

УДК 62-229.316.6

## РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ ПРИ УСТАНОВКЕ ЗАГОТОВКИ НА ПЛОСКОСТЬ И ДВА ПАЛЬЦА

**С.А. ЩЕРБАКОВ, М.П. КУЛЬГЕЙКО**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

**Введение.** Установка заготовок по плоскости и двум точным отверстиям широко применяется при обработке деталей типа плит, корпусов, рычагов и т. п.; при установке сменных насадок в системах приспособлений УНП и СНП; при установке приспособлений-спутников на автоматических линиях. Данная схема установки позволяет произвести полное базирование заготовки при относительно простой конструкции приспособления или ряда приспособлений с выдерживанием принципа постоянства баз на операциях обработки. Кроме того, при такой схеме установки обеспечивается хороший доступ инструмента к различным поверхностям заготовки с пяти сторон, а на автоматических и поточных линиях также упрощается транспортирование, базирование и закрепление-открепление заготовок.

**Постановка задачи.** В настоящее время имеется большое количество литературных и нормативных источников, посвященных решению задач реализации данной схемы установки. Однако, с нашей точки зрения, имеющиеся рекомендации отличаются противоречиями, требуют уточнения и окончательного решения.

В учебной [1, 2] и справочной [3, 4] литературе приведены формулы для определения ширины цилиндрического участка срезанного (ромбического) пальца и высоты пальцев из условия практической реализации схемы при исключении заклинивания заготовки на пальцах. Разработаны рекомендации по конструктивным размерам установочных пальцев, представленные в ГОСТах: 16898-71, 16899-71, 16900-71, 16901-71, 17774-72, 17775-72, 12209-66, 12210-66, 12211-66, 12212-66. Однако в них ряд возможных посадок, например, для ромбического пальца ограничен полями допусков  $g_6, f_6, f_7, f_9$ . Ширина ленточки ромбического пальца в перечисленных выше ГОСТах задается в пределах от 0,6 до 5 мм, в ГОСТе 12210-66 – в зависимости от диаметра пальца, а чаще имеет значения 2, 3, 4 мм (ГОСТ 16899-71, 16901-71). В учебниках [1, 2] и справочнике [4] расчет ширины ленточки ромбического пальца ( $b$ ) производится исходя из наибольшего диаметра ромбического пальца ( $d_p$ ), гарантированного (минимально возможного) радиального зазора в сопряжении ромбического пальца с базовым отверстием ( $\Delta_p$ ), минимального радиального зазора в сопряжении цилиндрического пальца с отверстием ( $\Delta_u$ ), допуска межцентрового расстояния отверстий в заготовке ( $T$ ) и пальцев в приспособлении ( $T_D$ ). В расчетных формулах для высоты пальцев в [3, 4] кроме перечисленных исходных данных используется расстояние между центрами отверстий ( $L$ ) и расстояние от оси отверстия до контактирующего с приспособлением края заготовки ( $l$ ) при ее перекосе. А в стандартах высота пальцев заранее численно определена.

В разных источниках приводятся различные формулы для расчета параметров приспособлений. Например, в [1] и [4], с учетом введенных ранее обозначений, фор-

мула для определения ширины цилиндрического участка (ленточки) срезанного пальца имеет вид:

$$b = \frac{d_p \cdot \Delta_p}{0,5 \cdot (T + T_{II}) - \Delta_u}, \quad (1)$$

а в [2]

$$b = \frac{d_p \cdot 2 \cdot \Delta_p}{T + T_{II} - 2 \cdot \Delta_u} - \frac{T + T_{II} - 2 \cdot \Delta_u}{2}. \quad (2)$$

И хотя значения, полученные по формулам (1) и (2), отличаются незначительно, однако они редко совпадают между собой и со значениями, рекомендуемыми стандартами.

Изложенное выше свидетельствует об отсутствии единой методики анализа точностных характеристик рассматриваемой схемы установки заготовок. Не выявлено однозначных зависимостей, связывающих параметры необходимой точности обработки с конструктивными размерами установочных элементов приспособления при гарантированной (беспрепятственной) установке заготовок.

