

## АВТОМАТИЧНЕ ЖИВЛЕННЯ ТА СКЛАДАННЯ

---

УДК 621.833.1.001.2

КУЗЬО І.В., ВАСИЛЬЄВА О.Е.

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ПІД ЧАС ЇХ ВИПРОБУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ

© Кузьо І.В., Васильєва О.Е., 2000

**The construction of the test bed and technique of quantifying of dynamic loadings of gear transmissions at automation of the process of reproduction of these loadings on the test bed is considered.**

Під час експлуатації зубчастих передач відомі такі типові режими їх навантаження [1]: 1) тяжкий режим, який описується інтегральною функцією бета-розподілення; 2) середній рівноймовірний режим – інтегральною функцією рівноймовірного розподілення; 3) середній нормальний режим – інтегральною функцією нормального розподілення; 4) легкий режим – інтегральною функцією гамма-розподілення. Кожен з цих режимів навантаження по-різному впливає на межу витривалості зубців коліс передач як на згин, так і на контактну міцність. Наприклад, межа витривалості на згин при переході з важкого режиму навантаження на легкий при пульсуючих циклах навантаження збільшується приблизно на 10...30 % [1]. Але всі ці результати було отримано при виконанні експериментальних досліджень з врахуванням тільки статичного навантаження зубчастих передач.

Як відомо, динамічні перевантаження зубців коліс під час експлуатації при пусках, зупинках та переключеннях дуже змінюють загальну картину діючих напружень, що приводить до відповідного зменшення меж витривалості, а в деяких випадках і до відмови зубчатої передачі. Особливо це спостерігається при важкому та середньому рівноймовірному режимах роботи. Тому було поставлене завдання розробити конструкцію випробувального стенда, який дає можливість автоматично виконувати динамічні навантаження зубчастих коліс передачі при їх випробуванні на втомлювальну міцність. Кінематична схема такого стенда зображена на рис.1.

При конструюванні випробувального стенда за основу була прийнята конструкція стенда для випробування зубчастих передач на втому при статичних навантаженнях, яка розроблена Експериментальним науково-дослідним інститутом машинознавства (м.Москва) [2].

Основними вузлами стенда є редуктори 6 і 18, в яких встановлені випробувальні зубчасті колеса 1–4. Зубчасті колеса 1 і 3 з'єднані між собою валом 19 з глухими муфтами, а колеса 2 і 4 – валом 17 з карданними шарнірами. Редуктори мають привід від електродвигуна 20 через еластичну муфту 21.

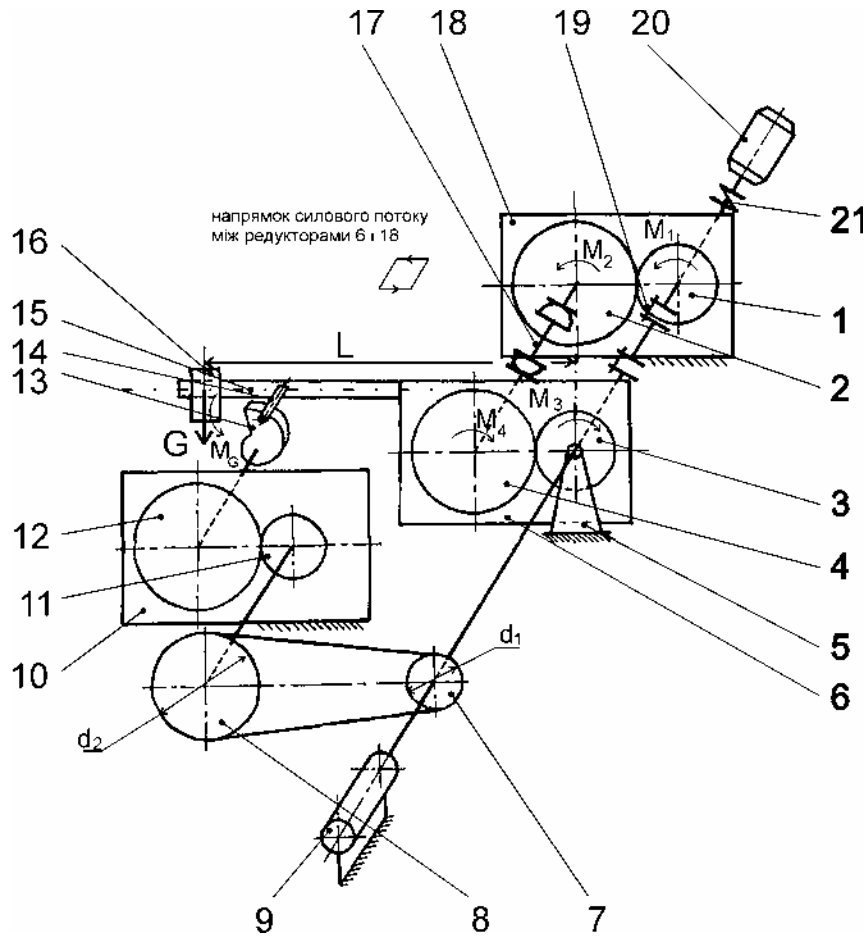


Рис.1. Кінематична схема випробувального стенда.

