

**Методичні засади визначення технічного стану шестерень і зубчатих коліс**

**С.С. Карабиньош, доцент, О.В. Шевчук, студент – магістр**  
(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

*В статті приведено методичні засади визначення технічного стану шестерень і зубчатих коліс та результати досліджень і встановлення статистичних характеристик розподілу величин їх зношування. Ваказано на можливі технології усунення виявлених пошкоджень.*

*Введення.* Забезпечення працездатності сільськогосподарських машин неможливе без достовірної інформації про технічний стан деталей, які надходять у ремонт. Ця інформація використовується для визначення обсягів виготовлення нових деталей і відновлення тих, що були в експлуатації, а також проектування технологічних процесів їх відновлення, розробки проектів спеціалізованих з відновлення дільниць [3, 4]. При аналізі технічного стану деталі, досліджуються умови роботи, види та характер дефектів і пошкоджень, фізико-механічні властивості та особливості конструкції.

*Мета дослідження.* Розробити методичні засади визначення технічного стану шестерень і зубчатих коліс при відновленні їх працездатності.

*Результати досліджень.* У коробках зміни передач сільськогосподарської техніки застосовуються циліндричні прямозубі та косозубі зубчасті колеса з евольвентним зачепленням 8...11 ступеня точності. Для коробок передач та редукторів рекомендуються зубчасті колеса з модулем, регламентованим стандартом. Наприклад, для тракторів класу до 3-х кН модуль зуба знаходиться в діапазоні 2,25...2,27 мм, більших класів – 2,75...3,5 мм; у вантажних автомобілях малої та середньої вантажопідйомності – 3,5...4,25 мм, великої – 4,25...5,0 мм. Пересувні шестерні першої передачі, а також пари на виході з понижуючого редуктора, мають модуль 5 мм, а інколи 6 мм. У коробках передач тракторів застосовуються зубчасті колеса з модулем 3...6 мм і

шириною зубчастого вінця 25...60 мм [1. 4].

Для виготовлення зубчатих коліс використовують, як правило, низьковуглецеві леговані конструкційні сталі. Зубчасті колеса тракторів виготовляють із хромомарганцевих сталей 18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ [3, 4].

На базі співставлення допустимих при ремонті і фактичних розмірів зношених поверхонь (табл.2.) встановлено технічний стан шестерень. При дослідженні ремонтного фонду для найбільш повного відображення інформації про їх технічний стан дослідження проводяться для 25 деталей. Дослідження проводимо для всіх видів дефектів [3] :

Таблиця 2. Результати розрахунків граничних та допустимих при ремонті розмірів і зносів деталей шестерні.

№ дефекту	Найменування позначення деталей. Найменування і номінальні розміри робочих поверхонь мм. Допуск, мм.	Посадка по кресленню натяг, зазор	допуск		Допустимі і граничні зноси, мм	Допустимі граничні при ремонті		
			Розмірів	посадка		Знос деталей, мм	Розмір деталей, мм	Натяг, зазор
1	Шестерня	+0,017	0,045	0,085	0,224	0,152	8,167	0,188
	Шпонковий паз $8_{+0.015}^{+0.065}$	+0,087			0,432	0,268	8,395	0,416
	Шпонка $8_{-0.025}$		0,015			0,082 0,138	7,825 7,96	
2	Шестерня $30_{+0.045}$	+0,025	0,045		0,326	0,143	30,124	0,296
		+0,13		0,105	0,583	0,267	30,265	0,67
	Вал $30_{-0.085}^{-0.025}$		0,06			0,173 0,356	29,784 29,642	0,212 0,49

Вивчення ремонтного фонду шестерень проведено із застосуванням методів математичної статистики, так як їх пошкодження відносяться до категорії випадкових величин. За допомогою методів математичної статистики розраховано показники розподілу величин зносів шестерень.