Игнорирование данных проблем на этапе проектирования неизбежно вызовет проблемы на этапе реализации техпроцесса. В этом случае они будут решаться методом «проб и ошибок»: затруднены установка и снятие заготовки – уменьшают диаметры и высоту пальцев; возникли повышенные погрешности при обработке – уменьшают технологические допуски на предшествующих операциях, применяют более точное оборудование, меняют схему обработки или установки и в итоге – увеличивают размеры пальцев, т. е. возвращаются к исходной ситуации.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Разрешение указанных противоречий представляется возможным при последовательном решении следующих задач:

- определение возможной (допустимой) погрешности базирования по основным параметрам точности;
- определение конструктивных параметров установочных элементов приспособлений, обеспечивающих гарантированную установку заготовок при обеспечении требуемой точности;
- выявление поверхностей, которые возможно обработать с требуемой (заданной) точностью при данной схеме установки.

Именно такая последовательность в постановке и решении перечисленных выше задач может привести к достижению приемлемого результата за один или несколько циклов уточнения исходных параметров и процедуры расчетов. Предлагаемая методика расчетов включает следующие три этапа.

### 1. Определение допустимой погрешности базирования

На этом этапе вначале следует проанализировать расположение и точность обрабатываемых поверхностей, затем (при необходимости) произвести перерасчет размеров и допусков, связанный с изменением измерительных баз. Далее находится «узкое место» – размер с наименьшим допуском и рассчитывается допустимая погрешность базирования с учетом суммы других погрешностей обработки (погрешности настройки, износа инструмента, неточностей станка и т. п.) и пространственных отклонений связанных поверхностей из-за погрешности установки по третьей координатной оси.

Например, для схемы установки (рис. 1) требуется определить погрешность базирования для размеров  $R_1-R_{10}$  при обработке поверхностей 1-7. Настройка режущих инструментов выполняется от общей оси двух пальцев и оси перпендикулярной к

ней (оси  $X$  и  $Y$ ). Направление силы закрепления примем перпендикулярно установочной плоскости для устранения влияния погрешности закрепления для размеров, расположенных в плоскости  $XO_yY$ .

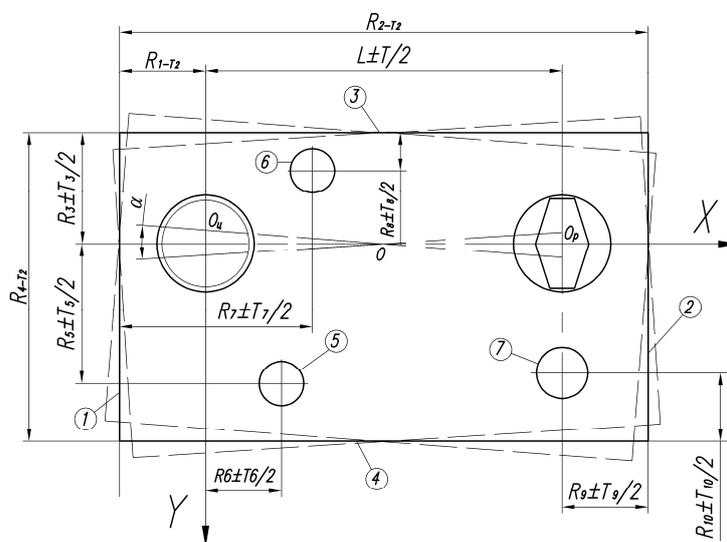


Рис. 1. Эскиз детали

При этом следует рассматривать следующие возможные варианты расположения заготовки на пальцах: поворот относительно центра  $O$  (рис. 2а); сдвиг в одну сторону относительно общей оси пальцев (рис. 2б); поворот по первому варианту одновременно со сдвигом вдоль оси  $X$ . Так, для элементов обрабатываемых поверхностей, лежащих за пределами  $O_uO_p$ , максимальная погрешность будет в результате поворота заготовки, а для элементов в пределах  $O_uO_p$  максимальная погрешность наблюдается в случае сдвигов заготовки.

