

И. И. ИСАЮК, Г. П. ФЕДОРЧЕНКО

**МЕТОД РАСЧЕТА НА ТОЧНОСТЬ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ  
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ КРУГЛЫХ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИХ  
РАЗЪЕМОВ АГРЕГАТОВ**

Одной из главных задач при проектировании технологической оснастки для обеспечения взаимозаменяемости агрегатов по конструктивно-эксплуатационным разъемам (КЭР) является определение погрешностей смещения центров стыковых отверстий в агрегатах от начального, наперед заданного, положения. Зная эти величины, можно установить связь между точностью соединения агрегатов и точностью выполнения технологической оснастки.

Для решения данной задачи необходимо рассмотреть процессы, связанные с изготовлением агрегатов, взаимозаменяемых по КЭР.

На современном этапе самолетостроения нашла широкое применение схема увязки технологической оснастки, изображенная на рис. 1.

В силу различных производственных причин, связанных с процессами переноса отверстий согласно этой схеме, происходит смещение центров стыковых отверстий от первоначально заданных положений. Это смещение является накопленной погрешностью, образовавшейся за счет ряда погрешностей, полученных при многократном копировании оснастки и разделке агрегатов.

При отстыковке технологической оснастки и разделке отверстий будут иметь место два вида погрешностей: погрешность базирования (рис. 2, сеч. а-а) и погрешность, выражающая смещение центра стыкового отверстия при переносе с одного вида оснастки на другой или при разделке отверстий в агрегате по кондуктору (рис. 2, сеч. в-в и рис. 3). Эти погрешности имеют случайные величины и случайные направления в плоскости разъема, т. е.

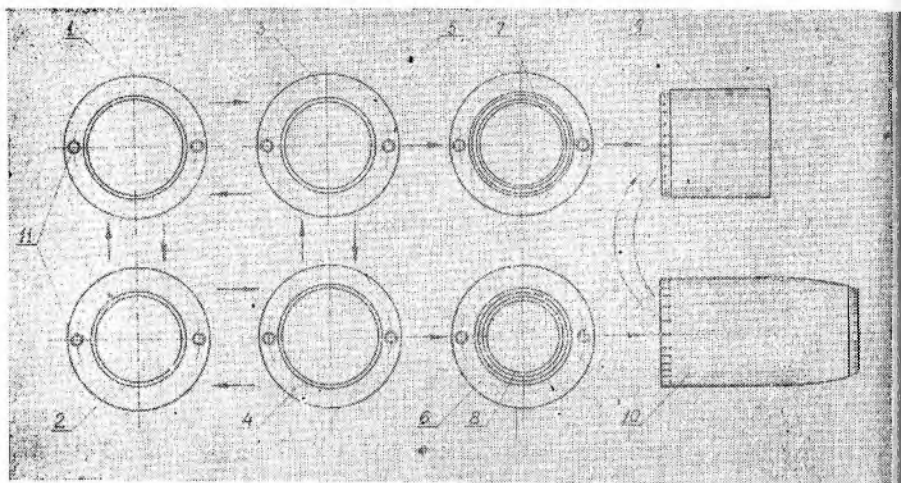


Рис. 1. Схема увязки технологической оснастки

1—2 — межзаводские эталоны стыковых узлов; 3—4 — заводские эталоны стыковых узлов; 5—6 — кондукторы для разделки стыковых отверстий в узлах; 7—8—кольца для центровки узлов при разделке; 9 — агрегат с внутренним стыковым узлом; 10 — агрегат с наружным стыковым узлом; 11 — базовый штырь

являются случайными векторами, которые соответственно обозначим  $\epsilon_{0i}$  и  $r_{0i}$  согласно схеме, изображенной на рис. 1.

