

УДК 629.114.2.02.-191

О.С. Полянський, к.т.н., докторант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ТРАКТОРІВ ВИКОРИСТАННЯМ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН

На прикладі трактора Т-150ДО визначене число запасних елементів, що забезпечують мінімум сумарних витрат на виробництво й експлуатацію при заданому рівні надійності.

Застосування запасних частин дозволяє підвищити експлуатаційну надійність машини, але підвищить витрати на стадії виробництва.

Розглянемо цю проблему докладніше. Нехай як показник надійності прийнята інтенсивність відмовлень машини (λ_c) у сезоні, що дорівнює сумі інтенсивностей відмовлень її елементів (λ_i):

$$\lambda_c(t_o) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t_o).$$

Будемо думати, що $\lambda_c(t_o) \leq A = \text{const}$, де A і t_o – задано, t_o – період роботи машини в сезоні.

Формула сумарної вартості виробництва й експлуатації машини з урахуванням запасних частин набуде вигляду [1]:

$$C_{\text{сп}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i \cdot k_i}{\lambda_i^{ac}} + b_i \cdot \frac{\lambda_i}{k_i} \right), \quad (1)$$

де a_i, a_i, b_i – коефіцієнти;

k_i – число запасних елементів кожного виду.

Задача оптимізації запасних частин, витрат на їхнє виготовлення й експлуатацію зважують-ся методом невизначених множників Лагранжа.

Інтенсивність відмовлення машини тепер дорівнює:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{k_i}.$$

Інтенсивності відмовлень елементів (λ_i) вважаються заданими, і для вихідного варіанта їх значення наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Техніко-економічні характеристики тракторів

Найменування агрегатів і систем	Трактор Т-150ДО			Трактор МТЗ-1005		
	Наробіток на відмовлення, год.	Інтенсивність відмовлень	Ціна, грн.	Наробіток на відмовлення, год.	Інтенсивність відмовлень	Ціна, грн.
	Вихідні дані					
Двигун	1000	0,001	33481	1850	0,00054	14498
Трансмсія	2500	0,0004	35635	3000	0,00033	10484
Муфта зчеплення	2000	0,0005	3000	4500	0,00022	1089
Ходова система	5000	0,0002	10978	6000	0,00017	5416
Несуча система	10000	0,0001	7406	12000	0,00008	2281
Гідронапінна система	2500	0,0004	4500	3000	0,00033	1327
Електроустаткування	2500	0,0004	5000	4000	0,00025	2500
По трактору	330	0,003	100000	520	0,00192	37595
	Зведені характеристики					
Двигун				1850	0,00054	70845
Трансмсія				3000	0,00033	44293
Муфта зчеплення				4000	0,00025	7178
Ходова система				6000	0,00017	13665
Несуча система				12000	0,00008	9640
Гідронапінна система				3000	0,00033	5605
Електроустаткування				3000	0,00033	8418
По трактору				520	0,00192	159664

Дані трактори – аналоги МТЗ–1005 – приведені до порівняльного виду, використовуючи дослідження [2].

Коефіцієнти α_i, a_i і b_i визначаємо за формулами [1]:

$$a_i = C_{Д1} \cdot \lambda_{Д1}^{\alpha_i}; \quad b_i = \frac{C_{\alpha,i}}{\lambda_i}; \quad \alpha = \frac{\ln C_{Д2} - \ln C_{Д1}}{\ln \lambda_{Д1} - \ln \lambda_{Д2}}$$

Рівняння для інтенсивності відмовлень кожного агрегату має вид:

$$\lambda_i = \left(\frac{a_i \cdot \alpha_i}{b_i + \Theta} \right)^{\frac{1}{\alpha_i+1}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

де Θ – невизначений множник Лагранжа.

Невизначений множник Лагранжа визначається числовим перебором за формулою (2) з умови забезпечення рівності суми інтенсивностей $\lambda_c = 0,000671/\text{год.}$, що відповідає $T_o = 1500$ год., рівному річному виробітку. Значення коефіцієнтів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Числові значення коефіцієнтів у формулах (1) і (2)

	α_i	a_i	b_i	Θ
Двигун	1,216	7,53	$3,5 \cdot 10^8$	$5,97 \cdot 10^8$
Трансмісія	1,135	4,96	$3,58 \cdot 10^8$	
Муфта зчеплення	1,1	0,7	$0,9 \cdot 10^8$	
Ходова система	1,341	0,12	$2,15 \cdot 10^8$	
Несуча система	1,184	0,14	$3,22 \cdot 10^8$	
Гідронапірна система	1,141	0,6	$0,45 \cdot 10^8$	
Електроустаткування	1,11	0,85	$0,9 \cdot 10^8$	

Розглянутий варіант забезпечення надійності трактора будемо порівнювати з вихідним, витрати на проектування, виробництво й експлуатацію якого визначаються при існуючому розподілі інтенсивності відмовлень між агрегатами за формулою:

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i}{\lambda_i^{\alpha_i}(t_o)} + b_i \cdot \lambda_i(t_o) \right)$$

Використовуючи дані таблиць 1 і 2, визначені витрати для вихідного варіанта, що наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Параметри вихідного варіанта

Найменування агрегату	Ціна, грн.	Інтенсивність відмовлень, 1/год.	Наробіток на відмовлення, год.	Витрати на вир-во, ($C_{вр}$), грн.	Витрати на експл. (C_3), грн.	Сумарні витрати (3_{Σ}), грн.	$C_3/C_{вр}$
Двигун	33481	0,001	1000	33467	89000	122467	2,66
Трансмісія	35635	0,0004	2500	35683	95200	130883	2,67
Муфта зчеплення	3000	0,0005	2000	2991	8000	10991	2,67
Ходова система	10978	0,0002	5000	10909	29400	40309	2,7
Несуча система	7406	0,0001	10000	7609	19800	27409	2,6
Гідронапірна система	4500	0,0004	2500	4511	12000	16511	2,66
Електроустаткування	5000	0,0004	2500	5030	13200	18230	2,62
По трактору	100000	0,003	330	100200	266600	366800	2,66

Визначимо число запасних елементів машини, що забезпечують мінімум сумарних витрат на виробництво й експлуатацію при заданому рівні надійності.

Запишемо цільову функцію, застосовуючи метод невизначених множників Лагранжа, прирівняємо до нуля похідну й одержимо [1]:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i \cdot k_i}{\lambda_i^{\alpha_i}} + b_i \cdot \frac{\lambda_i}{k_i} \right) + \Theta \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i}{k_i},$$

де Θ – невизначений множник Лагранжа.

$$\frac{d\Phi}{dk_i} = \frac{a_i \cdot k_i}{\lambda_i^{\alpha_i}} - b_i \cdot \frac{\lambda_i}{k_i^2} - \Theta \cdot \frac{\lambda_i}{k_i^2} = 0.$$

Звідси:

$$k_i = \sqrt{\frac{\lambda_i^{\alpha_i+1} \cdot (b_i + \Theta)}{a_i}}. \quad (3)$$

Підставляючи числові значення вхідних у формулу величин, одержимо $\theta = 4,51 \cdot 10^8$. За формулою (3) визначаємо число запасних елементів, а за формулою (1) – витрати на виробництво й експлуатацію. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.

Таблиця 4

Параметри варіанта забезпечення заданого рівня надійності
($\lambda_c = 0,00067$ 1/год.) використанням запасних елементів

Найменування агрегату	Число запасних елементів	Витрати на вир-во ($C_{пр}$), грн.	Витрати на експл. ($C_{э}$), грн.	Сумарні витрати (C_{Σ}), грн.	$C_{э}/C_{пр}$
Двигун	4,02	134537	22139	156676	0,16
Трансмсія	2,78	99199	34245	133444	0,35
Муфта зчеплення	8,83	26411	906	27317	0,03
Ходова система	3,3	36000	8909	44909	0,25
Песочна система	2,92	22218	6780	28998	0,31
Гідронапісна система	6,52	29412	1840	31252	0,06
Електроустаткування	6,21	31236	2126	33362	0,07
По трактору		379013	76945	455958	0,2

Підвищення надійності машини дозволило знизити витрати на експлуатацію в 3,46 рази. Вартість виробництва зросла в 3,8 рази. Причому виробництво запасних частин зросло в 2,8 рази. Сумарні витрати на виробництво й експлуатацію в порівнянні з вихідним варіантом зросли в 1,24 рази.

Отримані результати дозволяють зробити висновок:

Заданий рівень надійності машини, рівний $\lambda_c = 0,00067$ 1/год. або $T_e = 1500$ ч., можна забезпечити використанням запасних елементів. Однак, цей варіант самий дорогий. Сумарні витрати складуть 4,56 Ц, хоча експлуатаційні витрати значно менше вихідного варіанта 0,77 Ц, що відповідає показникам закордонної техніки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Анилович В.Я., Полянский А.С. Техніко-економічна оптимізація при забезпеченні надійності техніки // Сборник научных трудов, ХГТУСХ. Тракторная энергетика в растениеводстве. – 2001. – С. 10–20.
2. Анилович В.Я., Полянский А.С., Строков А.П. Модель оптимізації стратегії експлуатаційної надійності сільськогосподарської техніки (на прикладі двигателя СМД-62) // Зб. наук. праць, УкрНДІПВТ. "Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технології для сільського господарства України". Випуск 1. – Дослідницьке, 1998. – С. 192–210.

ПОЛЯНСЬКИЙ Олександр Сергійович – докторант кафедри технології машинобудування і ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

– проблеми забезпечення заданого рівня надійності транспортних засобів на стадіях проектування, виробництва та експлуатації.

Тел.: (0572) 45-91-33.

Подано 16.01.2003