В общем случае погрешность базирования, возникающая в результате несовпадения технологической и конструкторской баз, определяется величиной допусков размеров, связывающих конструкторские базы с осями  $X$  и  $Y$  заготовки (технологическими базами) и величиной зазоров в сопряжениях пальцев с отверстиями.

Для обрабатываемых элементов детали, конструкторской базой которых являются оси  $X$ ,  $Y$ , множество погрешностей базирования заготовки, обусловленных зазорами в сопряжениях пальцев с отверстиями, в выбранной системе координат может быть выражено следующим образом (в проектных точностных расчетах принимаются наибольшие из возможных погрешностей):

- погрешность базирования по оси  $X$  для  $i$ -го обрабатываемого элемента (отверстие, плоскость, паз и т. п.)

$$\varepsilon_{\sigma_{x_i}} = \max \left\{ z_{u_{\max}} + \frac{z_{p_{\max}}}{L} |y_i|, \alpha \cdot |y_i| \right\}, \quad (3)$$

где  $z_{u_{\max}}$ ,  $z_{p_{\max}}$  – максимальные зазоры в сопряжениях отверстий детали с цилиндрическим и ромбическим пальцами, соответственно. Максимальный зазор в сопряжении определяется по известной [1, 2] формуле

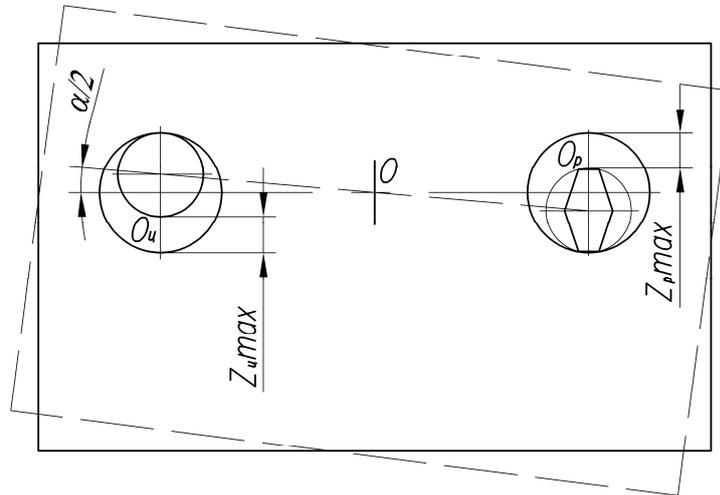
$$z_{\max} = D_{\max} - d_{\min}, \quad (4)$$

где  $D_{\max}$  – наибольший диаметр отверстия;  $d_{\min}$  – наименьший диаметр пальца;  $\alpha$  – наибольший угол поворота заготовки, рад:

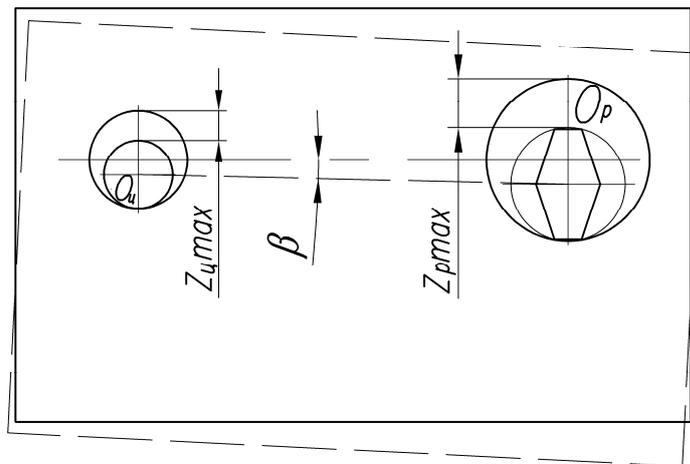
$$\alpha = \arctg \frac{z_{y \max} + z_{p \max}}{L} \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{z_{y \max} + z_{p \max}}{L}; \quad (5)$$

$L$  – расстояние между осями пальцев;

$y_i$  – ордината обрабатываемой поверхности (для отверстия – ордината оси отверстия, для поверхности – ордината максимально удаленной точки поверхности).



