

$$K_{и} = \frac{Q_{изр} \cdot F_{дк}}{Q_{изр} \cdot F_{изм}}$$

Тогда дополнительный пробег силового агрегата до замены масла составит

$$L_{ма} = (F_{дк} - F_{изм}) \frac{100 Q_{см} Q_{изр} F_{дк}}{H_l Q_{см} F_{изм}}$$

Полученные уравнения отражают изменения дополнительного пробега агрегата до замены масла в зависимости от изменения обобщающих параметров автомобиля с учётом его индивидуальных особенностей.

Если по результатам анализа отмечено повышенное содержание железа в масле, необходимо отправить на анализ дополнительную пробу и определить остальные браковочные показатели. Комплексная оценка служебных свойств моторного масла позволит сделать вывод о его дальнейшей эксплуатации.

#### Список литературы

1. Теоретические и прикладные задачи трения, износа и смазки машин: Пер. с нем. - М.: Наука, 1982. - 307 с.
2. Скундин Г. И. Влияние механических примесей в смазке на долговечность шестерен // Автомобильная и тракторная промышленность. - 1956, №2. - с. 12-15.
3. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах. К.: Техника, 1970. - 396 с.

#### Аннотация

### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРОКОВ СМЕНЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

*Рассмотрен метод прогнозирования изменения служебных свойств моторных масел с использованием методики фирмы «Лубризол» (США). На примере отечественного моторного масла «МАСТ ЭКСТРА Дизель» по предложенной методике определён срок его службы.*

#### Abstract

### PERIOD DEFINITION METHOD FOR MOTOR OIL REPLACEMENT FOR MACHINES OF TRANSPORT

*Was considered prognosing method for prognosing of motor oil's exploitation characteristics alteration by using methodics of "Lubrisol" firm (USA). On the example of the native motor oil "MAST EXTRA Diesel" was evaluated its exploitation resource by developed methodic.*

## ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАПОБІЖНО-КОМПЕНСУЮЧОЇ МУФТИ

Гевко І.Б., к.т.н., доцент; Комар Р.В.  
(Тернопільський державний технічний університет)

*В статті приведено методику оптимізації конструктивних параметрів кулькового запобіжно-компенсуючого пристрою. Дано практичні рекомендації щодо проектування відповідного технологічного оснащення, що дозволить суттєво зменшити його матеріаломісткість та собівартість.*

При проектуванні нових конструкцій будь-яких машин чи механізмів постійною є проблема вибору їх оптимальних параметрів, зокрема при розробці нових муфт, в залежності від умов їх експлуатації, бажаних функціональних характеристик, властивостей матеріалу та багатьох інших факторів методика розрахунку їх оптимальних конструктивних параметрів може суттєво змінюватись. Тому комплексне врахування усіх передуючих факторів можливе лише в рамках розв'язку оптимізаційної задачі [1].

Зокрема при проектуванні запобіжно-компенсуючої муфти [2] (рис. 1), функція мети даної конструкції мала наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 f_0 = & k_1 \pi (L_{11} (R_{11}^2 - r_{11}^2) - L_{12} (R_{12}^2 - r_{12}^2) - \frac{n}{2} r_4 (L_{11} - 2L_{12})) + \\
 & + 2k_2 \pi \left( \frac{4}{3} r_{21}^2 - \frac{2}{3} H_{21} (3r_{21} - H_{21}) - z r_4^2 H_{22} - R_{23}^2 H_{23} \right) + \\
 & + 2k_3 \pi L_3 (R_3^2 - r_3^2) + \frac{4}{3} k_4 \pi r_4^2 z + k_5 \frac{\pi^2 r_{51}^2 r_{52} z}{4 \cos \alpha_5} + k_6 \frac{\pi^2 r_{61}^2 r_{62} z}{4 \cos \alpha_6}
 \end{aligned} \quad (1)$$

