

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 08.10.2023 14:41:32  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра «Машиностроительных технологий и оборудования»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

« 4 » Октября 2018 г.  
Локтионова



### МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ДЕТАЛИ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Методические указания к выполнению практической работы  
по дисциплине «Основы технологии машиностроения»  
для студентов направления

15.03.05. Конструкторско-технологическое обеспечение машино-  
строительных производств,  
15.03.01 Машиностроение

(очной и заочной формы обучения)

Курск 2018

УДК 621.(923)

Составитель О.С. Зубкова

Рецензент

Канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Машиностроительные технологии и оборудование»  
*А.А.Горохов*

**Методика расчета погрешности установки детали в приспособлении:** методические указания по выполнению практической работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.С. Зубкова. Курск, 2018. 20 с., ил. 24, Библиогр.: с. 20.

Содержат сведения о расчет погрешности установки заготовок в приспособлении.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС по направлению подготовки дипломированных специалистов 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 15.03.01 Машиностроение.

Работа предназначена для студентов очной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 1,16. Уч. - изд. л. 1,05. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## 1. Цель занятия

Получить навык расчета погрешности установки заготовок в приспособлении.

Работа предусматривает решение следующих задач:

- Ознакомиться с составляющими погрешности установки заготовок в приспособлении;
- Научиться анализировать факторы влияющие на погрешность установки.
- Научиться проводить расчет погрешности установки для различных приспособлений.

## 2. Теоретическая часть

### **Методика расчёта погрешности установки**

При обработке деталей в приспособлении возникает погрешность установки ( $\varepsilon$ ), которую можно определить по формуле

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon^2_{\sigma} + \varepsilon^2_{z} + \varepsilon^2_{np}} \quad (2.1)$$

где  $\varepsilon_{\sigma}$  - погрешность базирования;

$\varepsilon_z$  - погрешность закрепления;

$\varepsilon_{np}$  - погрешность приспособления.

Полученную расчётом по формуле 2.1 погрешность установки нужно сравнить с допустимой по точности обработки, т.е. должно выполняться условие

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon^2_{\sigma} + \varepsilon^2_{z} + \varepsilon^2_{np}} \leq \varepsilon_{доп} \quad (2.2)$$

Допустимую по точности обработки погрешность установки можно определить по формуле (2.3), что является трудоёмкой задачей, либо принять равной

$$\varepsilon_{доп} = (0,1 \dots 0,4) T_{изд} \quad (2.3)$$

### Методика определения погрешности базирования

Погрешность базирования ( $\varepsilon_6$ ) возникает при несовпадении измерительной и технологической баз.

Если указанные базы совпадают,  $\varepsilon_6 = 0$ .

При несовпадении баз  $\varepsilon_6 \neq 0$ , ее надо рассчитать.

Для этого необходимо выявить размерную цепь (РЦ), в которой выдерживаемый на данной операции в приспособлении операционный размер обрабатываемой детали является замыкающим звеном. В эту цепь обязательно входят следующие звенья:

1.  $B_1$  - размер, связывающий режущую кромку инструмента с технологической базой (настроечный размер).
2.  $B_2$  - размер, связывающий измерительную базу с технологической.
3. Выдерживаемый размер.

#### **Пример 1.**

На детали (рис.2.1) требуется фрезеровать угловую выемку, выдержать размеры: по оси X - размер  $t$ ; по оси Y -  $p$ . По оси Z обрабатываемая поверхность может быть скоординирована от поверхности A размером  $K$ , либо от поверхности В -размером  $h$ .

Работа выполняется на настроенном оборудовании. Для размеров  $m$  и  $n$  измерительные и технологические базы совпадают, следовательно,  $\varepsilon_{6m} = 0$ ,  $\varepsilon_{6n} = 0$ . Если по оси Z, будет задан размер  $K$ , то погрешность базирования  $\varepsilon_{6k}$  также равна нулю, так измерительная база - поверхность A является одновременно и технологической базой.

