

## Зношення матеріалів деталей спряження вал–втулка

В.Б. Юдовинський, С.В. Кюрчев, О.В. Пенев, кандидати технічних наук

Ю.П. Мирненко, інженер

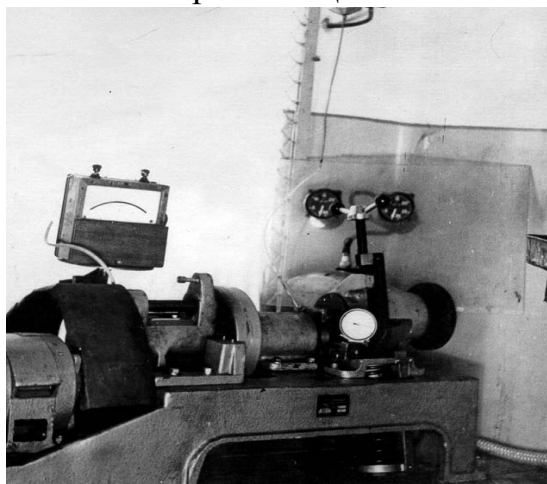
Таврійський державний агротехнологічний університет

*Розглядається вплив механічних характеристик матеріалів деталей спряження типу вал–втулка на їхні коефіцієнти зносу. Доведено, що всі механічні характеристики матеріалів знаходяться у взаємозв'язку за можливості руйнування поверхневих шарів.*

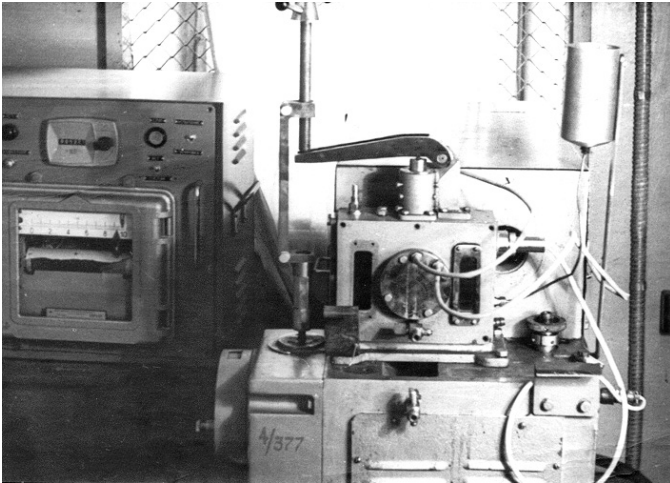
Прогнозування ресурсу роботи спряжень можливо за наявності узагальнюючого показника поведінки матеріалів деталей спряження від коефіцієнта зношування. Коефіцієнт зношування  $K_U$  – це характеристика властивостей матеріалів деталей спряжень та умов зношування. Вона залежить від розподілу тиску по поверхні контакту елементів спряження, шляху тертя і конструктивної форми спряження та визначає його належність до того чи іншого типу спряження за класифікацією згідно з умовами тертя та зношування [1].

Питанням зношування матеріалів різноманітних спряжень присвячено багато робіт [2–4]. Однак більшість авторів досліджують зношування деталей спряжень від різних умов зношування з урахуванням швидкісних та силових характеристик. У кращому випадку, враховується твердість матеріалу та її вплив на зношування. Відзначимо, що на зношування деталей спряження вал–втулка впливає не стільки характеристика поверхні кожної деталі, скільки відношення характеристик матеріалів вала та втулки. Тому **метою** нашої роботи було встановлення впливу механічних характеристик матеріалів деталей спряжень типу вал–втулка на їхні коефіцієнти зношування

Дослідженню піддавалися різні матеріали валів та втулок, які володіють різноманітними механічними характеристиками. Зношування проводили на машинах тертя СМЦ-2 і МІ-1М (рис. 1, 2).



**Рис. 1. Модернізована машина тертя МІ-1М**



*Рис. 2. Машина тертя СМЦ-2*

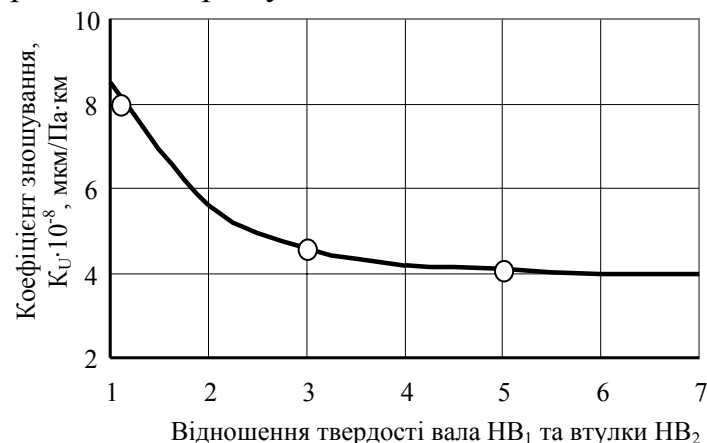
Коефіцієнт зношування, як показник силових, швидкісних та конструктивних параметрів матеріалів деталей спряження вал–втулка, як функція кута контакту, розраховували за формулою [1]

$$K_U(\alpha) = \frac{4a^2 \cdot U_2(U_2 + R_2) \cdot \sin \alpha}{D_1 \cdot S \cdot P},$$

де  $a$  – ширина втулки, мм;  $R_2$  – половина діаметра втулки, мм;  $D_1$  – діаметр вала, мм;  $S$  – шлях тертя, км;  $P$  – радіальне навантаження, Н;  $\alpha$  – кут контакту втулки по валу, град.

