

УДК 681.527

Обеспечение точности зубчатых передач

Альков П.С.⁽¹⁾, Дозоров М.А.⁽²⁾

Студент⁽¹⁾

кафедра "Лазерные и оптико-электронные системы"

Студент⁽²⁾

кафедра "Технологии приборостроения"

Научный руководитель: Кокорев Ю.А.,

к.т.н., доцент кафедры "Элементы приборных устройств"

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Pavel_Alkov@mail.ru

Mihatron.91@mail.ru

Существующая концепция по нормированию параметров точности зубчатых колес давно устарела. Переработка стандарта, дело длительное, а пользоваться ими необходимо уже сегодня. В данной работе предлагается следующая методика расчетов, что очень важно в условиях ожидаемой сертификации продукции.

Для решения прямой задачи точности задаются степенью точностью отдельно взятого колеса, нормируемого по стандарту, затем рассчитывают монтажные погрешности и определяют степень точности колеса на рабочей оси в передаче.

$$F_{r1\text{табл.}j+N} \geq F_{r1} (N = 1, 2, \dots);$$

где j - степень точности отдельно взятого колеса. N - изменение степени точности при перерасчете параметра для перехода от отдельно взятого колеса к передаче.

Рассмотрим методику определения суммарной приведенной погрешности монтажа цилиндрических колес по формуле (ГОСТ 21098-82):

$$E_{\Sigma M} = \sqrt{\left(\frac{e_r \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta}\right)^2 + (e_a \operatorname{tg} \beta)^2}$$

где e_r - монтажное радиальное биение; e_a - монтажное осевое биение; $\alpha = 20^\circ$ - угол исходного профиля колеса; β - угол наклона линии зуба (поскольку $\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} 0 = 0$, то осевое биение не вносит своего вклада в суммарную погрешность).

Монтажное радиальное биение зубчатого венца (РБЗВ) колеса в передаче равно:

$$e_r = F_{rs} + F_{rst} + F_{rRi} + F_{rB} + F_{r\text{конт}} + F_{r\text{ШП}}$$

где F_{rs} - РБЗВ, вызванное максимальным посадочным зазором в соединении колесо - вал, (рис.1); F_{rst} - РБЗВ, вызванное относительным биением посадочных мест колеса и подшипника на валу, (рис.2); F_{rRi} - РБЗВ, вызванное биением дорожки качения внутреннего кольца шарикоподшипника (рис.4); F_{rB} - допуск на РБЗВ (биение, вызванное погрешностью изготовления колеса) (рис.3); $F_{r\text{конт}}$ - РБЗВ,

вызванное относительным биением отверстий в корпусе для установки наружных колец шарикоподшипника (рис.5); $F_{r\text{ШП}}$ - РБЗВ, вызванное максимальным посадочным зазором в соединении подшипник - корпус (рис.6).

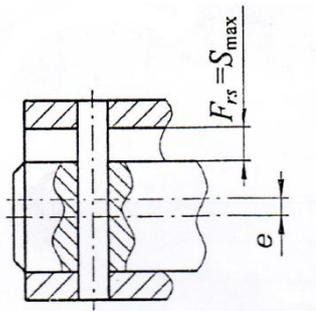


Рис. 1 РБЗВ, вызванное максимальным посадочным зазором в соединении колесо - вал.

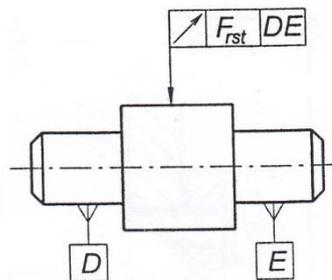


Рис. 2 РБЗВ, вызванное посадочных относительным биением посадочных мест на валу.