Для агрегата «А» с наружным стыковым узлом погрешностей

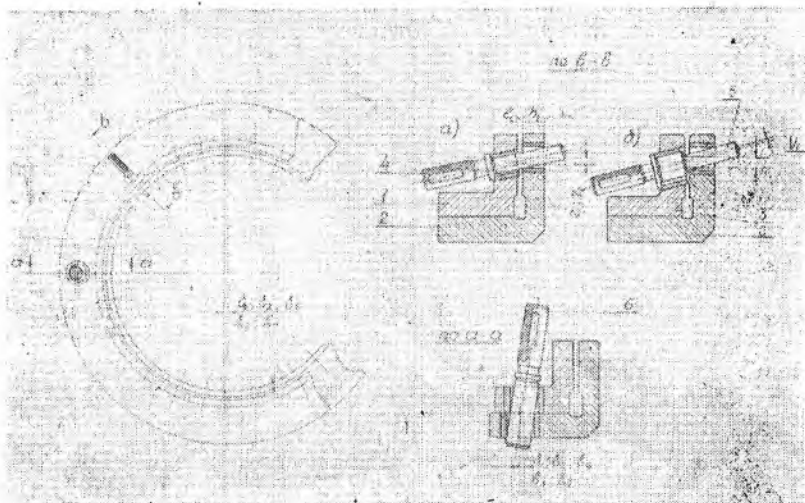


Рис. 2. Схема отстыковки технологической оснастки

1 — мастер-кольцо наружного стыкового узла; 2 — мастер-кольцо внутреннего стыкового узла; 3 — кондукторное кольцо; 4 — штырь для отстыковки отверстий; 5 — штырь для центровки; 6 — базовый штырь

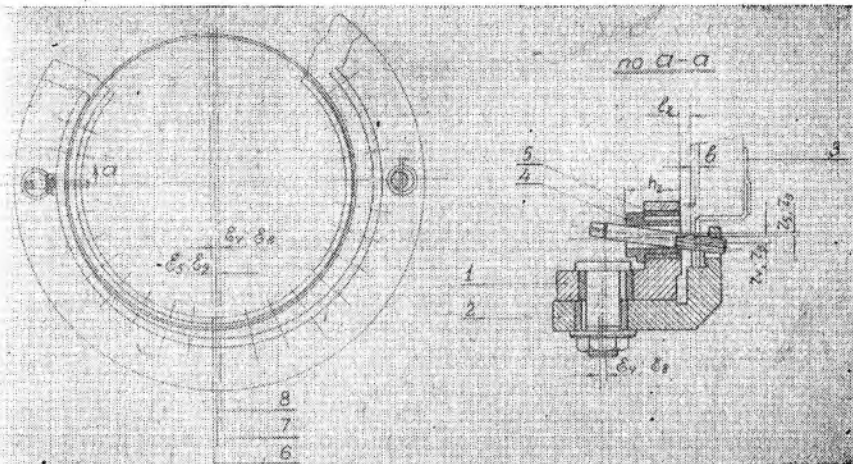


Рис. 3. Схема разделки стыковых отверстий в агрегатах

1 — кондукторное кольцо; 2 — кольцо для базировки агрегата; 3 — стыковой узел агрегата; 4 — сменная кондукторная втулка; 5 — гнездо под втулку; 6 — ось агрегата; 7 — ось базового кольца; 8 — ось кондукторного кольца.

→  
 типа в будет пять:  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3, \epsilon_4, \epsilon_5$ , а для агрегата «Б» с внутренним стыковым узлом — четыре:  $\epsilon_6, \epsilon_7, \epsilon_8, \epsilon_9$ .

При переносе стыковых отверстий на эталонах узлов разъемов (рис. 2а) получим смещение центров отверстий на величину  $r_1$ , определяемую по формуле [1]:

$$r_1 = q(\delta_1 + \delta_2) + p(\delta_1 + \delta_2) \frac{l_1}{h_1}, \quad (1)$$

где  $\delta_1$  — допуск на внутренний диаметр втулки;

$\delta_2$  — допуск на диаметр штыря;

$l_1$  — величина зазора между стыкуемой оснасткой;

$h_1$  — высота втулки;

$q$  — коэффициент, учитывающий наиболее вероятное значение зазора в сопряжениях и наиболее вероятное смещение; для расчета рекомендуется  $q = 0,3 \div 0,5$ ;

$p$  — коэффициент, учитывающий наиболее вероятную величину перекоса штыря; для расчета рекомендуется  $p = 0,2 \div 0,35$ .