Дослідивши показники механічних властивостей матеріалів деталей спряження вал–втулка (загальну твердість  $HB$ , модуль пружності  $E$ , границю міцності  $\sigma$  та коефіцієнт Пуассона  $\mu$ ), отримали залежності коефіцієнта зношування  $K_U$  матеріалів деталей від відношення твердостей вала  $HB_1$  і втулки  $HB_2$  (рис. 3), від відношення модулів пружності матеріалів вала  $E_1$  та втулки  $E_2$  (рис. 4,а), від відношення коефіцієнтів Пуассона матеріалів вала  $\mu_1$  і втулки  $\mu_2$  (рис. 4,б) та від відношення меж міцності матеріалів вала  $\sigma_1$  і втулки  $\sigma_2$  (рис. 4,в).

Обравши одним з основних параметрів властивостей матеріалу його твердість та проаналізувавши коефіцієнти зношування матеріалів деталей спряження типу вал–втулка, можна встановити зв'язок між коефіцієнтом зношування та твердістю матеріалу.



**Рис. 3. Зміна коефіцієнта зношування матеріалів деталей спряження вал–втулка від відношення твердості вала  $HV_1$  та втулки  $HV_2$ .**

Як видно на рис. 3, знос деталей спряження вал–втулка залежить від відношення твердостей матеріалів валу та втулки. Причому, чим більше воно, тим менше сумарний знос. Оптимальним відношенням твердостей матеріалів вала та втулки є 6–7.

Мінімальний сумарний знос у спряженні вал–втулка спостерігається при відношенні модулів пружності 1,5–1,6 та за мінімального відношення коефіцієнтів Пуассона вала та втулки.



**Рис.4. Зміна коефіцієнта зношування матеріалів від відношення: а – модулів пружності вала  $E_1$  та втулки  $E_2$ ; б – коефіцієнтів Пуассона вала  $\mu_1$  и втулки –  $\mu_2$ ; в – меж міцності вала  $\sigma_1$  та втулки  $\sigma_2$**

Мінімальний сумарний знос у спряженні вал–втулка спостерігається при максимальному відношенні меж міцності матеріалів вала та втулки.

Застосувавши метод найменших квадратів, отримаємо емпіричні залежності коефіцієнтів зношування матеріалів деталей спряження типу вал–втулка  $K_U$  від їх властивостей:

$$K_U = \left[ 0,69 \left( \frac{HB_1}{HB_2} \right)^2 - 5,72 \left( \frac{HB_1}{HB_2} \right) + 13,03 \right] \cdot 10^{-5} \text{ мкм/Па·км};$$

$$K_U = \left[ 0,01 \left( \frac{E_1}{E_2} \right)^2 - 0,005 \left( \frac{E_1}{E_2} \right) + 0,003 \right] \cdot 10^{-5} \text{ мкм/Па·км};$$

$$K_U = \left[ 0,012 \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} - 0,007 \right) \right] \cdot 10^{-5} \text{ мкм/Па·км};$$

$$K_U = \left[ 0,003 \left( \frac{\sigma_{T1}}{\sigma_{T2}} \right) - 0,011 \right] \cdot 10^{-5} \text{ мкм/Па·км}.$$

Одержані залежності використовуються під час прогнозування ресурсу спряження за величиною максимально припустимого зносу в різних умовах експлуатації.

### **Висновки**

1. Проведені дослідження показали, що всі механічні характеристики матеріалів знаходяться у взаємозв'язку за можливості руйнування поверхневих шарів.

2. Знаючи різноманітні механічні характеристики матеріалів деталей спряження, можна спрогнозувати ресурс спряження типу вал–втулка за заданими параметрами з урахуванням максимально припустимого зазору.

3. Мінімальний знос деталей спряження буде тільки у тому випадку, коли відношення твердостей матеріалів вала та втулки буде не менш ніж 5,5–6.

### **Бібліографія**

1. Ковалев И.Т. Коэффициент износа материалов – показатель надежности сопряжений / И.Т. Ковалев, В.Б. Юдовинский // Надежность и контроль качества. – М., 1974. – № 2. – С. 31–38.

2. Проников А.С. Технологическая надежность станков / А.С. Проников. – М. : Машиностроение, 1971. – 592 с.

3. Юдовінський В.Б. Дослідження процесу зношування основних сполучень деталей сільськогосподарської техніки через коефіцієнт зносу / В.Б. Юдовінський, Д.П. Журавель, О.Д. Савченко // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2003. – Вип. 15. – С. 24–29.

4. Юдовинский В.Б. Обоснование комплексного показателя износостойкости материалов / В.Б. Юдовинский, Д.П. Журавель, Г.П. Петренко // Научные труды ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вып. 42. – С. 26–29.