

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.9.048.6

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-1-272-7-9

С. И. Агапов, И. П. Кобзева, С. А. Попов

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: techmash@vstu.ru

Рассматриваются вопросы метрологического обеспечения точностных параметров зубчатых колес в Российской Федерации и за рубежом.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение зубчатых колес.

S. I. Agapov, I. P. Kobzeva, S. A. Popov

METROLOGICAL ASSURANCE OF GEAR PRECISION IN THE RUSSIAN FEDERATION AND ABROAD

Volgograd State Technical University

The issues of metrological assurance of accuracy parameters of gears in the Russian Federation and abroad are considered.

Keywords: metrological support for gears.

В течение последнего времени выполнялось большое число исследований погрешностей при различных технологических процессах зубообработки для повышения точности зубчатых колес [1].

Применительно к нормированию точности зубчатых передач в стандартах устанавливаются четыре нормы точности: кинематическая точность колеса и передачи, плавность работы колес и передачи, контакта зубьев, а также нормы боковых зазоров [1].

В зависимости от эксплуатационных условий работы деталей изменяется значимость каждого из четырех показателей точности. У деталей с простейшей геометрической формой преобладающее значение имеют показатели прилегания и зазоров, а у более сложных кинематических сопряжений основное значение имеют характеристики кинематической точности и показатели прилегания.

Погрешности зубчатого колеса в наиболее общем случае зависят от сочетания погрешностей технологической системы, используемой при его изготовлении. На современном этапе необходимо установить связь геометрических

параметров зубчатого колеса и режимов резания с показателями точности.

В ГОСТах Российской Федерации действуют: десять основных стандартов на цилиндрические зубчатые передачи, одиннадцать – на конические, девять – на червячные, а в системе DIN действуют 64 основных стандарта на цилиндрические, конические и червячные передачи. Данными стандартами определены основные термины, определения и обозначения, расчеты [1] геометрии, модули, исходные контуры, основные параметры и допуски. Кроме того, в системе DIN действует большая группа стандартов по фланкированию, изменению коэффициента перекрытия расчетов на прочность и т.д., не имеющих аналогов в ГОСТах.

Стандарты DIN 3960, 3961, 3962, 3963 контрольные параметры. устанавливают основные параметры и их значения для контроля точности зубчатых передач и колес. Устанавливаются 12 квалификационных уровней точности для зубчатых колес с модулями от 1 до 70 мм с диаметром до 10000 мм, а стандарт DIN 3965 устанавливает 12 квалификационных уровней точности и распространяется на зубчатые колеса с диаметром до 2500 мм [2].

В отличие от ГОСТов первую очередь стандартами DIN устанавливаются для каждой степени точности допустимые отклонения положения зубчатых колес в передаче:

1. f_{Σ} – погрешности углового положения осей;
2. f_a – смещение осей.

В системе DIN допуски, в отличие от ГОСТов, назначаются в соответствии с функциональными требованиями к зубчатой передаче, кроме этого, в системе DIN действует большая группа стандартов по различным видам формы зуба, модификациям профиля, которые не имеют аналогов в ГОСТах РФ [2].

1. Система DIN имеет 64 основных стандарта, в то время как ГОСТы – только 30 основных стандартов на цилиндрические, конические и червячные передачи.

2. Система DIN имеет больше показателей точности зубчатых колес, чем ГОСТы, ряд показателей точности системы DIN в ГОСТах вообще отсутствует.

3. Система DIN позволяет назначать показатели точности зубчатых передач в зависимости от их функционального назначения (для равномерности передачи вращающего момента, плавности хода, статической способности пе-

редачи нагрузки и т.д.), в ГОСТах РФ такая разбивка отсутствует.

4. Система DIN имеет большое число дополнительных стандартов по назначению модификаций, фланкированию, применению различных форм зубьев и т.д., что повышает возможности свойств передачи без значительного изменения основных параметров.

Погрешность профиля зуба по ГОСТ 1643–81 показателем точности профиля является погрешность профиля зуба f_{fr} , которая допускает любую форму зуба в пределах допуска на погрешность профиля зуба. Как видно на рис. 1, в пределах поля допуска f_{fr} можно изготавливать годные зубчатые колеса как с увеличенной, так и с уменьшенной толщиной зуба на головке зуба [1]. Для обычных зубчатых передач такая погрешность профиля зуба не оказывает существенного влияния.

Для зубчатых передач, работающих при больших частотах вращения и с повышенными требованиями к уровню шума, такое профилирование формы зуба приводит к повышенному шуму. Погрешность профиля зуба по DIN показателем точности профиля являются: погрешность формы профиля зуба f_f , погрешность угла профиля f_{Ha} [2].

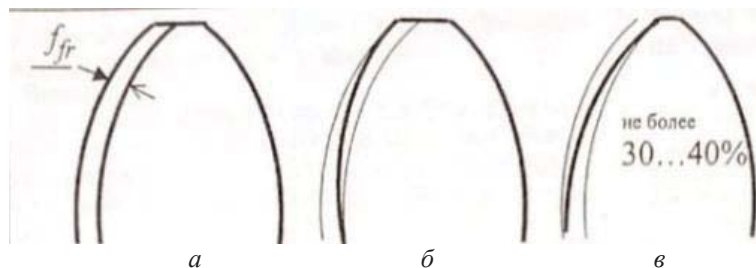


Рис. 1. Возможные погрешности профиля зуба по ГОСТу:

a – поле допуска по ГОСТу; *б* – неблагоприятная форма зуба; *в* – благоприятная форма зуба

Как видно на рис. 2, поле допуска f_f определяет только погрешность формы зуба, а поле допуска f_{Ha} определяет отклонение угла исходного контура. В зависимости от направления поля допуска f_{Ha} можно целенаправленно задавать утол-

щение или утонение профиля на головке зуба для получения благоприятной формы профиля. Как известно, утолщение профиля зуба на головке зуба всегда приводит к увеличению шума, а утонение – наоборот, к снижению уровня шума.