а) шестерня, дефект №2

Результати заносимо в табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Технічний стан деталей

Шпоночний паз	Дефект № 2	1	2	3	4	5
Величина зносу	+0,45 0,50	0,17	0,16	0,16	0,12	0,31
Висновок	Доп. 0,143 Гр. 0,267	В	В	В	В	Б

6	7	8	9	10	11	12	13
0,17	0,33	0,38	0,24	0,18	0,15	0,18	0,18
В	Б	Б	Б	Б	В	В	В

14	15	16	17	18	19	20	21
0,14	0,16	0,07	0,06	0,19	0,16	0,10	0,18
В	В	П	П	В	В	П	В

22	23	24	25
0,14	0,12	0,18	0,19
В	П	В	В

П – деталі, придатні до подальшої експлуатації ; В – деталі, що підлягають відновленню; Б – деталі, що підлягають вибракуванню .

Таким чином, за результатами розрахунків розподіл деталей наступний:

Придатних – 4 шт. На відновлення – 17 шт. На вибракування — 4 шт.

Технічний стан деталей, які надходять у ремонт, оцінюється коефіцієнтами придатності ( $K_{пр}$ ), відновлення ( $K_{в}$ ) і змінності ( $K_{з}$ ). За отриманими результатами досліджень технічного стану деталей розраховано коефіцієнти придатності, відновлення та змінності за формулами [3]:

$$K_{пр} = n_{пр} / N ; \quad (1)$$

$$K_{в} = n_{в} / N ; \quad (2)$$

$$K_{з} = n_{з} / N \quad (3)$$

де  $n_{пр}$  – кількість придатних деталей ;

$n_{в}$  – кількість деталей, що підлягають відновленню ;

$n_{вб}$  – кількість деталей, що підлягають вибраковуванню ;

$N$  – загальна кількість досліджуваних деталей

За результатами розрахунків:  $K_{пр} = 0,16$  ;  $K_{в} = 0,68$  ;  $K_{з} = 0,16$

Статистика розподілу характеризує міру пошкодження несучих поверхонь деталей. Основні параметри визначено за формулами:

Розмах розсіювання пошкоджень [2]:

$$R = x_{\max} \cdots x_{\min} \quad (4)$$

де  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  – величина пошкодження  $i$  – ї несучої поверхні заданої деталі.

Середня величина пошкодження [2]:

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N}, \quad (5)$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – величина пошкодження  $i$ -ї несучої поверхні заданої деталі.

$N$  – загальна кількість досліджених деталей.

Тоді  $X = 0,17$  мм

Середнє квадратичне відхилення [2] :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x)^2}{N}}, \quad \sigma = 0,068 \quad (6)$$

де  $x_i$  – значення  $i$ -го показника пошкодження несучої поверхні заданої деталі.

Кількість інтервалів статичного ряду  $n = \sqrt{N} = \sqrt{25} = 5$ ,

де  $N$  – загальна кількість досліджених деталей.

Коефіцієнт варіації [4]:

$$v = \frac{\sigma}{x}; \quad v = \frac{0,068}{0,17} = 0,40 \quad (7)$$

Теоретичний закон розподілу підчиняється закону нормального розподілу (ЗНР).

Визначаємо величину одного інтервалу (A):

$$A = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n} = \frac{0,38 - 0,06}{5} = 0,064 \quad (8)$$

де  $x_{\max} \dots x_{\min}$  – величини пошкодження  $i$  – ї несучої поверхні заданої деталі.

Визначено вірогідні коефіцієнти придатності ( $P_{np}$ ) і відновлення ( $P_v$ ) несучих поверхонь деталей. Ймовірність придатності і відновлення деталей розглядаються як несумісні дії [4]:

$$P_{np} + P_v = 1 \quad (9)$$

Визначення чисельних значень  $P_v$  і  $P_{np}$  несучих поверхонь деталей виконується за допомогою нормованої (виражених в долях) функції Лапласа:

$$P_{np}(z_1 \leq z \leq z_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \quad (10)$$

$$\text{де } z_1 = \frac{x_1 - \varphi}{\sigma}, \quad z_2 = \frac{x_2 - \varphi}{\sigma},$$

$$\varphi = \varphi_{np} - \sigma = 30,02 - 0,18 = 29,84,$$

$\varphi_{np}$  - середній креслярський розмір  $\varphi_{np} = 30,02$  мм.