Если будет задан размер  $h$ , то  $\varepsilon_{6h} \neq 0$ , т.к. измерительная база - пов. В не совпадает с технологической (пов. А),

Для определения погрешности базирования размера  $h$  выявляем размерную цепь:

1. Звено  $B_1$  - размер, связывающий режущую кромку фрезы с технологической базой (настроечный размер).
2.  $B_2$  - размер, связывающий измерительную базу - пов .В с технологической базой - пов. А.
3.  $h$  - выдерживаемый размер - замыкающее звено (получаемый последним)

Выявленная РЦ представлена на рис. 2.2.

Звенья  $B_1$  и  $B_2$  существуют до обработки:

$B_1$  - настроечный размер;  $B_2 = H$ , где  $H$ - размер заготовки, получаемый на предшествующей операции.

Следовательно  $B_1$  и  $B_2$  являются составляющими звеньями. Звено  $h$  возникает в процессе обработки, получается последним, т.е. звено  $h$  - замыкающее. Допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев.

$$\varepsilon_{\text{бп}} = \text{Т}B_1 + \text{Т}B_2 \quad (2.4)$$

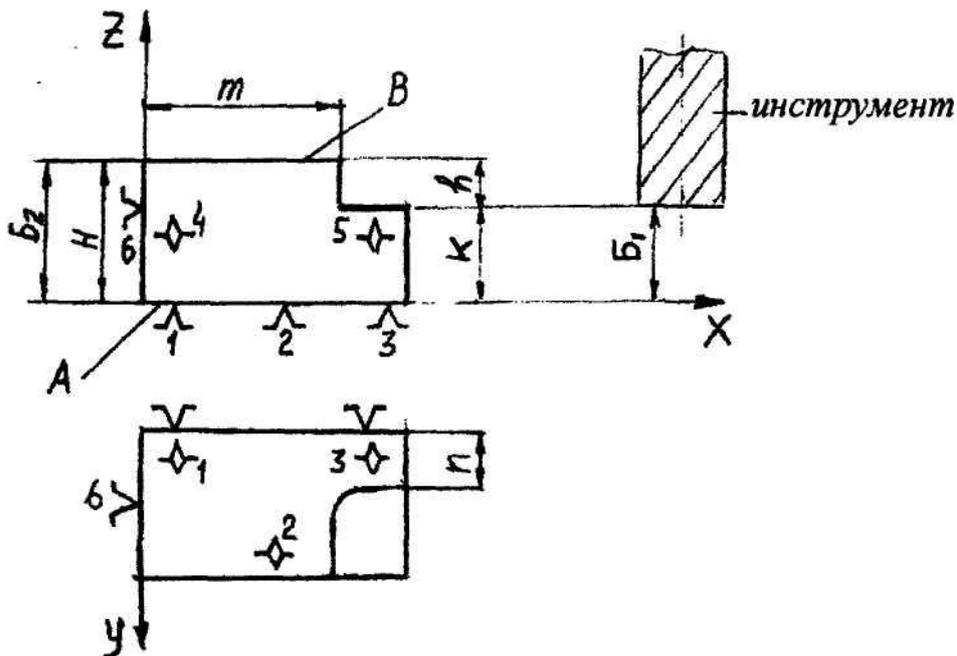


Рис. 2.1. Схема базирования заготовки в координатный угол и настройка инструмента.

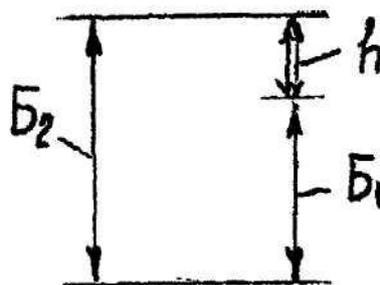


Рис. 2.2. Размерная цепь при выдерживании размера  $h$ .

При определении погрешности базирования, считаем, что положение режущей кромки фрезы не меняется, т.е. настроечный размер  $B_1$  - постоянная величина, допуск который равен нулю, т.е.  $\text{Т}B_1 = 0$ .