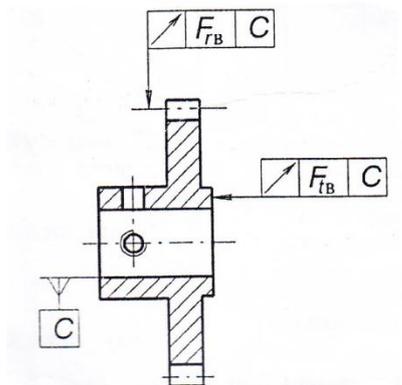


Рис. 3 допуск на РБЗВ

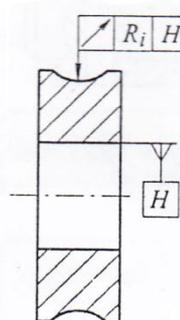


Рис. 4 РБЗВ, вызванное биением дорожки качения внутреннего кольца шарикоподшипника

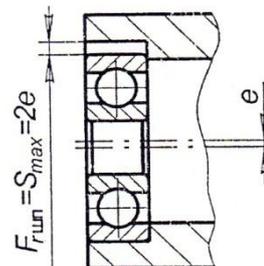
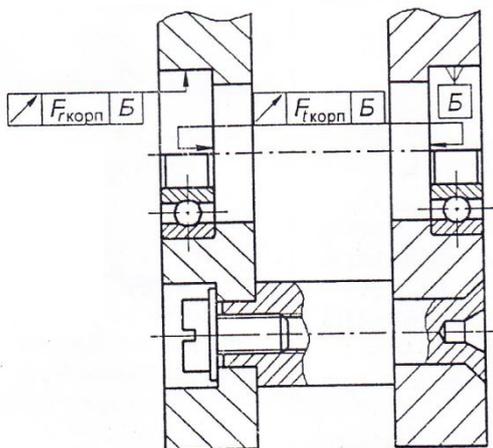


Рис.5 РБЗВ вызванное относительным биением отверстий в корпусе

Рис. 6 РБЗВ, вызванное посадкой подшипника в корпус

Рассмотрим методику определения степени точности зубчатых колес в передаче по нормам кинематической точности с учетом погрешностей изготовления и монтажа деталей.

Параметры зубчатого колеса:

модуль $m = 0.5$ мм; число зубьев $Z = 30$; степень точности (ГОСТ 9178-81) - 5

Будем проводить расчет для межопорной схемы (рис.7)

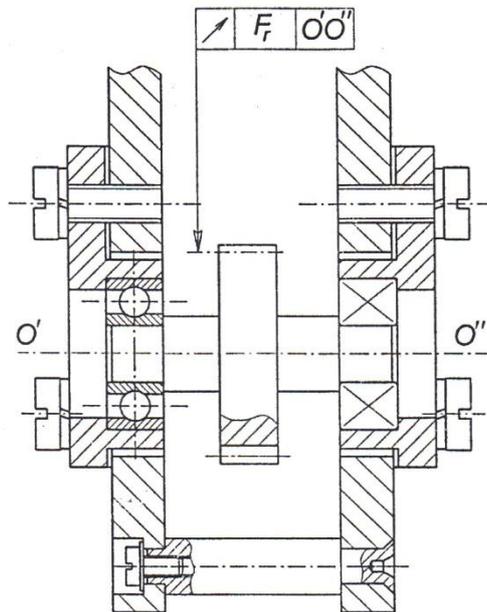


Рис.7 Схема передачи с межопорным расположением колес

Данная конструкция имеет следующие погрешности:

$F_{rs} = 0$, $F_{rst} = 0$ мкм (зубчатое колесо выполнено в виде вала-шестерни);

$$F_{rRi} = R_i \left(1 + \frac{2l}{L}\right) = R_i = 3.5 \text{ мкм}$$

Подшипник 1000096, 5 класс точности.

$F_{rB} = F_{rлмбл.5} = 8$ мкм (ГОСТ 9178-81); $F_{rкорп} = 0$ мкм (так как предусмотрена возможность регулировки взаимного положения посадочных отверстий под подшипники); $F_{rIII} = 7$ мкм (посадка К6/15).

Монтажное радиальное биение зубчатого венца колеса в передаче равно:

$$e_r = F_{rs} + F_{rst} + F_{rRi} + F_{rB} + F_{rкорп} + F_{rIII} = 0 + 0 + 3.5 + 8 + 0 + 7 = 18.5 \text{ мкм}$$

Тогда суммарная приведенная погрешность монтажа:

$$E_{\Sigma M} = \frac{e_r \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{18.5 \operatorname{tg} 20}{\cos 0} = 8 \text{ мкм}$$