а)



б)

Рис. 2. Схема образования погрешностей базирования: а) при поворотах на пальцах; б) при сдвигах на пальцах

Следует отметить, что значение погрешности, рассчитанное по выражению (3), будет несколько завышенным, т. к. при полном сдвиге заготовки по оси  $X$  на величину  $z_{y \max}$  угол поворота окажется меньше величины  $z_{p \max} / L$ .

При условии, что точность отверстий и, соответственно, точность пальцев приблизительно равны, т. е.  $z_{y \max} \approx z_{p \max} = z_{\max}$ , получим по (5)

$$\frac{z_{p \max}}{L} \approx \frac{\alpha}{2}. \quad (6)$$

Тогда с учетом принятых упрощений условие (3) можно записать в виде

$$\varepsilon_{\delta x_i} = \max \left\{ z_{y \max} + \frac{\alpha}{2} |y_i|, \quad \alpha \cdot |y_i| \right\}. \quad (7)$$

Для элементов детали, лежащих вблизи оси X ( $y_i \approx 0$ ), т. е. когда погрешностью поворота можно пренебречь, получим известное [1] выражение

$$\varepsilon_{\delta x_i} = z_{y \max}; \quad (8)$$

– погрешность базирования по оси Y для  $i$ -го обрабатываемого элемента

$$\varepsilon_{\delta y_i} = \max \left\{ \begin{array}{l} \alpha \cdot |x_i - x_o|, \\ z_{y \max} + \beta \cdot x_i, \text{ при } z_{y \max} < z_{p \max} \\ z_{y \max} - \beta \cdot x_i, \text{ при } z_{y \max} > z_{p \max} \end{array} \right\}, \quad (9)$$

где  $x_i$  – абсцисса  $i$ -го элемента (абсцисса оси отверстия или наиболее удаленной точки поверхности);  $x_o$  – абсцисса центра поворота заготовки по [2]

$$x_o = O_y O = \frac{z_{y \max}}{z_{y \max} + z_{p \max}} \cdot L; \quad (10)$$

$\beta$  – угол поворота (см. рисунок 2б) при наибольших сдвигах заготовки, рад:

$$\beta = \frac{|z_{y \max} - z_{p \max}|}{L}. \quad (11)$$

При условии  $z_{y \max} = z_{p \max} = z_{\max}$  выражение (9) примет вид

$$\varepsilon_{\delta y_i} = \max \left\{ \alpha \cdot |x_i - x_o|, \quad z_{\max} \right\}. \quad (12)$$

Пользуясь выражениями 3–12 можно определить погрешность базирования при обработке элементов детали, конструкторскими базами которых являются основные оси детали X и Y. Это элементы (рис.1) – плоскость 1 (размер  $R_1$ ), плоскость 3 (размер  $R_3$ ) и отверстие 5 (размеры  $R_5$  и  $R_6$ ).

Погрешность базирования поверхностей, координированных от других элементов детали, т. е. поверхностей, конструкторскими базами которых оси X и Y не являются, можно определить как сумму двух составляющих: первая – погрешность расположения самой конструкторской базы относительно осей X, Y, т. е. это та погрешность базирования, которую имела бы рассматриваемая поверхность (в данном случае она является конструкторской базой) относительно конструкторских баз X, Y, вызванная конструкцией приспособления, не обеспечивающей совмещения конструкторских и технологических баз; вторая – погрешность расположения данной конструкторской базы относительно основных осей X, Y детали.

Первая составляющая находится как погрешность базирования из выражений (3–12), вторая составляющая определяется из анализа чертежа детали либо непосредственно, либо путем решения размерной цепи, состоящей из размеров, связывающих конструкторскую базу с осями X, Y заготовки.