Отклонения этого размера вследствие упругих отжатий, погрешности настройки, размерного износа и др. учитываются составляющими  $\Delta_y$ ,  $\Delta_n$ ,  $\Delta_i$  и др. (см. формулу 2.2).

Итак

$$\varepsilon_{6h} = TБ_2, B_2 = H, TБ_2 = TH, \varepsilon_{6h} = TH$$

### Методика расчёта погрешности закрепления

При закреплении деталей возможны следующие погрешности:

1. Отрыв деталей от опор;
2. Смещение детали вследствие контактных деформаций стыковых поверхностей;

1. Отрыв закрепляемой детали от опор.

Отрыв возникает, если зажимная сила создаёт опрокидывающий момент (рисунок 2.3а)

$$M = Wl$$

где  $W$  - зажимная сила;

$l$  - плечо силы.

Под действием момента  $M$  закрепляемая деталь отрывается от опор и переходит из положения А в положение Б.

2. Отрыв возникает, если неправильно используются направленные несвободные зажимы (Н.Н.З.).

При закреплении Н.Н.З. могут брать на себя опорные точки, т.е. участвовать в базировании.

Количество опорных точек, которое может взять Н.Н.З., можно определить по формуле

$$n = p - k$$

где  $p$  - число условных точек контакта Н.Н.З. с заготовкой;

$k$  - число степеней свободы в направлении этих точек (координатных осей).

Для случая линейного контакта Н.Н.З. с заготовкой (рис. 2.3)  $p = 2$ ;  $k = 1$ ;  $n = 2 - 1 = 1$ .

Общее количество опорных точек составляет

$$\Sigma = 6 + 1 = 7$$

что не верно т.к. количество опорных точек не должно превышать шести - правило шести точек.

Наличие "лишних" точек создаёт неопределённость базирования и приводит, как правило, к дополнительным погрешностям обра-

ботки. От лишних опорных точек надо избавляться, что можно сделать 2-мя путями:

1 - уменьшить число условных точек контакта ( $p$ ).

В рассматриваемом примере вместо Н.Н.З с линейным контактом ( $p = 2$ ) взять зажим с точечным контактом ( $p = 1$ ) (рисунок 2.4.а).

В этом случае

$$n = 1 - 1 = 0; \quad \Sigma = 6.$$

2 - увеличить число степеней свободы Н.Н.З.

На рисунке 8.3 показана схема крепления детали с помощью Н.Н.З. (линейный контакт с заготовкой -  $p = 2$ ) с увеличенным числом степеней свободы  $k = 2$ . Для этого случая  $n = 2 - 2 = 0; \Sigma = 6$ .

Вывод: вопросы базирования нельзя рассматривать в отрыве от закрепления. Надо правильно подходить к проектированию зажимов, т.е. конструировать зажимы таким образом, чтобы они не создавали лишние опорные точки.

#### Смещение заготовки вследствие контактных деформаций стыковых поверхностей

При приложении к заготовке силы закрепления ( $W$ ) происходит её смещение ( $Y$ ) в направлении действия силы вследствие деформаций в стыке: заготовка - опоры приспособления (рис. 2.6).

Графическая зависимость контактных деформаций от силы закрепления показана на рис. 2.5.

Математическое выражение наиболее точно описывающее экспериментальную кривую может быть представлено в виде

$$Y = CW^n \quad (2.5)$$

где  $C$  – коэффициент, зависящий от твёрдости, шероховатости поверхности заготовки, а также от вида контакта (точечный, линейный, плоскостной);

$n$  – показатель степени ;  $n < 1$ .