Решим прямую задачу точности. Для её решения задаются степенью точности отдельно взятого колеса, нормируемого по стандарту, затем рассчитывают монтажные погрешности, и определяют степень точности колеса на рабочей оси в передаче:

$$F_{r1} = F_{r1мабл.5} + F_{\Sigma M} = 8 + 8 = 16 \text{ мкм}$$

$$F_{r1мабл.7} = 18 \text{ мкм} \geq F_{r1}$$

На данном примере видно, что при изготовлении зубчатого колеса по 5 степени точности в собранной передаче при учете погрешности монтажа степень точности колеса относительно рабочей оси будет 7. Таким образом мы получили понижение степени на 2 единицы. Введем обозначение: N - изменение степени точности при перерасчете параметра для перехода от передачи к отдельно взятому колесу. В разобранный примере N = 2. изменение степени точности при перерасчете параметра для перехода от передачи к отдельно взятому колесу.

Далее проведем аналогичные расчеты для зубчатого колеса изготовленного по 5, 6, 7, 8 степеням точности. Будем рассматривать зависимости РБЗВ от Погрешности монтажа, которую будем задавать в процентах.

Для 5 степени точности: $F_{r1мабл.5} = 8 \text{ мкм}$

$E_{\Sigma M}(\%)$	$E_{\Sigma M}(\text{мкм})$	N
25	10	1
50	12	2
100	16	2
150	20	3

Для 6 степени точности: $F_{r1мабл.6} = 12 \text{ мкм}$

$E_{\Sigma M}(\%)$	$E_{\Sigma M}(\text{мкм})$	N
25	14	1
50	16	1
100	20	2
150	24	3

Для 7 степени точности: $F_{r1мабл.7} = 18 \text{ мкм}$

$E_{\Sigma M}(\%)$	$E_{\Sigma M}(\text{мкм})$	N
25	21	1
50	23	2
100	28	3
150	33	3

Для 8 степени точности: $F_{r1мабл.8} = 21 \text{ мкм}$

$E_{\Sigma M}(\%)$	$E_{\Sigma M}(\text{мкм})$	N
25	24	1
50	27	2
100	33	2

150	39	3
-----	----	---

Для наглядности построим график:

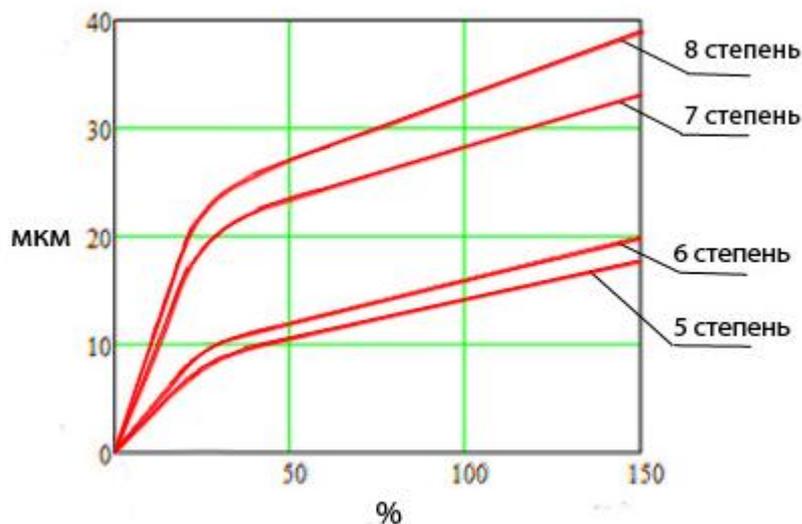


Рис. 8 График зависимости РБЗВ (мкм) от погрешности монтажа (%)

Приведенные примеры показывают, что учет суммарной погрешности монтажа обязателен так как она оказывает существенное влияние на степень точности колеса в передаче относительно его рабочей оси.

Список литературы:

- 1) Кокорев Ю.А., Жаров В.А., Торгов А.М. Расчет электромеханического привода: Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Баранова. - М.: Изд-во МГТУ, 1995. - 132 с., ил.
- 2) Кокорев Ю.А. Способы расчета точностных характеристик деталей и узлов приборов: Учеб. пособие / Под ред. В.Н.Баранова. - М.: Изд-во МГТУ, 1992. - 103 с., ил.
- 3) Шалобаев Е.В., Монахов Ю.С., Янгузов Г.И. Методика определения степени точности зубчатых колес в передаче с учетом погрешностей изготовления и монтажа деталей // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2004. №9. С 14-18.