Таким образом, для рассматриваемых поверхностей погрешность базирования можно определить следующим образом:

$$\varepsilon_{\delta_i} = \varepsilon'_{\delta_i} + \varepsilon''_{p_i}, \quad (13)$$

где  $\varepsilon'_{\delta_i}$  – условная погрешность базирования конструкторской базы  $i$ -го элемента относительно системы координат  $XO_{Ц}Y$ ;  $\varepsilon''_{p_i}$  – погрешность расположения конструкторской базы  $i$ -го элемента относительно основных осей  $X, Y$  детали.

Тогда, для элементов детали (рис. 1) – отверстие 6 (размеры  $R_7$  и  $R_8$ ), отверстие 7 (размеры  $R_9$  и  $R_{10}$ ), плоскость 2 (размер  $R_2$ ), плоскость 4 (размер  $R_4$ ) погрешности базирования будут определяться следующим образом:

$$\varepsilon_{\delta_{R_7}} = \varepsilon_{\delta_1} + T_1,$$

$$\varepsilon_{\delta_{R_8}} = \varepsilon_{\delta_3} + T_3,$$

$$\varepsilon_{\delta_{R_9}} = \varepsilon_{\delta_2} + T_{R'_2},$$

где  $\varepsilon_{\delta_1}$ ,  $\varepsilon_{\delta_2}$ ,  $\varepsilon_{\delta_3}$  – погрешности базирования поверхностей 1, 2, 3, соответственно, относительно начала конструкторской системы координат (основные оси  $X, Y$  детали);  $R'_2 = R_2 - R_1$  – размер, связывающий поверхность 2 с началом системы координат  $X, Y$ .

Здесь и далее по тексту: на эскизе заготовки размеры со штрихом обозначают дополнительные размеры, представленные для удобства рассуждения и расчетов (на чертеже детали они не заданы).

Размер  $R'_2$  получен как результат решения размерной цепи, включающей составляющие звенья  $R_1$  и  $R_2$ , следовательно, допуск  $T_{R'_2}$  как допуск замыкающего звена размерной цепи будет равен

$$T_{R'_2} = T_1 + T_2.$$

Тогда

$$\varepsilon_{\delta_{R_9}} = \varepsilon_{\delta_2} + T_1 + T_2.$$

Аналогично

$$\varepsilon_{\delta_{R_{10}}} = \varepsilon_{\delta_4} + T_3 + T_4;$$

$$\varepsilon_{\delta_{R_2}} = \varepsilon_{\delta_1} + T_1;$$

$$\varepsilon_{\delta_{R_4}} = \varepsilon_{\delta_3} + T_3.$$

Следует отметить, что в последних двух выражениях несмотря на то, что  $\varepsilon_{\delta_1} = \varepsilon_{\delta_2}$  и  $\varepsilon_{\delta_3} = \varepsilon_{\delta_4}$ , в расчетной формуле следует записать  $\varepsilon_{\delta_1}$  и  $\varepsilon_{\delta_3}$ , т. к. поскольку речь идет об обработке плоскостей 2 и 4, то конструкторскими базами для них являются плоскости 1 и 3, соответственно. И в таком случае эти выражения не противоречат общему выражению (13).

Необходимо также иметь в виду, что рассматривается случай отдельной обработки каждой поверхности. В противном случае, при совместной обработке (в одну установку) погрешность базирования на точность их взаимного положения влияния не оказывает.

Погрешность базирования по каждому параметру, рассчитанная по формулам (3–13) должна удовлетворять условию

$$\begin{cases} \varepsilon_{\delta_1} \leq T_1 - \omega_1 \\ \dots \\ \varepsilon_{\delta_i} \leq T_i - \omega_i \end{cases}, \quad (14)$$

где  $T_i$  – допуск (точностной параметр) обработки;  $\omega_i$  – сумма остальных погрешностей обработки.

Анализ системы неравенств (14) позволяет дать обоснованный ответ о возможности достижения заданной точности размеров поверхностей, подлежащих обработке. Возможно, уже на этом этапе от обработки некоторых поверхностей (например, отверстия 7) следует отказаться при данной схеме установки заготовки. Из оставшихся значений погрешностей базирования выбираются наибольшие, по которым и будут рассчитываться конструктивные параметры приспособления (приспособлений) на следующем этапе.

