника в земеделието. Дисертация за получаване на ОНС „Доктор”, Русе, 2009
- [3] Пехливанова Т., Хр. Белолев. Изследване на надеждността на електрооборудването на трактори чрез експертно проучване, Научна конференция РУ&СУ’08, гр. Русе, 31.10.08 – 01.11.08. ISSN 1311-3321
- [4] Тасев, Г. и др. Методика за разработване на нормативи за обменни елементи на тракторите. С., 1989
- [5] Тасев, Г. Класификация на методите за разработване на нормативи за резервни части. МЗ, 1998, 3, с.12-15.
- [6] Lazarov, I. Moulding of the Practical Training at Assessment of Risk for the Safety. Edirne, The 5th International Balkan Education and Science Congress “Education in the Balkans Today”, October, 01-03.2009, pp.295-297.

За контакти:

Гл. ас. Таня Пехливанова, Технически колеж – Ямбол, e-mail: tania_ipg@abv.bg

Докладът е рецензиран.