

УДК 621.82

ПРОГНОЗНЫЙ РАСЧЁТ РЕСУРСА ИЗДЕЛИЙ С ЛИНЕЙНЫМИ  
И УГЛОВЫМИ ЗВЕНЬЯМИ

В.Ф. ГРИГОРЬЕВ, Ю.А. ДАКАЛО

Учреждение образования  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
Брест, Беларусь

Актуальным направлением повышения эксплуатационных показателей продукции является внедрение в практику конструирования и производства изделий машиностроения расчётных принципов обоснования их качественных показателей. При конструировании изделий длительного пользования полезно оценить динамику потери точности для сравниваемых вариантов проектируемого изделия.

В предыдущих работах решалась задача размерного анализа двух вариантов сборочной единицы электрических и газовых плит повышенной комфортности «Шарнир дверцы духовки» с точки зрения обеспечения точности исходного звена - угла открывания дверцы духовки. При изменении номинального значения размера корпуса шарнира обеспечивалась требуемая точность угла открывания при неизменных допусках составляющих звеньев.

В настоящей работе предпринята попытка оценить ресурс сравниваемых вариантов конструкций по точности выходного параметра - номиналу и допуску угла открывания. В практике расчётов подобных задач встречаются два направления: по требуемому ресурсу  $T$  определяют характеристики конечного размера (математическое ожидание  $M_{\Sigma}$ ; допуск  $t_{\Sigma}$ ; среднее  $em_{\Sigma}$ , верхнее  $es_{\Sigma}$  и нижнее  $ei_{\Sigma}$  отклонения); по заданным характеристикам  $M_{\Sigma}$  и  $t_{\Sigma}$  вычисляют ресурс изделия ( $T_{max}$ ,  $T_{min}$ ).

Математическое ожидание показателя точности сборочной величины  $Y_{\Sigma}$  определяется по формуле

$$M(Y_{\Sigma}) = \sum C_i \cdot Y_i, \quad (1)$$

где  $Y_i$  – составляющий показатель точности детали;  $C_i$  – коэффициент приведения.

Математическое ожидание случайной величины  $Y_i$  в общем случае можно определить:

$$M_{Y_i} = N_i + em_i + \alpha_i t_i, \quad (2)$$

где  $N_i$  – номинальное значение случайной величины;  $\alpha_i$  – коэффициент относительной асимметрии рассеяния размеров;  $t_i$  – допуск на размер.

Для зазоров, полностью выбираемых в одном направлении, математическое ожидание смещения осей определяется по формуле

$$M_{\Sigma z} = 0,5 \sum |C_z| \cos \theta_z [(daz - dbz) + (em_{az} - em_{bz}) + (\alpha_{az} t_{az} - \alpha_{bz} t_{bz})], \quad (3)$$

где  $\theta_z$  – углы между направлением линии смещения осей и линией исходного размера;  $d_{az}$ ,  $d_{bz}$  – номинальные значения диаметров отверстия и вала;  $em_{az}$ ,  $em_{bz}$  – средние отклонения диаметров.

Наибольшее влияние на динамику изменения точности изделия будет оказывать износ поворотных элементов (соединения вал-втулка). В нашем случае выделяем три группы размеров: независимые случайные скалярные величины, характеристики соединений деталей с зазором и функционально зависимые размеры (зазоры в соединениях вал-втулка). Математическое ожидание обобщённой функции:

$$M_{\Sigma} = M_{\Sigma_s} + M_{\Sigma_z} + M_{\Sigma_f} \text{ или } M_{\Sigma_f} = M_{\Sigma} + M_{\Sigma_s} + M_{\Sigma_z}. \quad (4)$$

В случае линейной функциональной связи зависимых величин показатель  $Y = aX + b$ , где  $X$  – скорость изнашивания деталей в процессе эксплуатации. Для равномерного износа принимаем  $b = 0$ . По опытным данным,

$a = T^{\beta}$ , где  $T$  – ресурс изделия, ч;  $\beta$  – эмпирический коэффициент. Таким образом, для изнашивающихся деталей  $Y = T^{\beta} \cdot X$ , или  $C_i a_i = C_i T^{\beta}$ .

В нашем случае характер и скорость изнашивания для всех деталей полагаем одинаковыми. Тогда математическое ожидание функционально зависимых величин  $M_f$  можно определить по формуле:

$$M_{\Sigma_f} = T^{\beta} \cdot (N + em + \alpha t) \cdot \sum C_i T^{\beta}. \quad (5)$$

Приравняв уравнения (4) и (5), получим уравнение для определения математического ожидания ресурса изделия:

$$M[T] = \sqrt{\beta \frac{M_{\Sigma} - M_{\Sigma_s} - M_{\Sigma_z}}{(N + em + \alpha t) \sum C_i}}. \quad (6)$$

Зная допуски и коэффициенты рассеяния звеньев, аналогичным образом можно определить поле рассеяния ресурса  $t[T]$  и предельные значения ресурса изделия по формулам:

$$T_{\min} = M[T] - 0,5t[T]; \quad (7)$$

$$T_{\max} = M[T] + 0,5t[T]. \quad (8)$$

Ввиду отсутствия опытных данных по характеристикам рассеяния размеров и эмпирического коэффициента  $\beta$ , абсолютные значения расчетных параметров не столь значимы для практики, как их отношение по сравниваемым вариантам. Проведенными расчетами установлено повышение точностного ресурса для второго варианта конструкции при условии непрерывной работы шарнира. Это можно объяснить увеличенным размером поворотного элемента.

Таким образом, разработанная методика размерного анализа конструкций с линейными и угловыми звеньями, учитывающая динамику их изнашивания, позволяет на стадии проектирования выполнить сравнительную оценку точностного ресурса изделия.