

УДК 614.843(075.32)

Технічні науки, галузеве машинобудування

*К.т.н., доц. Васильєва О.Е., Чалий Д.О., Придатко О.В.*

*(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ РЕДУКТОРІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**Сучасний стан.** Зубчасті передачі будь-яких механізмів повинні виконувати задані функції при збереженні своїх експлуатаційних показників – надійності, особливо високої імовірності безвідмовної роботи та значного середнього наробітку до відмови, довговічності роботи, особливо, при різних режимах навантаження, ремонтпридатності тощо. При цьому, основою забезпечення цих експлуатаційних показників є правильно вибрані: схема компонування передачі, матеріал зубчастих коліс, конструктивні чинники зубчастих коліс, геометрія зачеплення, технологія виготовлення та умови роботи зубчастої передачі в процесі експлуатації.

**Мета.** Проаналізувати питання забезпечення міцності та зносостійкості зубчастих передач редукторів загального призначення технологічними методами з урахуванням дії внутрішніх та зовнішніх динамічних навантажень.

Основними видами руйнування зубчастих передач в процесі експлуатації є:

- втомна поломка зубців – 24 % ;
- втомне викришування робочих поверхонь зубців – 20 % ;
- зношування зубців – 18 % ;
- задири та заїдання зубців, крайові сколи тощо – 23 % ;
- поломка зубців від перевантаження – 15 %.

Таким чином, домінуючими видами руйнування зубчастих передач є втомне руйнування, зношування та поломка зубців від перевантаження, які становлять 77% всіх відмов. Результати досліджень стверджують, що значний

вплив на ці види руйнування зубчастих у процесі експлуатації мають динамічні навантаження. Вони виникають при роботі зубчастої передачі і поділяються на внутрішні та зовнішні.

Джерелом виникнення внутрішніх динамічних навантажень є зубчасті колеса передачі, які працюють в умовах навантаження при виконанні корисної роботи. Основний вплив на ці динамічні навантаження мають похибки основного кроку  $P_b$  зубців ведучого та веденого коліс, тобто ступінь точності їх виготовлення, згідно з ГОСТ 1643-81, та їхня колова швидкість.

Розглянемо питання врахування зовнішніх динамічних навантажень на зубці передачі в процесі експлуатації при розрахунках її на контактну міцність і міцність на згин. Встановлено чотири режими навантаження машини: рівномірний, з малою нерівномірністю, з середньою нерівномірністю та зі значною нерівномірністю. Залежно від вибраного режиму навантаження визначається значення коефіцієнта  $K_A$ , який враховує зовнішні динамічні навантаження. Його значення коливаються в межах від 1,0 до 2,25 при розрахунках на втому, а при розрахунках на міцність від максимального навантаження (при перехідних процесах) від 1,2 до 6. Ці значення встановлені за даними експериментів, динамічних розрахунків і галузевих норм для конкретних машин. Визначення коефіцієнта  $K_A$  для конкретних умов експлуатації роботи зубчастих передач є актуальним для забезпечення їх міцності та зносостійкості.

На міцність і зношування зубчастих передач у процесі експлуатації великий вплив має закон розподілу діючих навантажень за часом. За розподілом величин амплітуд напружень за часом можна виділити чотири типових режими:

- важкий режим, який описується інтегральною функцією бета-розподілу;
- середній рівноімовірний режим, який описується інтегральною функцією рівноімовірного розподілення;
- середній нормальний режим, який описується інтегральною функцією нормального розподілу;

- легкий режим, який описується інтегральною функцією гамма-розподілу.

Можна вважати, що режими навантаження та зовнішні динамічні навантаження впливають на міцність зубчастої передачі та на значення границі витривалості зубців коліс.

При нестационарних режимах навантаження сумування пошкоджень виконують за залежністю  $\sum(n_i/N_i)=a$ , де  $n_i$  – фактична кількість циклів навантаження,  $N_i$  – кількість циклів до руйнування для різних рівнів діючих напружень  $\sigma$ ;  $a$  – величина, яка характеризує опір деталі навантаженню.

У випадках одноступеневої зміни навантаження можуть відбуватись різні збіги початкових  $\sigma_n$  та кінцевих  $\sigma_k$  рівнів напружень і чисел циклів їх дії  $n_n$  і  $n_k$ . При короткому початковому навантаженні ( $\sigma_n < \sigma_k < \sigma_r$ ;  $n_n > N_n$ ) відбувається зміцнення матеріалу і збільшення  $n_k$  порівняно з  $N_k$ . В цьому випадку  $((n_n/N_n) + (n_k/N_k)) > 1$ , тобто підвищується міцність зубчастої передачі.