Из приведённого рисунка следует, что при колебании силы закрепления на величину  $\Delta W = W_{\max} - W_{\min}$  возникает колебание смещение заготовки

$$\Delta y^1 = y_{\max}^1 - y_{\min}^1 \quad (2.6)$$

а, следовательно, и погрешность закрепления  $\varepsilon$  как функция неустойчивости силы закрепления

$$\varepsilon_s^1 = (y_{\max}^1 - y_{\min}^1) \cos \alpha \quad (2.7)$$

где  $\alpha$  - угол между направлением смещения и направлением выдерживаемого размера. Для размера  $m$  (рис. 2.6)  $\alpha = 90^\circ$ , для  $h$   $\alpha = 0^\circ$

$$y_{\max}^1 = CW_{\max}^n; \quad y_{\min}^1 = CW_{\min}^n \quad (2.8)$$

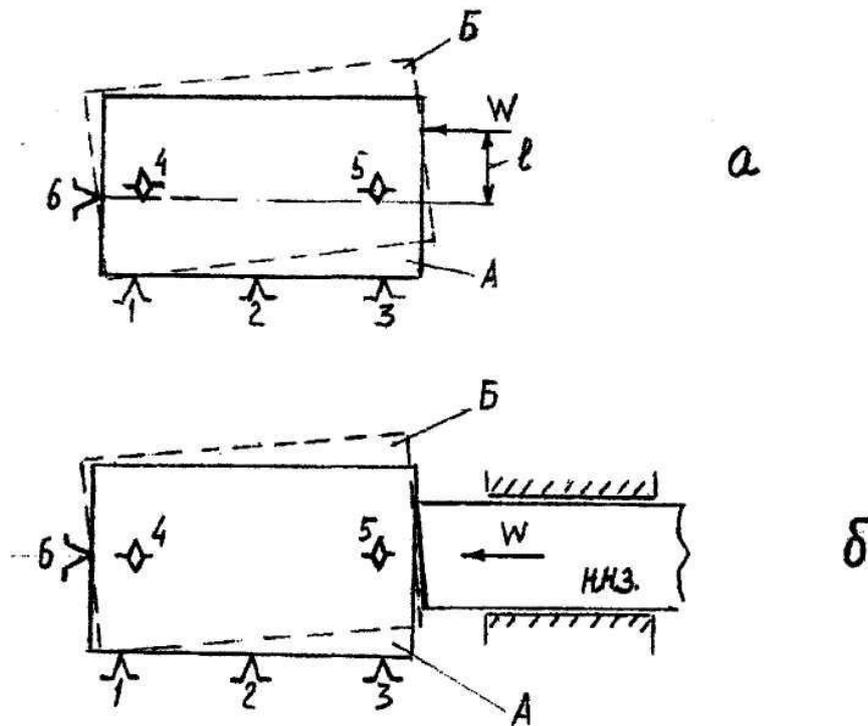


Рис. 2.3. Отрыв заготовки от опор в случае:  
 а - зажимная сила  $W$  создаёт опрокидывающий момент;  
 б - неправильно используется направленный несвободный зажим.

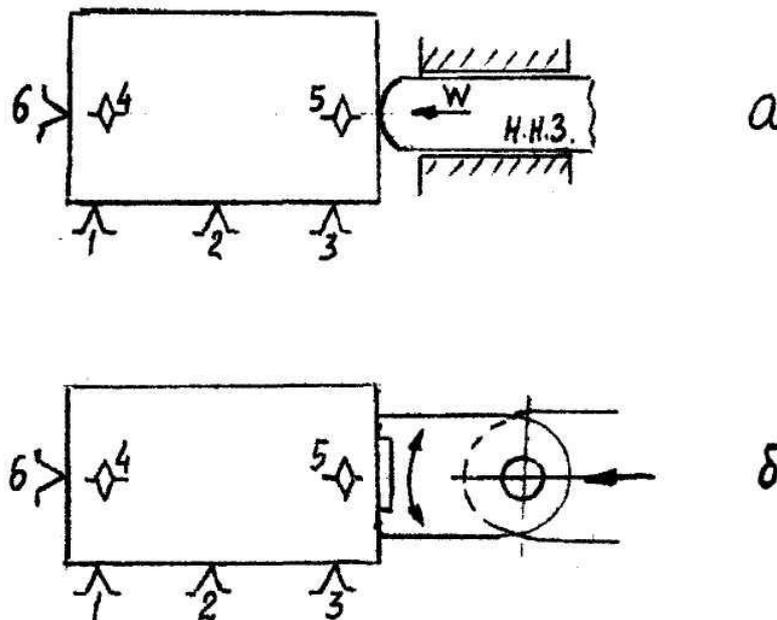


Рис. 2.4. Устранение отрыва заготовки от опор:

а - уменьшением числа условных точек контакта зажима с заготовкой;

б - увеличением числа степеней свободы зажима.

