

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗМА ИЗ НЕКРУГЛЫХ КОСОСИММЕТРИЧНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Отримано розрахункові залежності для визначення постійних коефіцієнтів, що містяться в передавальній функції, у залежності від основних геометричних параметрів передачі (міжосьової відстані й передавального числа) та коефіцієнту нерівномірності руху механізму при проектуванні передач некруглими зубчастими колесами з кососимметричною передавальною функцією.

Received a settlement dependences for definition of the constant coefficients which are included in transfer function, depending on the basic geometrical parameters of transmission (interaxial distance and transfer number) and coefficient of non-uniformity of movement of the mechanism at designing of transmissions by unround spur gears with sidelong-symmetrical function transmission relation.

**Постановка проблеми.** При проектуванні кососимметричної передачі, призначеної для попередження резонансних явищ в зубчатому редукторі (приводі) необхідно задовольнити вимоги, пред'явлювані до даного механізму. Одним з таких вимог є допустимість для даного механізму коефіцієнту нерівномірності його руху.

**Аналіз літератури.** До цього часу в літературних джерелах відсутні дані про коефіцієнт нерівномірності руху механізму з некруглими зубчастими колесами.

**Ціль статті.** Отримання аналітичних залежностей для визначення коефіцієнту нерівномірності руху механізму з некруглими зубчастими колесами з кососимметричною передавальною функцією, а також оцінка впливу цього коефіцієнту на основні геометричні параметри кососимметричної передачі.

При вивченні періодичних коливань швидкостей механізму або машини при установившійся режимі руху [1, 2] використовують коефіцієнт нерівномірності руху механізму або машини

$$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{cp}}, \quad (1)$$

де  $\omega_{\max}$  і  $\omega_{\min}$  – максимальні і мінімальні значення кутової швидкості розглянутого зчлену,  $\omega_{cp}$  – середнє значення кутової швидкості руху за період її зміни

$$\omega_{cp} \approx \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2}. \quad (2)$$

Коефіцієнт нерівномірності руху характеризує перепад кутової швидкості зчлену приводу в межах від  $\omega_{\min}$  до  $\omega_{\max}$ , але не характеризує динаміку руху зчлену приводу всередині одного повного циклу періоду установившогося руху.

Розглянемо коефіцієнт нерівномірності руху механізму з некруглими зубчастими колесами. При цьому кутову швидкість ведучого колеса приймаємо постійною ( $\omega_1 = \text{const}$ ).

Радіус центроїди ведучого колеса в загальному вигляді представимо [3, 4] рівнянням

$$r_1 = \frac{a_w i(\varphi_1)}{1 + i(\varphi_1)}, \quad (3)$$

де  $a_w$  – міжосьова відстань передачі,

$i(\varphi_1)$  – передаточна функція передачі некруглими зубчастими колесами,

$\varphi_1$  – кут повороту ведучого некрутого колеса.

В зв'язі з тим, що ведуче некруте зубчасте колесо обертається з постійною кутовою швидкістю, а ведомоє – з змінною, то перепад кутової швидкості буде суттєвим саме на ведомому колесі.

Кутові швидкості ведучого і ведомого колес зв'язані між собою залежністю

$$\omega_2 = \omega_1 i(\varphi_1). \quad (4)$$

Аналогічно

$$\omega_{2\max} = \omega_1 i(\varphi_1)_{\max}, \quad \omega_{2\min} = \omega_1 i(\varphi_1)_{\min}, \quad (5)$$

$$\omega_{2cp} = \omega_1 i(\varphi_1)_{cp} = \omega_1 / U_n.$$

Підставимо в вираз (1) значення (2) і (5). Тоді коефіцієнт нерівномірності руху механізму  $\delta$  буде дорівнювати

$$\delta = \frac{i(\varphi_1)_{\max} - i(\varphi_1)_{\min}}{i(\varphi_1)_{cp}}. \quad (6)$$

Отримане вираження (6) дає можливість визначити коефіцієнт нерівномірності руху механізму з некруглими зубчастими колесами з заданим законом зміни передаточної функції.

Крім того, задавши допустимі норми коефіцієнту нерівномірності руху механізму або машини [1] при відомій передаточній функції механізму з некруглими колесами, можна визначити

величину постоянного коэффициента, входящего в передаточную функцию. Это будет своего рода оптимизацией передаточной функции по допустимому коэффициенту неравномерности движения механизма.