Для агрегата «А» таких погрешностей будет две —  $r_1$  и  $r_2$ , поскольку по принятой схеме требуется два эталонных стыковых узла (рис. 1, поз. 2—4).

При отстыковке кондукторного кольца (рис. 2б) получим погрешность  $r_3$ , возможное значение которой будет больше  $r_1$  на величину эксцентриситета  $v_1$  ступенчатого штыря, т. е.  $r_3 = r_1 \div v_1$ . При разделке стыковых отверстий в агрегатах на основании схемы рис. 3

будем иметь погрешность  $\vec{r}_4$ , величина которой определяется по формуле [1]

$$r_4 = \frac{q}{2} (\delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6) + p (\delta_3 + \delta_4) \frac{l_2 + b}{h_2}, \quad (2)$$

где  $\delta_3$  — допуск внутреннего диаметра сменной кондукторной втулки;

$\delta_4$  — допуск диаметра развертки;

$\delta_5$  — допуск наружного диаметра сменной кондукторной втулки;

$\delta_6$  — допуск диаметра постоянной кондукторной втулки;

$l_2$  — зазор между изделием и кондукторным кольцом;

$b$  — толщина пакета изделия;

$h_2$  — высота сменной втулки;

$q, p$  — те же коэффициенты, что и в формуле (1).

Кроме того, при разделке стыковых отверстий в агрегатах образуются дополнительная погрешность  $\vec{r}_5$  за счет эксцентриситета сменной кондукторной втулки.

Таким образом, для агрегата «А» таких погрешностей будет пять ( $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3, \vec{r}_4, \vec{r}_5$ ), а для агрегата «Б» за счет меньшего количества переходов — на одну меньше ( $\vec{r}_2, \vec{r}_3, \vec{r}_4$  и  $\vec{r}_5$ ).

Суммарная погрешность базировки  $\epsilon_3$  приводит к смещению центра стыкового отверстия от номинального положения на агрегате на величину, приближенно равную проекции вектора  $\epsilon_6$  на касательную, проведенную к окружности стыкового узла.

Обозначим предельное смещение центра отверстия на агрегате, имеющем стыковой узел  $\epsilon_H$ , а на агрегате, имеющем внутренний стыковой узел —  $\epsilon_B$ . Тогда, используя теорию расчета размерных цепей, получим

$$\epsilon_H = \sqrt{\sum_{i=1}^5 k_{xi}^2 \epsilon_{0i}^2} \quad (3)$$

и

$$\epsilon_B = \sqrt{\sum_{i=6}^9 k_{xi}^2 \epsilon_{0i}^2}. \quad (4)$$

где  $\epsilon_{0i}$  — допуск на смещение оси стыкового отверстия при базировке.

В этих формулах  $k_{xi}$  является приведенным коэффициентом относительного рассеивания вектора  $\vec{e}_i$  и вычисляется по формуле

$$k_{xi}^2 = 0,125 [k_i^2 + 9(1 + \alpha_i)^2], \quad (5)$$

где  $k_i$  — коэффициент относительного рассеивания модуля  $i$ -го вектора [3];

$\alpha_i$  — коэффициент относительной асимметрии модуля  $i$ -го вектора [3].

