

ких измерений, появилась возможность перейти на новый уровень объективного метода контроля виброакустических характеристик зубчатых передач.

Объективный метод контроля виброакустических характеристик зубчатых передач заключается в том, что производится одновременное измерение и спектральный анализ кинематической погрешности и виброакустических характеристик окончательно собранной зубчатой передачи. Кинематическая погрешность окончательно собранной передачи и ее спектральный анализ позволяют объективно оценить фактическую точность зубчатой передачи. С помощью этого метода возможно выявление большинства погрешностей зубчатой передач – монтажа, изготовления, повреждений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Dutschk R. Сетевое производство конических зубчатых колес / Симпозиум VDW. 10/11 ноября 2004. Москва. – 2004. – 26 с.,
2. Драган, А.В., Новые аппаратно-программные средства для исследования и диагностики механических систем / А.В. Драган, И.П. Стецко, Д.А. Ромашко, Н.В. Левкович // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2006. - №4. – С. 17-26.
3. Русецкий, В.Н. Возможности повышения качества и снижения шума конических зубчатых передач с круговыми зубьями / В.Н. Русецкий, В.Е. Антонюк. – Вестник Полоцкого государственного университета. - №8. -2009.- С.101-105
4. Ишин, Н.Н. Назначение предельно допустимых уровней вибраций при диагностике зубчатых механизмов / Н.Н.Ишин, А.М.Гоман, А.С.Скороходов, С.А.Гаврилов // Вісник «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Проблеми механічного приводу – Х.: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 40 . – с. 48-54.

УДК 621.91.002

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКОВ ЗВЕНЬЕВ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ МАШИН ПРИ НЕПОЛНОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Медведев О.А., Олехник М.А.

Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке.

Часто проектные расчеты угловых размерных цепей имеют приоритетное значение для обеспечения точности сборки машин, потому что требуемый уровень точности угловых размеров деталей (отклонений от перпендикулярности, параллельности и др.) обычно выше уровня точности линейных размеров и для достижения высокой точности угловых замыкающих размеров при сборке, технически затруднительно использовать методы пригонки и регулирования. Расчеты угловых размерных цепей не находят широкого применения в практике

проектирования машин и техпроцессов. Это объясняется трудностями выявления, восприятия и изображения схем угловых размерных цепей, своеобразием построения системы допусков угловых размеров и отсутствием методики проектных расчетов, пригодной для практики.

Основой проектного расчета любой размерной цепи является способ распределения допуска замыкающего звена на составляющие звенья. По аналогии с линейными размерными цепями для угловых цепей целесообразно использовать способ равноточных допусков, то есть допуски всех составляющих звеньев принимать по одной степени точности, так как бессистемный подбор допусков углов требует больших затрат времени, а принимая равные допуски на угловые размеры при разной длине границ углов, можно получить для углов с длинными сторонами технически и экономически неприемлемый уровень точности. Более рационально допуск на составляющий угловой размер определять с учетом длин его границ, также как допуски на составляющие звенья линейных цепей определяют с учетом их номиналов, ограничивая разнообразие допусков одним квалитетом.

Метод равноточных допусков может быть реализован для угловых размерных цепей при условии, что правила построения стандартной системы угловых допусков, позволяющие получить выражение для расчета номера степени точности (одинаковой для всех составляющих звеньев) в зависимости от допуска замыкающего звена, длин границ углов и параметров системы допусков.

Несмотря на то, что система допусков параллельности, перпендикулярности, наклона, торцевого биения и система допусков углов регламентируется разными стандартами (ГОСТ 24643-81 и ГОСТ 8908-81 соответственно), они построены по единым принципам, имеют одинаковые интервалы длин, набор степеней точности и значений допусков (при выражении допусков углов в линейных единицах в виде катета). Это позволяет использовать метод равноточных допусков для решения размерных цепей, имеющих в качестве составляющих звеньев, как углы, так и отклонения от перпендикулярности, параллельности, торцевого биения и наклона.

Анализ принципов построения указанных систем стандартных допусков позволил составить математическое выражение для расчета любого системного углового допуска, который может быть назначен для j -того звена угловой цепи

$$AT_j = AT_1 \cdot \gamma^{\frac{\ln L_j}{\ln \varepsilon}} \cdot \left(\gamma^{\frac{1}{\ln \varepsilon}} \right)^{\ln L_j} \cdot \varphi^{n-1} = B \cdot C^{\ln L_j} \cdot \varphi^{n-1} \quad (1)$$

где: $AT_1=0,4$ мкм – исходный минимальный допуск для первой степени точности и первого интервала длин меньшей стороны угла; $\gamma = \sqrt[10]{10} \approx 1,25$ - коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются системные угловые допуски для разных интервалов длин границ нормируемых углов в пределах одной степени точности; $\varepsilon = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$ - коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются границы интервалов длин в системе угловых допусков; L_1 – верхняя граница первого интервала длин сторон углов; L_j - верхняя граница интервала длин, к которому относится верхняя граница нор-

мируемого j -того звена угловой цепи; $\varphi = \sqrt[5]{10} \approx 1,6$ - коэффициент геометрической прогрессии, членами которой являются системные угловые допуски для разных степеней точности в пределах одного интервала длин сторон углов; n - номер степени точности назначаемого допуска; $B = AT_1 \cdot \gamma^{\frac{\ln L_1}{\ln \varepsilon}}$; $C = \left(\gamma^{1/\ln \varepsilon} \right)$.