де  $L_{11}$  – довжина зовнішньої обійми муфти;  $R_{11}$  – зовнішній радіус півмуфти;  $r_{11}$  – внутрішній радіус півмуфти;  $L_{12}$  – довжина виточки під обмежуюче кільце;  $r_{12}$  – внутрішній радіус виточки під обмежуюче кільце;  $R_{12}$  – зовнішній радіус виточки під обмежуюче кільце;  $n$  – кількість пазів;  $r_4$  – радіус кульки;  $r_{21}$  – радіус опуклої частини півмуфт;  $H_{21}$  – висота кульового сегмента;  $H_{22}$  – глибина посадочного отвору під кульку;  $R_{23}$  – внутрішній радіус півмуфти;  $H_{23}$  – довжина півмуфти;  $L_3$  – довжина обмежуючого кільця;  $R_3$  – зовнішній радіус кільця;  $r_3$  – внутрішній радіус кільця;  $r_{51}$  – радіус січення підтискної пружини;  $r_{52}$  – радіус підтискної пружини;  $\alpha_5$  – кут підйому гвинтової лінії підтискної пружини;  $r_{61}$  – радіус січення амортизуючої пружини;  $r_{62}$  – радіус амортизуючої пружини;  $z$  – кількість кульок;  $\alpha_6$  – кут підйому гвинтової лінії амортизуючої пружини.



а)



б)

Рис.1. Кулькова запобіжно-компенсуюча муфта:  
а) – загальний вигляд; б) – розкомплектована по деталях.

На зміну параметрів даної запобіжно-компенсуючої муфти накладалися наступні технологічні та експлуатаційні обмеження.

1) Умова забезпечення необхідної чутливості спрацювання в режимі запобіжної:

$$f_1 = -h + \frac{d_4}{2} \leq 0, \quad (2)$$

де  $h$  – глибина паза;

$d_4$  – діаметр кульки.

2) При неспіввідності з'єднаних валів для нормальної роботи пристрою повинна справджуватися умова:

$$f_2 = \arcsin\left(\frac{r_4 + r_2}{2r_4 + r_2 + h}\right) - \alpha_{\max} \leq 0, \quad (3)$$

де  $\alpha_{\max}$  – максимально допустимий кут перекосу валів.

3) Умова забезпечення стійкості стінок пазів обойми:

$$f_3 = \frac{T_{np}}{\pi d^2 \Omega_{21}} - [\sigma]_{\text{дон}} \leq 0, \quad (4)$$

де  $T_{np}$  – крутний момент на ведучому валу;

$[\sigma]_{\text{дон}}$  – допустиме контактне навантаження на стінках пазів.

4) Умова забезпечення необхідної кількості кульок:

$$f_4 = z + \frac{\cos \rho}{(\cos \alpha - \rho)\left(\operatorname{tg}(\alpha - \rho) - \frac{4}{\pi f}\right)} \leq 0, \quad (5)$$

де  $\alpha$  – кут між напрямком дії колової сили і нормаллю від точки контакту кульки з поверхнею паза;

$\rho$  – зведений кут тертя в парі контакту кулька-паз;

$f$  – коефіцієнт тертя між кулькою та стінками посадочного отвору.

5) Умова забезпечення необхідної кількості пазів:

$$f_5 = -n + 2mz \leq 0, \quad (6)$$

$$m = 1, 2,$$

б) Умова забезпечення стабільної стійкості нормальної роботи муфти:

$$f_6 = \frac{2T_{\text{фр}}}{2D_{21}} \left( \operatorname{tg}(\alpha - \rho) - \frac{4}{\pi f} \right) - P_{\text{доп}} \leq 0, \quad (7)$$

де  $P_{\text{доп}}$  — допустима сила тиску кульки на поверхню паза.

7) Умова міцності пружного елемента при динамічному навантаженні (у випадку функціонування муфти у запобіжному режимі):

$$f_7 = \frac{2T_{\text{фр}} \operatorname{tg} \alpha_5 \left( 1 + \frac{1}{2D_{52}} \right) z}{\pi d_{51}^3} \leq [\sigma]_{\text{max}} \quad (8)$$

За незалежні змінні були прийняті наступні параметри муфти:  $x_1 = r_1$ ,  $x_2 = h$ ,  $x_3 = z$ ,  $x_4 = r_{51}$ .

Для зручності розрахунку об'єми деталей, які безпосередньо не впливають на зміну шуканих конструктивних параметрів рекомендується узагальнено позначати  $V_1, \dots, V_n$  (тобто  $V_3$  і  $V_6$ ).