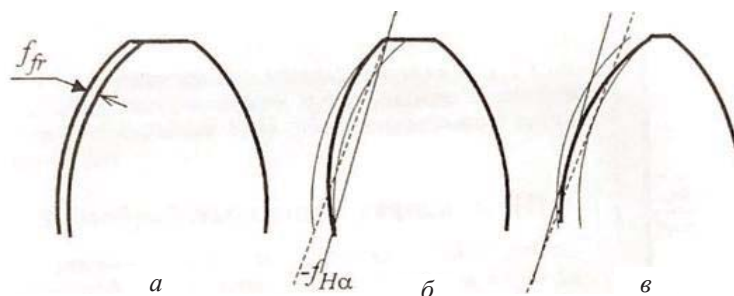


Рис. 2. Погрешности профиля по DIN:

a – погрешность формы профиля; *б* – отрицательная (неблагоприятная) погрешность угла профиля; *в* – положительная (благоприятная) погрешность угла профиля

В системе DIN имеется возможность в пределах допускаемой погрешности профиля зуба задать направление этой погрешности с целью улучшения показателей шума или плавности работы [2].

Все современные скоростные зубчатые колеса в настоящее время имеют модифицированную форму зуба. Эта модификация совершенно отличается от модификации, которую допускает ГОСТ ($h_a = 0,45m$ и $\Delta = 0,02m$). На рис. 3 приведен пример модификации профиля зуба в виде диаграммы профиля зуба в координатах погрешность профиля - угол развернутости. Для получения такого профиля необходимо решить ряд конструкторских и технологических задач [2].

К конструкторской задаче при проектировании зубчатых колес и передач относятся определение величины модификации на головке и ножке зуба исходя из величины передаваемых нагрузок, частоты вращения, коэффициента перекрытия передачи, жесткости корпуса и качества подшипниковых опор и погрешностей монтажа.

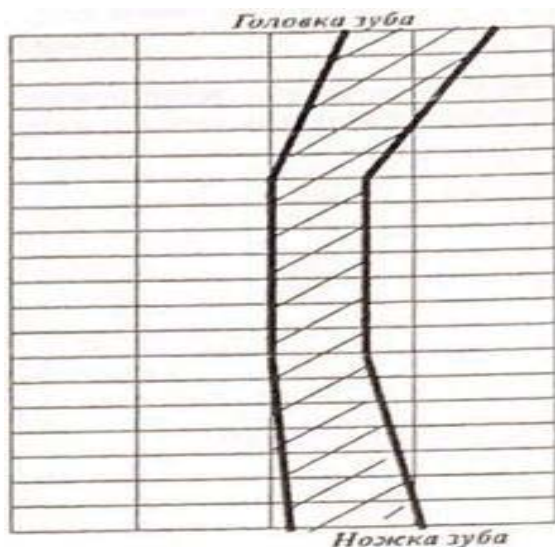


Рис. 3. Модификация зуба

К технологической задаче при изготовлении зубчатых колес и передач относятся проектирование профиля зуба инструмента для предварительного и окончательного получения модифицированного профиля.

В отечественном производстве при изготовлении зубчатых колес повышенной точности применяются две основные схемы зубонарезания:

- для незакаленных колес – зубофрезерование или зубодолбление с последующим шевингованием;
- зубофрезерование или зубодолбление, закалка с последующим зубошлифованием.

В обоих случаях для обеспечения специального профиля должно быть спроектировано и изготовлено зубообрабатывающий инструмент с модифицированным профилем [3]. При работе данным инструментом необходимо иметь специальную программу обката профиля зуборезного инструмента с профилем обрабатываемого зубчатого колеса, только тогда, учитывая то, что профиль зуборезного инструмента обеспечивает профилирование зубчатого колеса методом обката, необходимо иметь программу обката профилем зуборезного инструмента профиля обрабатываемого зубчатого колеса, только тогда на этапе проектирования зуборезного инструмента можно проверить все варианты получения требуемого профиля.

Конструкторское обеспечение погрешности профиля зуба в соответствии с требованиями ГОСТов может приводить к получению нежелательной формы зуба и, как следствие, – к повышенному шуму, для уменьшения шума зубчатых передач необходимо применение специальных модифицированных профилей зубьев.

Технологическое выполнение в достижении специальных модифицированных профилей зубьев возможно при наличии специальных программ проектирования модифицированного профиля исходного контура зуборезного инструмента в режиме обката с профилем зуба обрабатываемого зубчатого колеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач : учеб. пособие / под общ. ред. В. Е. Старжинского, М. М. Кане. – СПб. : Профессия, 2007. – 832 с.
2. Тенденции современного производства зубчатых колес. Инженерный журнал №12, 2004. – С. 4–12.
3. Калашников, А. С. Технология изготовления зубчатых колес / А. С. Калашников. – 2004. – 408 с.