Достижение точности сборки замыкающих звеньев размерных цепей методом неполной взаимозаменяемости позволяет уменьшить требования к точности размеров деталей, входящих в размерные цепи, при сохранении основных преимуществ полной взаимозаменяемости. На составляющие звенья назначаются расширенные допуски, поэтому у некоторой части изделий замыкающее звено может выйти за пределы заданного допуска. Если доля таких бракованных изделий невелика, то сумма затрат на изготовление неточных деталей и дополнительных затрат на исправление брака будет значительно меньше расходов на точные детали, необходимые для метода полной взаимозаменяемости. В таком случае неполная взаимозаменяемость предпочтительнее. Так как размеры деталей после мехобработки подчиняются законам распределения, при которых их крайние значения маловероятны, то для замыкающего звена (суммы таких размеров), указанный характер распределения выражен еще сильнее. Благодаря этому часто удается получать незначительные доли брака при существенном расширении допусков составляющих звеньев.

При составлении уравнение для расчета номера степени точности n угловых составляющих звеньев с учетом допустимой доли брака при сборке, полей рассеяния и параметров распределения звеньев будем использовать выражение (2) для теоретико-вероятностных расчетов линейных размерных цепей [3, 4]

$$\omega_{\Delta}^2 = t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^p \omega_j^2 \cdot \lambda_j^2 \quad (2)$$

где: ω_{Δ} - поле рассеяния замыкающего звена; ω_j - поле рассеяния j -того составляющего звена; t_{Δ} - коэффициент риска для замыкающего звена; λ_j - коэффициент относительного рассеяния j -того составляющего звена; p - число составляющих звеньев цепи.

При использовании формулы (3) для расчета угловых размерных цепей в качестве ω_{Δ} и ω_j необходимо использовать соответствующие поля рассеяния углов, приведенные к одинаковой базовой длине. Для упрощения последующих выражений принимаем значение базовой длины 1мм. Тогда приведенное значение поля рассеяния каждого углового звена получится, делением его поля рассеяния на длину его меньшей стороны.

Распределение замыкающего звена, как суммы большого числа независимых случайных величин можно считать нормальным и, используя таблицу функции Лапласа, определять коэффициент t_{Δ} в зависимости от экономически приемлемой доли бракованных изделий. В соответствии с рекомендациями [3,4] для составляющих звеньев в виде положительных отклонений расположения поверхностей деталей от параллельности, от перпендикулярности, от соосности, целе-

сообразно принимать распределение по закону Релея с коэффициентом относительного рассеяния $\lambda_j = 0,1337$.

При наличии в угловой цепи звеньев, поля рассеяния ω_{jcm} (допуски) которых регламентируются стандартами, степень точности следует определить только для остальных составляющих звеньев. Поэтому в правой части уравнения (2) запишем отдельно сумму стандартных и сумму нестандартных полей рассеяния и подставим во вторую сумму в качестве ω_j выражение (1) для TA_j :

$$\omega_{\Delta}^2 = t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 + t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_n} \omega_j^2 \cdot \lambda_j^2 = t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 + t_{\Delta}^2 \cdot B^2 \cdot \varphi^{2(n-1)} \sum_{j=1}^{p_n} \frac{C^{2 \ln L_j}}{L_j} \cdot \lambda_j^2 \quad (3)$$

После преобразований, логарифмирования и выделения в левой части равенства степени точности n , одинаковой для всех нестандартных звеньев, получим

$$n = \frac{1}{2 \ln \varphi} \cdot \left[\ln \left(\omega_{\Delta}^2 - t_{\Delta}^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_c} \omega_{jc}^2 \cdot \lambda_{jc}^2 \right) - \ln \left(t_{\Delta}^2 \cdot B^2 \cdot \sum_{j=1}^{p_n} \frac{C^{2 \ln L_j}}{L_j} \cdot \lambda_j^2 \right) \right] + 1 \quad (4)$$

Рассчитанное значение n следует округлить до ближайшего меньшего целого и использовать для назначения полей рассеяния составляющих угловых звеньев по таблицам допусков (ГОСТ 8908-81 или ГОСТ 24643-81). Сумма назначенных допусков, приведенных к единой базовой длине 1 мм не должна превышать приведенного допуска замыкающего звена.

Выражение, полученное для расчета номера степени точности, может быть полезно инженерам-конструкторам для обоснованного определения допусков угловых размеров деталей машин, для обеспечения при сборке точности важных функциональных геометрических параметров методом неполной взаимозаменяемости.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2т. М.: Издательство стандартов, 1989. – Т1 220с.
2. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник / Под общ. ред. А.К. Кутая М: Машиностроение, 1983, 367с.
3. Солонин И.С., Солонин С.И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. – М.: Машиностроение, 1980. 110 с.
4. Бородачев Н.А. Анализ качества и точности производства.- М.: Машгиз, 1946. 252 с.

УДК 621.3

ОЦЕНКА ОПАСНЫХ СОСТОЯНИЙ И РИСКОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИКИ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Басинюк В.Л.

Объединенный институт машиностроения
Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Введение. При обеспечении качества проектирования и изготовления технически сложных механических объектов, как правило, необходимо реализовать требуемый комплекс ее служебных свойств на всех стадиях разработки,