З врахуванням незалежних змінних функції обмеження мають наступний вигляд:

$$x_1 - x_2 \leq 0; \quad (9)$$

$$\frac{x_1 - r_{21}}{2x_1 + r_{21} + x_2} - \sin \alpha_{\text{max}} \leq 0; \quad (10)$$

$$\frac{c_3}{x_1^2} - [\sigma]_{\text{доп}} \leq 0; \quad (11)$$

$$c_4 - x_3 \leq 0; \quad (12)$$

$$c_5 x_3 - n \leq 0; \quad (13)$$

$$\frac{c_6 c_7}{x_3} - P_{\text{доп}} \leq 0; \quad (14)$$

$$\frac{2c_8 x_3 (4D_{52} + 1)}{x_4^3} - [\sigma]_{\text{max}} \leq 0, \quad (15)$$

$$\text{де } c_3 = \frac{3T_{\text{фр}}}{\pi D_{21}}, c_4 = \frac{\cos \rho}{(\cos \alpha - \rho) \left( \operatorname{tg}(\alpha - \rho) - \frac{4}{\pi f} \right)}, c_5 = 2m,$$

$$c_6 = \frac{2T_{\text{фр}}}{D_{21}}, c_7 = \operatorname{tg}(\alpha - \rho) - \frac{4}{\pi f}, c_8 = \frac{2T_{\text{фр}} \operatorname{tg} \alpha_5}{D_{52} \pi}.$$

Використовуючи метод множин Лагранжа, де  $\varphi(x, u) = f_0 + \sum_{i=1}^6 u_i f_i$ ,  $u_i \geq 0$ ,

та застосовуючи умови Куна-Таккера, було мінімізовано функцію мети при

$$\frac{\partial \varphi(x, u)}{\partial x_i} = 0, \text{ та } u_i f_i = 0.$$

Функції мети:

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} = -\frac{k_1 \pi n}{2} (L_{11} - 2L_{12}) - 4k_2 \pi x_1 H_{22} + \frac{8}{3} k_4 \pi x_1 = 0; \quad (16)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_2} = 0; \quad (17)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_3} = -2k_2 \pi x_1^2 H_{22} + \frac{k_5 \pi x_4^2 r_{52}}{4 \cos \alpha_5} = 0; \quad (18)$$

$$\frac{\partial f}{\partial x_4} = \frac{k_5 \pi^2 r_{52} x_3}{4 \cos \alpha_5} = 0. \quad (19)$$

Використовуючи можливі розв'язки, що задовольняють умову Куна-Таккера і можуть мати місце при розв'язку загальної задачі при оптимізації, в залежності від вихідних даних було отримано відповідні системи рівнянь.

Так для обчислення діаметра кульок, які використовуються в даному пристрої використовувалася наступна залежність:

$$r_4 = \sqrt{\frac{3T_{\text{кр}}[\sigma]_{\text{доп}}}{2\pi r_{21}}}. \quad (20)$$

Величина глибини паза зовнішньої обойми муфти рівна:

$$x_2 = h = \frac{r_4 - r_{21}}{\sin \alpha_{\text{пзх}}} - (r_4 - r_{21}) = (r_4 - r_{21}) \frac{1}{\sin \alpha_{\text{пзх}}} - 1). \quad (21)$$

Необхідна кількість кульок вибиралась з умови:

$$x_3 = z = \frac{n}{2m}. \quad (22)$$

Розрахунковий радіус пружного елемента можна знайти по наступній залежності:

$$x_4 = r_{51} = \sqrt{\frac{2T_{\text{кр}} \operatorname{tg} \alpha_5 (4D_{52} + 1)n}{2m[\sigma]_{\text{пзх}}}}. \quad (23)$$

Використання розробленої методики, що створена на основі аналізу та розв'язку складеної оптимізаційної задачі, в загальному дозволило скоротити матеріаломісткість дослідної моделі запобіжно-компенсуючої муфти на 10...15% і суттєво зменшити трудомісткість процесу.

#### Список літератури

1. М.І.Пялинець, І.Б.Гевко, А.О.Вітровий. Оптимізація робочого органу з секційних елементів для гнучких гвинтових конвеєрів // Сільськогосподарські машини. – Луцьк, 1999. Вип.5, с. 202-216;

2. Деклараційний патент України № 43244 А, МКИ F16D3/22. Запобіжно-компенсуюча муфта / Б.В. Гулка, Р.В. Комар. Заявлено 25.04.2001; Опубл. 15.11.2001, Бюл. № 10.

## Аннотация

### Оптимизация конструкции предохранительно-компенсирующей муфты

*В статье наведено методику оптимизации конструктивных параметров шарикового предохранительно-компенсирующего устройства. Даны практические рекомендации к проектированию соответственного технологического оборудования, что позволяет существенно сократить его материалоемкость и себестоимость.*

## Abstract

### Optimization of the construction of protection-compensation clutch

*In article it is induced a technique of optimization of design parameters of the ball protection-compensating device. Practical recommendations to projection of the respective process equipment that allows essentially reducing it specific consumption of materials and the cost price are given.*