Рассмотрим передачу некруглыми зубчатыми колесами с кососимметричным передаточным отношением [5] для предотвращения резонансных колебаний в редукторе [6].

Пусть известна передаточная функция зубчатой передачи [5, 7] редуктора

$$i(\varphi_1) = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r[2 + \cos(j_1\varphi_1)] + B \sin(j_1\varphi_1)}{U_n r [2 + \cos(j_1\varphi_1)] - B \sin(j_1\varphi_1)}, \quad (7)$$

где  $j_1$  – количество максимальных значений радиуса центроиды ведущего некруглого колеса,

$U_n$  – передаточное число данной передачи,

$r$  – средний радиус центроиды ведущего некруглого колеса

$$r = \frac{a_w}{U_n + 1}, \quad (7)$$

$B$  – постоянная величина, коэффициент, зависящий от коэффициента неравномерности движения механизма [6].

Принимаем звеном приведения ведущее колесо этой передачи, а передаточное отношение последующих ступеней привода принимаем постоянным.

Из уравнения (7) видно, что передаточная функция будет иметь максимальное значение при  $j_1\varphi_1 = 120^\circ$

$$i(\varphi_1)_{\max} = \frac{3r + B\sqrt{3}}{3U_n r - B\sqrt{3}} \quad (9)$$

и минимальное – при  $j_1\varphi_1 = 240^\circ$

$$i(\varphi_1)_{\min} = \frac{3r - B\sqrt{3}}{3U_n r + B\sqrt{3}}. \quad (10)$$

Среднее значение функции (7) можно принять равным при  $j_1\varphi_1 = 0^\circ$

Используя значения (9) и (10) в выражении (6), после несложных преобразований получим

$$\delta = U_n \left( \frac{\sqrt{3}r + B}{\sqrt{3}U_n r - B} - \frac{\sqrt{3}r - B}{\sqrt{3}U_n r + B} \right). \quad (11)$$

Отсюда

$$B = \frac{U_n r \sqrt{3}}{\delta} \left( \sqrt{U_n^2 + 2U_n + \delta^2 + 1} - U_n - 1 \right). \quad (12)$$

Полученная зависимость (12) связывает коэффициент неравномерности движения механизма  $\delta$  с постоянным коэффициентом  $B$  передаточной функции  $i(\varphi_1)$  и основными геометрическими параметрами передачи: передаточного числа  $U_n$  и межосевого расстояния  $a_w$ .

Подставим в выражения (11) и (12) значение (7) и получим

$$\delta = \frac{\sqrt{3}U_n a_w + U_n B(U_n + 1)}{\sqrt{3}U_n a_w - B(U_n + 1)} - \frac{\sqrt{3}U_n a_w - U_n B(U_n + 1)}{\sqrt{3}U_n a_w + B(U_n + 1)}, \quad (13)$$

$$B = \frac{a_w U_n \sqrt{3}}{\delta(U_n + 1)} \left( \sqrt{U_n^2 + 2U_n + \delta^2 + 1} - U_n - 1 \right). \quad (14)$$

Формулы (12) и (13) более удобны при проектных расчетах, так как межосевое расстояние передачи может быть принято из стандартного ряда или по другим конструктивным соображениям, а передаточное число обычно уже известно к началу расчета зубчатой передачи либо тоже выбирается из стандартного ряда.

Коэффициент  $\delta$  неравномерности движения механизма (машины) выбирают в зависимости от предъявляемых требований и назначения машины [2].

Проведены исследования по формуле (14) коэффициента  $B$  для различных значений входящих параметров. На графике (рис. 1) изображена зависимость коэффициента  $B$  от коэффициента неравномерности движения механизма  $\delta$  при различных значениях межосевого расстояния  $a_w$ .

