

частотную составляющую отклонений точек (детерминированную модель реальной поверхности).

Методика имитационного моделирования должна включать следующие последовательно реализуемые стадии:

1) генерирование детерминированной модели реальной поверхности детали в виде аналитического выражения (уравнения) некоторой поверхности второго порядка. При этом, для организации “слепого” эксперимента и для обеспечения необходимого разнообразия моделей в алгоритме их построения, необходимо наличие некоторых стохастических элементов, как, например, случайный выбор вида поверхности второго порядка, ее определяющих параметров, расположения контролируемого участка и т.д.;

2) трансформация детерминированной модели в стохастическую модель реальной поверхности детали путем внесения возмущений с помощью генератора случайных отклонений точек. При этом предварительно должен быть выбран вид закона распределения и значение дисперсии или среднего квадратического отклонения точек от детерминированной модели;

3) оценка отклонения формы полученной стохастической модели реальной поверхности детали;

4) сопоставление результатов оценки отклонения формы поверхности, полученных разными методами и определение методических погрешностей.

УДК 551.13.15.21.19

Математическая модель для оптимизации конструкторских размерных цепей

Спесивцева Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет

Одним из важнейших показателей качества машин и приборов является точность всех его составных частей, необходимая и достаточная для функционирования изделия с характеристиками, установленными нормативными документами. С точки зрения точности изделие можно представить в виде ряда взаимосвязанных размерных цепей. Допуск замыкающего звена размерной цепи может быть обеспечен различными сочетания-

ми отклонений составляющих звеньев, поэтому при проектировании стоит задача выбора оптимального варианта.

Решается задача принятия решений в общем случае в два этапа [1]:

1. Конкретные физические свойства, технические, технологические и экономические требования к объекту описываются математической моделью, т.е. задача формализуется.

2. Формулируется цель, определяется критерий и решается задача оптимизации с использованием известных методов.

Математическая модель должна быть записана в виде целевой функции – аналитической зависимости между критерием оптимальности и подлежащими оптимизации параметрами с указанием направления экстремума.

Оптимизация конструкторских размерных цепей предполагает назначение таких допусков на составляющие звенья при которых обеспечивалась бы минимальные технологическая себестоимость и трудоемкость обработки всей цепи.

Таким образом, задача оптимизации является многокритериальной, для ее решения необходимо объединить частные критерии, имеющие различную физическую природу и поэтому различную размерность в один интегральный критерий. Поскольку технологическая себестоимость и трудоемкость обработки взаимосвязаны такое решение будет корректным. Назовем обобщенный критерий показателем технологичности и определим его следующим образом:

$$Q_i(\delta_i) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot t_i,$$

где Q_i – показатель технологичности составляющего звена размерной цепи i -й точности;

δ_i – допуск составляющего звена размерной цепи, соответствующий i -й точности;

k_i – коэффициент, учитывающий стоимость выполнения технологической операции при получении i -й точности составляющего звена размерной цепи;

t_i – время, затрачиваемое на выполнение технологической операции;

n – количество технологических операций, необходимых для получения элемента детали i -й точности.

Поскольку показатель технологичности характеризует затраты нужно стремиться к его минимуму:

$$Q = \sum_{j=1}^m Q_{ji}(\delta_{ji}) \rightarrow \min ,$$

где Q – показатель технологичности размерной цепи;

m – количество составляющих звеньев размерной цепи;

δ_{ji} – допуск j -го составляющего звена размерной цепи i -й точности.

Анализ литературных данных [2-6] и результаты вычислительных экспериментов, проведенных автором, позволяет сделать вывод, что зависимость показателя технологичности от точности имеет гиперболический вид и хорошо описывается выражением степенной функции:

$$Q_{ji} = A_j + B_j \cdot \delta_{ji}^{p_j} , \quad (1)$$

где A_j, B_j, p_j - численные показатели, определяющие зависимость показателя технологичности j -го составляющего звена размерной цепи от допуска.

Таким образом, целевая функция будет иметь вид:

$$Q_{ji} = \sum_{j=1}^m A_j + B_j \cdot \delta_{ji}^{p_j} \quad (2)$$

Методом замены переменных, можно учесть вероятностный характер распределения размеров деталей, являющихся составляющими звеньями размерной цепи.

Возможные допуски на составляющие звенья размерной цепи находятся в пределах:

$$0 < \delta_{ji} < \delta_{\Sigma} ,$$

где δ_{Σ} - допуск на замыкающее звено размерной цепи.

В этом диапазоне каждая из функций (1) непрерывна и дифференцируема. Наиболее подходящим методом оптимизации целевой функции (2) является классический метод минимизации с использованием множителей Лагранжа.

Предлагаемая математическая модель может быть использована для оптимизации допусков любых узлов машин и приборов.

Литература

1. Ногин В.Д., Протодяконов И.О., Евлампиев И.И. Основы теории оптимизации: Учеб. пособие для студентов втузов / Под ред. И.О.Протодяконова, - М.: Высшая школа, 1986. – 384 с.
2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Расчет допусков размеров. – М.:Машиностроение, 1981. – 187 с.
3. Бочкарев В.Н. Решение задач по экономической оптимизации допусков// Стандарты и качество. - 1980.- № 6. – С.55-57.
4. Размерный анализ конструкций: Справ./ Бондаренко С.Г., Чередников О.Н., Губий В.П., Игнатцев Т.М. – Киев: Тэхника, 1989. – 149 с.
5. Фриндендер И.Г. Расчеты точности машин при проектировании. Киев; Донецк: Вища школа, 1980. – 182 с.
6. Маталин А.А. Технология механической обработки. – Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1977. – 464 с.

УДК 621.713

Контроль расположения цилиндрических поверхностей

Соломахо В.Л., Дадьков К.И.

Белорусский национальный технический университет

Контроль расположения цилиндрических поверхностей может осуществляться при помощи измерений межосевых расстояний. Деталь считается годной, если отклонения всех межосевых расстояний не превышают допустимые значения, т.е. по результатам измерения координат всех осей вычисляем $N = C_n^2 = n(n - 1)/2$ межосевых расстояний, где n — число контролируемых поверхностей. Так как межосевые расстояния инвариантны относительно выбора системы координат, то отпадает необходимость ориентирования детали в системе координат измерительного прибора. Определим зависимость допусков межосевых расстояний и допусков расположения осей контролируемых поверхностей.