## 2. Определение конструктивных параметров приспособления (ряда приспособлений)

К определяемым конструктивным параметрам относятся: диаметры пальцев цилиндрического ( $d_u$ ) и ромбического ( $d_p$ ); зазоры в сопряжениях пальцев с базовыми отверстиями заготовки максимальные ( $z_{u\max}, z_{p\max}$ ) и минимальные ( $z_{u\min}, z_{p\min}$ ); допуск на межцентровое расстояние для пальцев у ряда приспособлений ( $T_{II}$ ), который обычно задается в пределах  $(0,1 \div 0,2) \cdot T$  ( $T$  – допуск на межцентровое расстояние отверстий в заготовке); ширина (малая диагональ) ромбического пальца ( $B$ ); ширина цилиндрического участка (ленточки) ( $b$ ) диаметром  $d_p$ , высоты пальцев цилиндрического ( $h_u$ ), ромбического ( $h_p$ ).

Выбор номинальных диаметров пальцев определяется параметрами установочных отверстий заготовки: либо базовых (конструктивных) отверстий, либо сочетанием конструктивного отверстия с отверстием специально изготовленным (искусственным), либо двух искусственных отверстий. В последнем случае диаметры пальцев назначают в зависимости от массы заготовки по [2].

Максимальные зазоры ( $z_{u\max}, z_{p\max}$ ) в сопряжениях следует рассчитывать исходя из значений наименьших допустимых погрешностей базирования для выдерживаемых размеров с учетом формул (3-13). При этом для сужения множества вариантов возможного сопряжения цилиндрического пальца с отверстием следует учитывать рекомендации справочной и учебной литературы по выбору конкретных качеств точности и посадок.

Принятый по допустимой погрешности базирования вариант сопряжения цилиндрического пальца с базовым отверстием заготовки  $z_{u\max}$  определит и значение  $z_{u\min}$ , которое, наряду с допусками, на размер  $L$  у заготовки ( $T$ ) и приспособления ( $T_{II}$ ) служит для определения минимального зазора в сопряжении ромбического пальца с отверстием ( $z_{p\min}$ ) и последующего уточнения ( $z_{p\max}$ ).

Определение конструктивных параметров сопряжений заготовок с пальцами приспособлений должно учитывать не только допустимую погрешность базирования, но и возможность гарантированной установки-снятия заготовок. Поэтому расчет ширины ромбического пальца ( $B$ ), ширины его ленточки ( $b$ ), минимального зазора ( $z_{p\min}$ ) и уточнения значения максимального зазора ( $z_{p\max}$ ) производится на основании следующих исходных данных:  $D_{p\min}, d_{p\max}, T, T_{II}, z_{u\min}$  (см. рис. 3).

