

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗМЕРНОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ УСТАНОВКИ**

Д. М. ФИЛЬКИН

Брянский государственный технический университет, Россия

На примере опорной призмы рассматривается влияние некоторых погрешностей формы и расположения базовых поверхностей установочных элементов на точность установки заготовок.

Погрешность установки представляет собой отклонение фактически достигнутого положения заготовок от требуемого при их установке в приспособлении.

Погрешности формы и расположения базовых поверхностей установочных элементов оказывают негативное влияние на точность обрабатываемых заготовок. Для оценки этого воздействия и определения составляющих погрешности установки используется теория размерного анализа. При этом выполняется построение расчетных схем размерных связей конструкций и формирование уравнений размерных цепей

$$\Delta = \sum_i^n |c_i| T_{Ai},$$

где Δ – допуск исследуемой погрешности; c_i – передаточные коэффициенты i -го параметра; T_{Ai} – допуск i -го составляющего параметра точности цепи.

Схема установки контрольного вала с учетом погрешности формы и расположения базовых поверхностей призмы показана на рисунке.

Размерные цепи для данной схемы описываются системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} a \cos(90^\circ - \beta + \alpha) + b \cos(180^\circ - \beta + \alpha) + r \cos(\alpha - \beta - \phi_1) + R \cos(\alpha - \beta - \phi_1) + \\ + R \cos(\alpha - \beta - \phi_2) + r \cos(180^\circ - \beta - \alpha - \phi_2) + b \cos(-\beta - \alpha) + a \cos(-90^\circ - \beta - \alpha) = 0; \\ a \sin(90^\circ - \beta + \alpha) + b \sin(180^\circ - \beta + \alpha) + r \sin(\alpha - \beta - \phi_1) + R \sin(\alpha - \beta - \phi_1) + \\ + R \sin(\alpha - \beta - \phi_2) + r \sin(180^\circ - \beta - \alpha - \phi_2) + b \sin(-\beta - \alpha) + a \sin(-90^\circ - \beta - \alpha) = 0; \\ b + \delta - r = 0; \\ a \cos(90^\circ - \beta + \alpha) + b \cos(180^\circ - \beta + \alpha) + r \cos(\alpha - \beta - \phi_1) + R \cos(\alpha - \beta - \phi_1) = \Delta_x; \\ a \sin(90^\circ - \beta + \alpha) + b \sin(180^\circ - \beta + \alpha) + r \sin(\alpha - \beta - \phi_1) + R \sin(\alpha - \beta - \phi_1) = \Delta_y; \\ H \cos 90^\circ + a \cos(90^\circ - \beta + \alpha) + b \cos(180^\circ - \beta + \alpha) + r \cos(\alpha - \beta - \phi_1) + \\ + R \cos(\alpha - \beta - \phi_1) + R \cos 90^\circ = L_x; \\ H \sin 90^\circ + a \sin(90^\circ - \beta + \alpha) + b \sin(180^\circ - \beta + \alpha) + r \sin(\alpha - \beta - \phi_1) + \\ + R \sin(\alpha - \beta - \phi_1) + R \sin 90^\circ = L_y. \end{array} \right.$$