Стационарний режим навантаження зменшує витривалість матеріалу порівняно з нестационарним режимом. Інтенсивне зношування зубців має місце при  $\sigma_k > 2\sigma_{rk}$ , а накопичення контактної втоми в матеріалі проходить при напруженнях, які перевищують  $0,8\sigma_{rk}$ .

Пуски і зупинки зумовлюють підвищення контактної витривалості зубчастих коліс. Це пояснюється відсутністю в зачепленні в даний момент гідродинамічної мастильної плівки, що приводить до часткового наклепу робочих поверхонь зубців коліс.

При збільшенні колової швидкості від 0,3 до 21 м/с, навантажувальна здатність зубчастих коліс щодо заїдання зменшується в два рази. Але збільшення колової швидкості до певних значень, при яких ще не виникає критична температура, зменшує чутливість до заїдання. При наступному збільшенні колової швидкості зростає швидкість ковзання зубців, зменшується товщина мастильної плівки, що може призвести до заїдання зубців.

На границю міцності  $\sigma_b$  і границю витривалості матеріалу зубчастих коліс впливає їх робоча температура. При зростанні температури до 80...100°C

для вуглецевої сталі  $\sigma_b$  та границя витривалості підвищуються. При наступному збільшенні температури значення цих чинників різко зменшуються, що зумовлює збільшення швидкості втомлювальних руйнувань і зношування зубців.

Аналогічний вплив на руйнування і зношування зубчастих коліс має температура навколишнього середовища при значеннях більше  $20^{\circ}\text{C}$ .

Крім того, на інтенсивність зношування зубчастої передачі впливають зовнішні динамічні навантаження, які при перехідних процесах призводять до удару зубців коліс. В свою чергу зростання коефіцієнта тертя в період удару призводить до збільшення інтенсивності зношування, що пришвидшує зношування зубців коліс. Цей фактор не враховується у сучасних методах розрахунку зношування бокових робочих поверхонь зубців у процесі експлуатації, що зумовлює неточність визначення дійсного часу роботи зубчастої передачі.

На втомлювальну міцність зубчастого колеса певний вплив має середовище, в якому воно працює. Якщо середовище містить тільки поверхнево активні речовини (середовище хімічно неагресивне), то границя витривалості матеріалу зубчастих коліс не змінюється порівняно з границею витривалості для даного матеріалу у нормальному повітряному середовищі. У випадку експлуатації зубчастих коліс у хімічно агресивному середовищі розглядають так звану корозійну втому їх матеріалу, при якій не існує дійсної границі витривалості. Корозія руйнує поверхневі шари зубців, вінця тощо. Ці руйнування можуть бути розміщені рівномірно по поверхні зубчастого колеса, збігатися на окремих поверхнях або на дуже малих її ділянках.

Великий вплив на зношування зубців має середовище, яке містить абразивні частки, які співрозмірні з товщиною мастильного шару між зубцями. Якщо твердість абразиву дорівнює або менша твердості матеріалу зубчастого колеса, то зношування буде практично незначним. Швидкість об'ємного зношування пропорційна відносній кількості ріжучих абразивних зерен, які знаходяться в робочому середовищі. Внаслідок абразивного зношування

поверхневих шарів матеріалу зубців змінюється їх точність і міцність.

### **Висновки:**

1. Основою забезпечення міцності та зносостійкості зубчастих передач коробок відбору потужності пожежних автомобілів з урахуванням дії динамічних навантажень є раціональна схема її компоновання, обґрунтований вибір матеріалу зубчастих коліс, розрахунок і вибір конструктивно-геометричних чинників зубчастої передачі, застосування необхідних мастил.

2. Питання забезпечення міцності зубчастих передач технологічними методами з урахуванням дії внутрішніх динамічних навантажень достатньо вирішені та продовжують удосконалюватися, що підтверджується результатами робіт у цій галузі.

3. На міцність зубчастих передач в процесі експлуатації впливають внутрішні та зовнішні динамічні навантаження, які при розрахунках враховують за допомогою відповідних коефіцієнтів  $K_{Hv}$ ,  $K_{Fv}$ ,  $K_A$ .

4. Існуючі методи розрахунку зношування зубців передачі не враховують впливу зовнішніх динамічних навантажень, що призводить до неточності визначення дійсного терміну роботи зубчастої передачі.

### **ЛІТЕРАТУРА:**

1. Абрамов Б.М. Колебания прямозубых зубчатых колес. – Харьков: Изд-ство Харьк. ун-та, 1968. – 176 с.

2. Беляев Н.М. Сопротивление материалов - М.: Наука, 1976. - 608с.

16. Гавриленко В.А. Зубчатые передачи в машиностроении. - М.: Машгиз, 1962. - 531с

3. Гавриленко В.А. Зубчатые передачи в машиностроении. - М.: Машгиз, 1962. - 531с