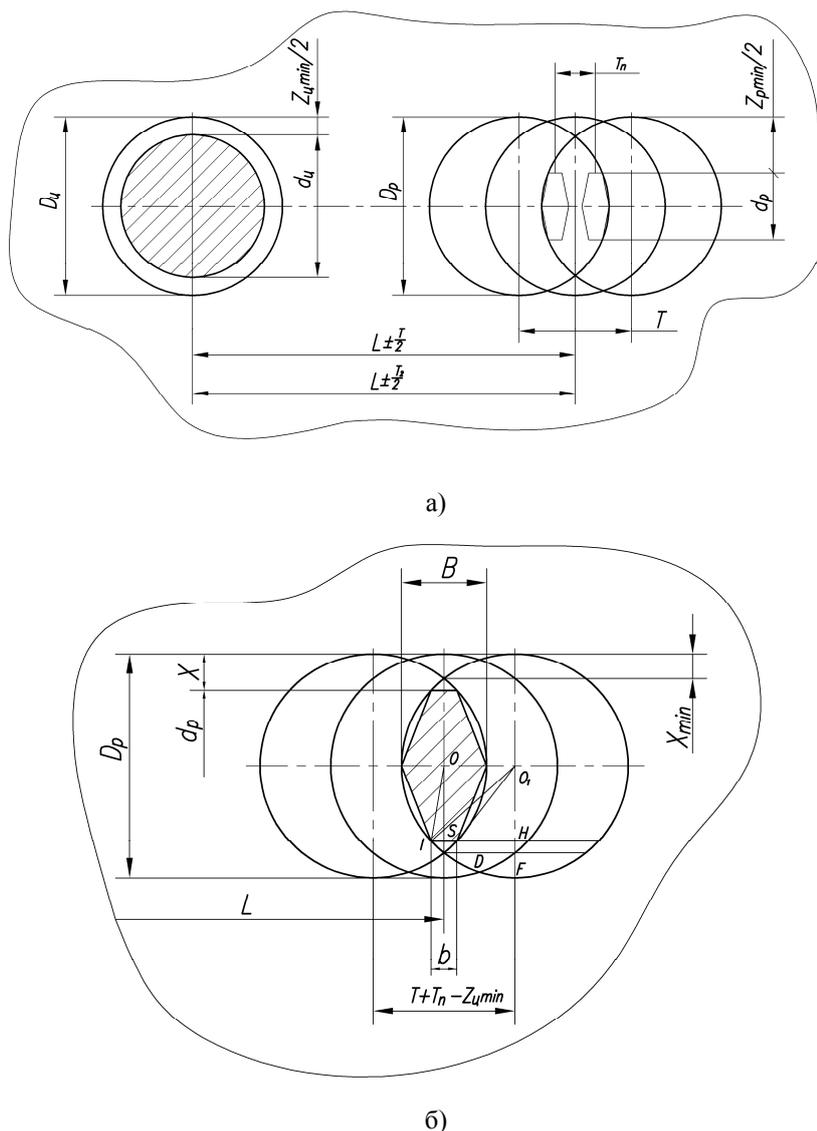


Рис. 3. Схема для расчета размеров ромбического пальца

Как видно из схемы на рис. 3б, гарантированная установка заготовки на пальцы приспособления может происходить, если правый (ромбический) палец не будет выходить из заштрихованной области. Эта область является пересечением множеств положений правого базового отверстия заготовки в результате рассеяния положения оси отверстия, положения оси ромбического пальца у ряда приспособлений и возможных смещений в пределах гарантированного зазора в сопряжении левого (цилиндрического) пальца с базовым отверстием заготовки. Поэтому ширина ромбического пальца не должна превышать

$$B \leq D_{p\min} - (T + T_{\Pi} - z_{y\min}), \quad (15)$$

или при  $z_{y\min} \geq T + T_{\Pi}$ , когда возможна установка на два цилиндрических пальца, ее можно принять:

$$B = b = d_{p\max} = D_{p\min} - (0,01 \dots 0,03), \quad (16)$$

где  $D_{p \min}$  – наименьший предельный размер отверстия под ромбический палец;  $d_{p \max}$  – наибольший предельный размер ромбического пальца.

Наименьший радиальный зазор  $x_{\min}$  (рис. 3б), который позволит гарантированно установить заготовку, будет при ширине цилиндрического пояса  $b = 0$  (из треугольника  $O_1DF$ ):

$$x_{\min} = \frac{1}{2} \left( D_{p \min} - \sqrt{D_{p \min}^2 - (T + T_{II} - z_{u \min})^2} \right). \quad (17)$$

Однако, чем уже площадь контакта при базировании, тем больше износ, контактные деформации и, в конечном итоге, погрешность установки. Поэтому, оставляя цилиндрический участок шириной  $b$  в заштрихованной области (дуга  $ID$ ), можно значительно повысить износостойкость и долговечность ромбического пальца, при этом величина радиального зазора возрастает до

$$x = \frac{1}{2} \left( D_{p \min} - \sqrt{D_{p \min}^2 + b^2 - (b + T + T_{II} - z_{u \min})^2} \right). \quad (18)$$

Величина  $x$  найдена из треугольников  $O_1IH$  и  $OIS$ .