Редуктор 18 закріплено жорстко на фундамнтній плиті, а редуктор 6 – на підшипниках і двох опорах 5. Опори 5 також закріплено на фундамнтній плиті. Навантаження зубчастих коліс здійснюється за принципом замкненого силового потоку при навантаженні редуктора 6 моментом  $MG=GL$ , який здійснюється важелем 16 з вагою 15.

Для утворення динамічних навантажень в автоматичному режимі під час випробування зубчастих передач на втомлювальну міцність використовується кулачковий механізм, який складається з кулачка 13 і пальця 14, що закріплено на важелі 15. Обертний рух кулачка 13 здійснюється від електродвигуна 20 через муфту 21, вал 19, пасову передачу зі шківками 7 і 8, а також через гітару 10 змінних зубчастих коліс 11 і 12.

Динамічне навантаження зубчастих передач здійснюється при падінні пальця 14 важеля 16 з робочої зони кулачка 13, що приводить до замикання зубчастих передач редукторів. Саме при замиканні зубчастих передач і здійснюється динамічне навантаження. Напрямок силового потоку між редукторами 6 і 8 показано на рис.1.

Для визначення загальної кількості циклів роботи зубчастих передач до закінчення випробувань за прийнятими критеріями руйнування використовується лічильник циклів 9.

Сумарна кількість циклів навантаження зубчастих передач визначається так:

$$N_{\text{ц}} = N_{\text{ц.ст}} + N_{\text{ц.д}}, \quad (1)$$

де  $N_{\text{ц.ст}}$ ,  $N_{\text{ц.д}}$  – відповідно, кількість циклів статичного та динамічного навантажень.

В свою чергу кількість циклів динамічного навантаження можна визначити так:

$$N_{y,d} = N_y \cdot u_n \cdot u_z, \quad (2)$$

де  $u_n, u_z$  – відповідно, передавальні відношення пасової передачі та гітари змінних коліс. Ці передавальні відношення можна визначити за залежностями  $u_n = (d_1 / d_2) \cdot \eta$ ;  $u_z = z_{11} / z_{12}$ ; де  $d_1, d_2$  – відповідно, діаметри ведучого та веденого шківів;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії пасової передачі;  $z_{11}, z_{12}$  – кількість зубців змінних коліс гітари.

Після підстановки (2) в (1) можна визначити загальну кількість циклів статичного навантаження

$$N_{y,c} = N_y \cdot (1 - u_n u_z). \quad (3)$$

Отже, співвідношення між кількістю статичних і динамічних навантажень у розробленій конструкції випробувального стенда залежить від передавальних відношень  $u_n$  та  $u_z$ , які можна дуже легко змінювати і, в першу чергу, за рахунок змінних коліс 11 і 12 гітари.

Навантаження зубчастих коліс залежить від моменту  $M_G$ , а саме

$$M_1 = M_3 = \frac{M_G}{1 + \frac{z_4}{z_3} \frac{1}{\eta_{3,k}}} \cdot \frac{1}{\eta_{3,k}},$$

де  $z_3, z_4$  – відповідно, кількість зубців коліс 3 і 4;  $\eta_{3,k}$  – коефіцієнт корисної дії між цими зубчастими колесами;

$$M_4 = \frac{M_G}{1 + \frac{z_4}{z_3} \cdot \eta_{3,k}};$$

$$M_2 = M_4 \cdot \eta_{17},$$

де  $\eta_{17}$  – коефіцієнт корисної дії карданної передачі.

Результати аналізу розробленої конструкції випробувального стенда дали можливість зробити такі висновки:

1. Випробувальний стенд дозволяє виконувати дослідження циліндричних зубчастих передач на втому.

2. Під час випробувань зубчастих передач є можливість автоматично виконувати їх динамічне навантаження.

3. Є можливість дуже легко змінювати співвідношення між статичними і динамічними навантаженнями, що дуже важливо для оцінки втомлювальної міцності зубчастих передач, а саме:  $N_{y,d} / N_{y,c} = u_n u_z / (1 - u_n u_z)$ .

1. Решетов Д.Н., Чатынян Р.М. Исследование изгибной прочности зубьев зубчатых колес при переменных режимах нагружений // Вестн. Машиностроения. 1964. № 4. С.15–19. 2. Определение показателей надежности цилиндрических зубчатых передач методом ускоренных испытаний. М., 1969. 96 с.