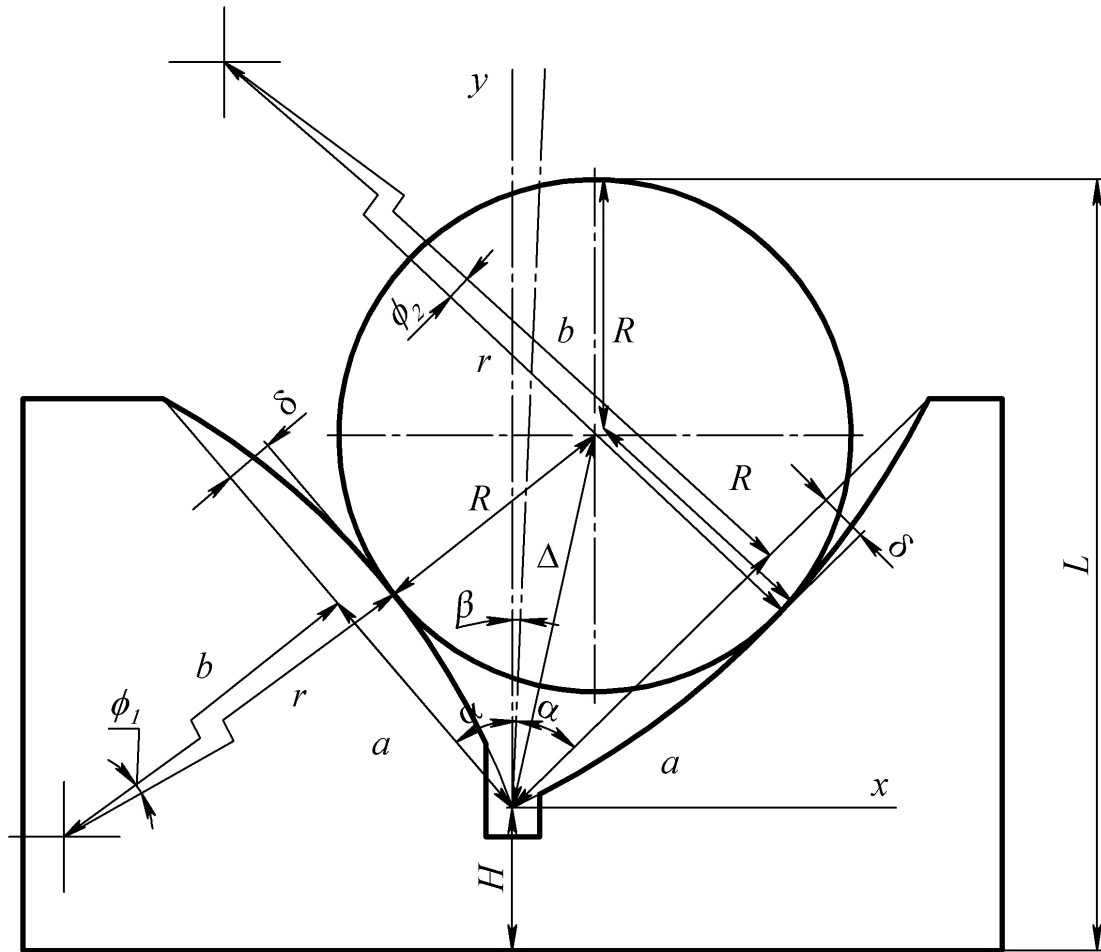


Рис. Установка контрольного вала

Система уравнений, определяющая точность установки заготовки в призме, формируется цепями двух типов: цепями, формирующими искомые параметры точности базирования, и цепями, описывающими самоустановку заготовки в призме [1, 2].

$$[A]\{x\} + [B]\{\varphi\} = \{0\} ;$$

$$[C]\{x\} + [E]\{\varphi\} = \{V\} .$$

Здесь $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[E]$ – матрицы частных производных в замкнутых и открытых цепях; $\{x\}$, $\{\varphi\}$, $\{V\}$ – векторы допусков конструкторских размеров, самоустанавливающихся размеров и замыкающих звеньев.

После нахождения уравнений передаточных коэффициентов c_i и их упрощения получена следующая модель для оценки точности установки заготовок в призме:

$$\begin{Bmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \\ T_{L_x} \\ T_{L_y} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \frac{R}{\sin \alpha} & \frac{1}{\cos \alpha} \\ \frac{1}{\sin \alpha} & 0 & \frac{R \cos \alpha}{\cos^2 \alpha - 1} & 0 & \frac{1}{\sin \alpha} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{R}{\sin \alpha} & \frac{1}{\cos \alpha} \\ \frac{\sin \alpha + 1}{\sin \alpha} & 1 & \frac{R \cos \alpha}{\cos^2 \alpha - 1} & 0 & \frac{1}{\sin \alpha} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} TR \\ TH \\ T\alpha \\ T\beta \\ T\delta \end{Bmatrix}.$$

Допуски остальных параметров размерной цепи не оказывают значимого влияния на погрешность установки.

Метод «максимума-минимума» позволяет получить гарантию отсутствия брака при изготовлении деталей, но его применение для изготовления установочных элементов приспособлений приводит к существенному ужесточению допусков параметров точности. Для получения более обоснованных значений допусков составляющих размеров опорных призм также выполнялись расчеты размерных цепей методом Монте-Карло.

При моделировании установки контрольного вала на опорную призму по ГОСТ 12195-66 для примера использовалась схема численного эксперимента с количеством повторений $n = 100$ шт. Для моделирования допусков параметров точности в каждом эксперименте использовалась партия опорных призм размером $N = 400$ шт.

Система размерных уравнений для оценки погрешности установки составлялась аналогичным образом. Выполнение оценки осложнялось нелинейностью системы при учете погрешностей формы и расположения и требовало использования численных алгоритмов решений систем уравнений на базе метода наименьших квадратов.

Использование средних значений или значений близких к предельным в установленных допусках составляющих параметров позволяет получить значения передаточных коэффициентов c_i близких значениям по методу «максимума-минимума»:

$$\begin{Bmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,002 & 0,2767 & 28,0704 & 1,4103 \\ 1,0155 & 28,7853 & 0,2853 & 1,3931 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} TH \\ T\alpha \\ T\beta \\ T\delta \end{Bmatrix}.$$

Генерация случайных значений параметров размерной цепи с нормальным распределением ожидаемо показывает меньшие значения передаточных коэффициентов:

$$\begin{Bmatrix} \Delta_x \\ \Delta_y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0108 & 0,9806 & 23,2757 & 0,4337 \\ 0,6978 & 18,4296 & 0,9642 & 0,4197 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} TH \\ T\alpha \\ T\beta \\ T\delta \end{Bmatrix}.$$

Таким образом, анализ размерных моделей показывает, что погрешности формы базовых поверхностей призмы наряду с погрешностями изготовления ее углов оказывают существенное воздействие на точность установки заготовок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Польский, Е.А. Технологическое обеспечение качества сборочных единиц на этапах жизненного цикла на основе анализа размерных связей с учетом эксплуатации / Е.А. Польский, Д.М. Филькин // Известия Юго-Западного гос. ун-та. Техника и технологии. – 2014. – № 3. – С. 8–19.
2. Польский, Е.А. Технологическое обеспечение качества сборочных единиц на основе анализа размерных связей с учетом эксплуатации / Е.А. Польский, Д.М. Филькин // Научные технологии в машиностроении. – 2014. – № 11. – С. 36–43.