Диаметральный зазор в сопряжении ромбического пальца с отверстием, обеспечивающий гарантированную установку заготовки при  $z_{p \min}$  (без учета допуска на изготовление пальца), может служить основой для расчета наибольшего предельного диаметра ромбического пальца  $d_{p \max}$  при выбранной ширине цилиндрического участка  $b$  и максимального зазора  $z_{p \max}$ .

Если

$$z_{p \min} = 2 \cdot x = D_{p \min} - \sqrt{D_{p \min}^2 + b^2 - (b + T + T_{II} - z_{u \min})^2}, \quad (19)$$

по известным соотношениям

$$d_{p \max} = D_{p \min} - z_{p \min}, \quad (20)$$

$$z_{p \max} = z_{p \min} + T_{dp} + T_{Dp}, \quad (21)$$

где  $T_{Dp}, T_{dp}$  – допуски на изготовление отверстия и ромбического пальца, соответственно (обычно от 0,01 до 0,03 мм).

Проектные расчеты должны происходить в последовательности:

- расчет  $z_{p \min}$  и  $z_{u \min}$  по определенным на первом этапе  $z_{p \max}$  и  $z_{u \max}$  и принятым допускам на изготовление пальцев ромбического и цилиндрического отверстий соответственно  $T_{dp}, T_{du}, T_{Dp}, T_{Du}$  по известным формулам [1, 2]:

$$z_{p \min} = z_{p \max} - T_{dp} - T_{Dp}, \quad (22)$$

$$z_{u \min} = z_{u \max} - T_{du} - T_{Du}; \quad (23)$$

- расчет наибольшего диаметра  $d_{p \max}$  по формуле (20);
- расчет возможной для этого  $d_{p \max}$  ширины ленточки  $b$  по формуле

$$b = \frac{D_{p\min}^2 - d_{p\max}^2 - 2(T \cdot T_{II} - T \cdot z_{y\min} - T_{II} \cdot z_{y\min}) - T^2 - T_{II}^2 - z_{y\min}^2}{2(T + T_{II} - z_{y\min})}, \quad (24)$$

которая выводится из (19).

Возможные значения ширины ленточки  $b$ , рассчитанные по формуле (24),

$$b \leq B.$$

При отрицательных значениях  $b$  возможна свободная установка заготовки на два цилиндрических пальца. На практике это может быть, если значение  $B$  определено по формуле (16). В этом случае принимается  $b = B$ .

### 3. Проверка возможности обработки выбранных поверхностей

На этом этапе проверяется возможность обработки тех поверхностей, которые были выбраны на первом этапе решения технологической задачи. Если расчеты зазоров в сопряжениях базовых отверстий и пальцев по формулам (22) и (23) находятся в допустимых пределах, то все ранее выбранные поверхности можно обрабатывать при гарантированной установке заготовок. В противном случае производится перерасчет, начиная с первого этапа, сужая ряд выбранных поверхностей, для которых погрешности базирования могут быть больше ранее принятых. Либо возможен вариант сужения поля допуска для заготовок, что аналогично выбору более точной базовой поверхности при обработке.

**Выводы.** Предложенная методика анализа взаимосвязи точностных характеристик обработки с конструктивными параметрами установочных элементов приспособления при установке заготовки на плоскость и два пальца позволяет решать ряд задач, возникающих при разработке операций технологического процесса и проектировании приспособлений: определение погрешности базирования с учетом возможных вариантов положения детали относительно пальцев, различного задания конструкторских баз и точности расположения их относительно основных осей заготовки; расчет параметров установочных элементов, в том числе точный расчет размеров ромбического пальца; выбор приемлемого по точностным характеристикам варианта обработки поверхностей. Решение данных задач на этапе проектирования позволит избежать ошибок при реализации технологического процесса обработки детали.

### Список литературы

1. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – 344 с.
2. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 277 с.
3. Станочные приспособления: Справочник. В 2 т. /Ред. совет: Б.Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.1 /Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. – 592 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. – 3-е изд. перераб. Т. 2 /Под ред. засл. деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.