$x_1$  і  $x_2$  – найменший і найбільший допустимі при ремонті розміри несучих поверхонь шестерень.

$$x_1 = 30,134 \text{ мм.}$$

$$x_2 = \varphi \pm 3\sigma = 29,84 + 3 \cdot 0,071 = 30,053 \text{ мм.}$$

$$P_{np}(z_1 \leq z \leq z_2) = \Phi_0(z_2) - \Phi_0(z_1) = \Phi_0\left(\frac{x_2 - \varphi}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{x_1 - \varphi}{\sigma}\right), \quad (1.11)$$

$$\Phi_0\left(\frac{30,053 - 29,84}{0,071}\right) - \Phi_0\left(\frac{30,134 - 29,84}{0,071}\right) = \Phi_0(3) - \Phi_0(4,1),$$

$$z_2 = 3, \quad \Phi_0(z_2) = 0,4986,$$

$$z_1 = 4,1, \quad \Phi_0(z_1) = 0,4999.$$

$$P_{np} = z_2 - z_1 = 0,4986 - 0,4999 = -0,0013 \quad P_v = 1 - P_{np} = 1 - (-0,0013) = 1,0013$$

Результати приведених розрахунків заносимо в табл. 4.

Таблиця 4. Показники технічного стану ремонтного фонду

Назва показника	Одиниці вимірювання	Значення
1. Коефіцієнти :		
Придатності		0,16
Відновлення		0,68
Вибраковки		0,16
2. Межі зміни пошкодження	мм	0,06 – 0,32
3. Середнє значення дефекту	мм	0,17
4. Середнє квадратичне відхилення	мм	0,068
5. Коефіцієнт варіації		0,40
6. Теоретичний закон розподілу		ЗНР

*Висновки.* Таким чином, проведений аналіз технічного стану деталей, які досліджували, дозволив встановити, що найбільше значення параметрів по дефектах: величина зношування шпонкового пазу складає 0,173 мм; а величина знос зубів шестерень відповідно до 2,56 мм, величина знос внутрішньої поверхні ступиці – 0,455 мм. Попередньо встановлено, що для відновлення параметрів зубчатих поверхонь необхідно застосовувати електродугове крокове наплавлювання зношених зубів під шаром флюсу та наплавлювання в середовищі захисних газів. Поверхні ступиці під вал і відновлення шпонкового пазу наплавлювання в середовищі захисних газів. Таким чином вирішено: шпоночний паз найкраще відновлювати за допомогою електродугового наплавлювання бокової зношеної поверхні, а зуби шестерні – наплавлювати під шаром флюсу кроковим електродуговим наплавлюванням із наступним пластичним деформуванням і механічною обробкою.

### Список літератури

1. Чигринець А.Д., Дулеба А.Д. Відновлення шестерень коробок передач. // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. – К.: НТУ, ТАУ, 2002. – №.15. – С. 239–245.
2. РТМ-62. Методика статистической обработки эмпирических данных. – М.: 1962. – 20 с.
3. Гинзбург Е.Г., Голованов Н.Ф., Фирун Н.Б., Халевский И.Т. Зубчатые передачи:

Справочник машиностроения. – Л.: Машиностроение, ЛО, 1980. – 416 с.

4. Черноиванов В.И., Андреев В.П. Восстановление шестерен сельскохозяйственных машин. – М.: Колос, 1983. – 288 с.

## **Аннотация**

### **Методические принципы определения технического состояния шестерен и зубчатых колес**

**С.С.Карабиньош доцент, А.В.Шевчук – студент - магистр**

*В статье приведены методические принципы определения технического состояния шестерен и зубчатых колес и результаты исследований и установления статистических характеристик распределения величин их изнашивания. Указано на возможные технологии устранения выявленных повреждений.*

## **Abstract**

### **Methodical principles of determination of the technical state of cog-wheels and gear-wheels**

**S.S.Karabiniosh associate professor, A.V.Tshevchuk – a student is a master's degree**

*Methodical principles over of determination of the technical state of cog-wheels and gear-wheels and results of researches and establishment of statistical descriptions of distribution of sizes of their wear are brought in the article. Specified on the possible technologies removal of the educed damages.*