Общая погрешность несоосности сопрягаемых стыковых отверстий в разъеме  $\epsilon_p$  представляется суммой погрешности  $\epsilon_n$  и  $\epsilon_v$ . Тогда на основании (3) и (4) будем иметь:

$$\epsilon_p = \sqrt{\sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 \epsilon_{0i}^2}. \quad (6)$$

Отклонение от номинального положения центра стыкового отверстия на изделии, полученное за счет погрешностей переноса и разделки отверстий  $\vec{r}$ , представляет собой модуль вектора, являющегося геометрической суммой независимых случайных векторов ( $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_k$ ), расположенных в плоскости стыкового отверстия изделия.

$$\vec{r}_\Sigma = \sum_{i=1}^k \vec{r}_i. \quad (7)$$

Используя вероятностные соотношения между допусками на промежуточные звенья векторной размерной цепи и параметрами распределения звеньев [2], получим:

$$r_n = 1,2 \sqrt{\sum_{i=1}^5 k_{xi}^2 r_{0i}^2}, \quad (8)$$

$$r_v = 1,2 \sqrt{\sum_{i=2}^5 k_{xi}^2 r_{0i}^2}, \quad (9)$$

где  $r_{0i}$  — допуск на смещение стыкового отверстия при разделке;  $k_{xi}$  — приведенный коэффициент относительного рассеивания модуля вектора  $r_i$ , определяемый по формуле (5).

Предельное смещение центров соответствующих отверстий разъема  $r_p$ , полученное за счет переноса стыковых отверстий, равно среднему квадратическому величин  $r_n$  и  $r_v$ , следовательно,

$$r_p = 1,2 \sqrt{\sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 r_{0i}^2}. \quad (10)$$

Расстояние между центрами сопрягаемых стыковых отверстий в разъеме является модулем вектора  $\vec{\rho}_p$ , который состоит из геометрической суммы векторов  $\vec{\epsilon}_p$ , имеющих постоянное направление вдоль окружности торца изделия, и вектора  $\vec{r}_p$ , расположенного в плоскости отверстия и имеющего произвольное, равновероятное направление в этой плоскости.

Для определения предельного отклонения  $\rho_p$  на основании формул (6) и (10) получим следующее выражение:

$$\rho_p = \sqrt{\sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 \epsilon_{0i}^2 + 1,44 \sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 r_{0i}^2}. \quad (11)$$

Если известны допуски  $\varepsilon_{01}$  и  $r_{01}$ , то по формуле (11) можно найти суммарное смещение центров стыковых отверстий  $\rho_p$ . Тогда номинальное значение диаметра стыкового болта  $D_{нб}$  будет равно:

$$D_{нб} = D_{но} - \rho_p, \quad (12)$$

где  $D_{но}$  — номинальное значение диаметра стыкового отверстия.

С помощью формулы (11) можно также решить проектную задачу расчета посадки стыкового болта в отверстие. Для этого нужно задать соотношения между допусками  $\varepsilon_{01}, \varepsilon_{02}, \dots, \varepsilon_{09}$  и  $r_{01}, r_{02}, \dots, r_{09}$ , либо выразить их в долях некоторой общей для всех допусков величины  $a$ , т. е. допуски представить в виде:

$$\varepsilon_{01} = c_1 a, \quad \varepsilon_{02} = c_2 a, \quad \dots, \quad \varepsilon_{09} = c_9 a \quad (13)$$

$$r_{01} = d_1 a, \quad r_{02} = d_2 a, \quad \dots, \quad r_{09} = d_9 a$$

Тогда, заменив в формуле (11)  $\varepsilon_{0i}$  и  $r_{0i}$ , с помощью выражения (13) получим

$$\rho_p = a \sqrt{\sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 c_i^2 + 1,44 \sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 d_i^2}, \quad (14)$$

откуда

$$a = \frac{\rho_p}{\sqrt{\sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 c_i^2 + 1,44 \sum_{i=1}^9 k_{xi}^2 d_i^2}}. \quad (15)$$

Если задать суммарную погрешность  $\rho_p$  и соотношения  $c_1, c_2, \dots, c_9; d_1, d_2, \dots, d_9$ , то по формуле (15) вычислим  $a$ , а по (13) — значение допусков на стыковку технологической оснастки и разделку отверстий в изделиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Гаврилов. Технология авиационного приборостроения. Оборонгиз. 1962.
2. Г. П. Федорченко. Суммирование векторных погрешностей. ИВУЗ «Авиационная техника», № 1, 1962.