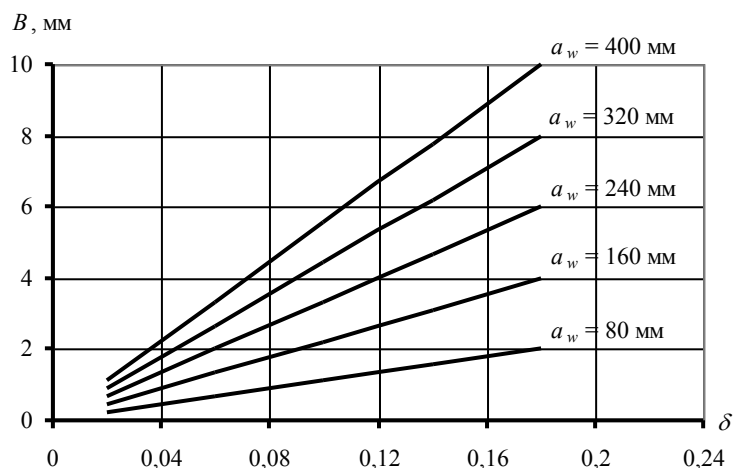


Рис. 1. Зависимость коэффициента  $B$  от  $\delta$  при  $U_n = 4$

На графике (рис. 2) изображена зависимость коэффициента  $B$  от величины передаточного числа передачи при различных значениях коэффициента неравномерности движения механизма  $\delta$ .

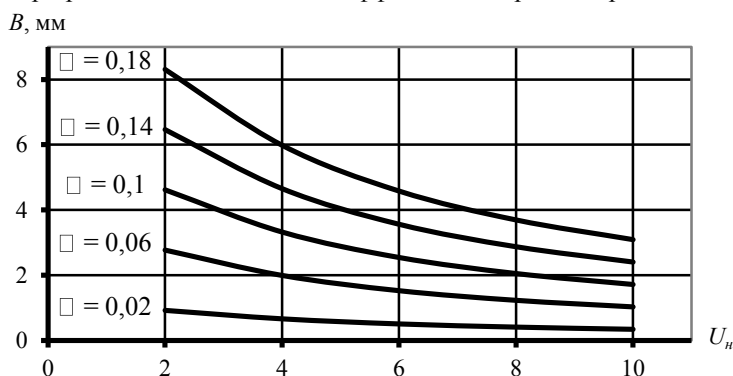


Рис. 2. Зависимость коэффициента  $B$  от  $U_n$  при  $a_w = 240$  мм

График (рис. 1) показывает прямую зависимость величины коэффициента  $B$  от величины коэффициента неравномерности движения механизма  $\delta$ . Коэффициент  $\delta$  может быть выбран по рекомендациям [1] для типовых машин или по конструктивным соображениям. Более рационально определять коэффициент неравномерности движения механизма  $\delta$ , проведя исследования резонансных колебаний проектируемого механизма. Из графика (рис. 2) видно, что при увеличении передаточного числа величина постоянного коэффициента  $B$  изменяется по гиперболической зависимости.

**Выводы.** Графики (рис. 1) и (рис.2) могут быть использованы при проектировании зубчатого механизма некруглыми колесами для выбора величины коэффициента  $B$ . График (рис. 2) показывает, что для сохранения требуемого коэффициента неравномерности движения механизма при заданном межосевом расстоянии передачи для увеличения передаточного числа следует несколько уменьшать постоянный коэффициент  $B$  передачи. Уравнение (5) имеет практическое значение при выборе постоянных коэффициентов любой передаточной функции на стадии исследования и проектирования передач некруглыми зубчатыми колесами для механизмов и машин с заданным допустимым коэффициентом неравномерности движения.

**Список литературы:** 1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1988. – 640с. 2. Добровольский В.В. Теория механизмов. – М.: Машгиз, 1950. 3. Литвин Ф.Л. Некруглые зубчатые колеса. Проектирование, теория зацепления и производство. – М.-Л.: Машгиз, 1956. – 307с. 4. Колчин Н.И. Общие геометрические соотношения в зацеплении некруглых колес // Сб. ЛОНИТОМАШ, – Л.: Машгиз, 1949. 5. Утатов Н.Л. Синтез зубчатых колес, предупреждающих резонансные колебания в редукторах / Депонирована в УкрНИИНТИ 15.01.86, №295 – Ук86. – 13с. 6. Утатов М.Л., Карнов О.П., Гремчук М.С. Критична частота обертання некруглих зубчастих коліс // Збірник наукових праць. Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. Вип.5. – Львів: Автобус, 2001. – С.134-136. 7. Утатов Н.Л., Карнов А.П. Геометрия кососимметричных цилиндрических круговинтовых передач // Вісник Східноукр. нац. ун-ту. №11(33), Луганськ, 2000. – С.114-123.

Поступила в редакцію 10.05.200