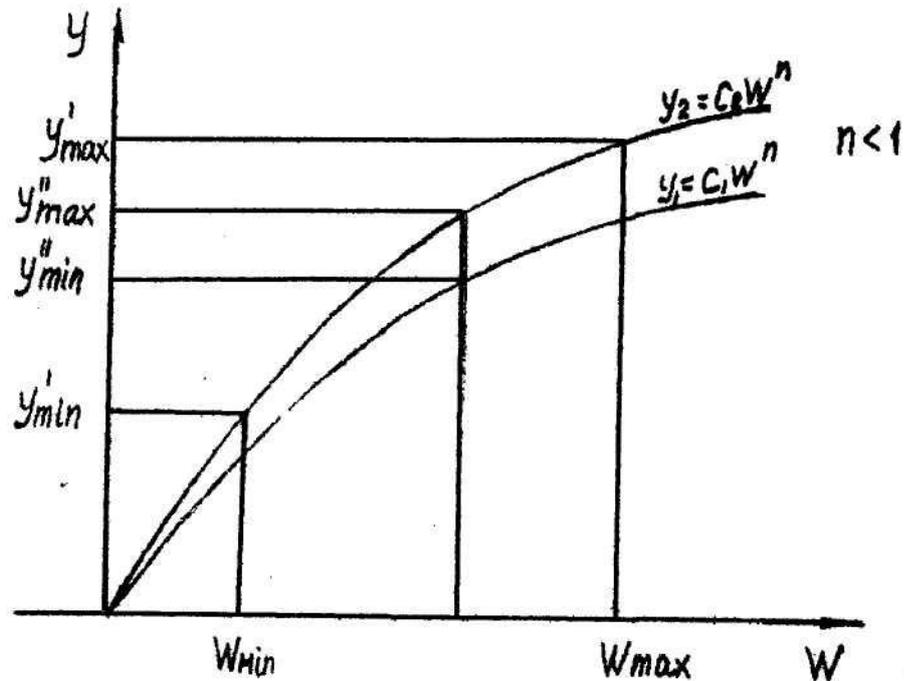


Рис. 2.5. Зависимость контактных деформаций ( $Y$ ) от силы зажима ( $W$ ).

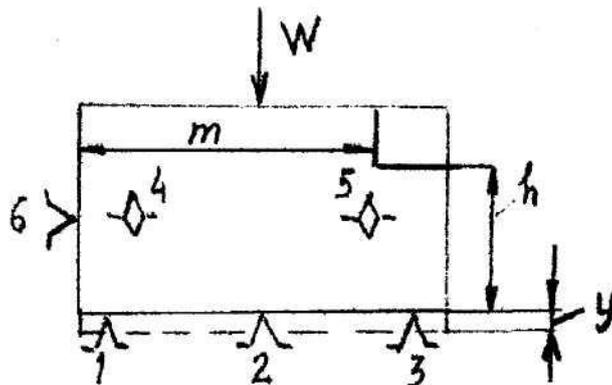


Рис. 2.6. Смещение заготовки вследствие контактных деформаций стыковых поверхностей.

$$\varepsilon_3^1 = C(W_{\max}^n - W_{\min}^n) \cos \alpha \quad (2.9)$$

Из приведённого рисунка (рисунок 8.3) также следует, что при стабильной силе закрепления возникает колебание смещения заготовки

$\Delta y^{11} = y_{\max}^{11} - y_{\min}^{11}$ , а следовательно и погрешность закрепления  $\varepsilon_3^n$  как функция нестабильности твёрдости и шероховатости поверхностного слоя заготовок

$$\varepsilon_3^{11} = (y_{\max}^{11} - y_{\min}^{11}) \cos \alpha \quad (2.10)$$

$$y_{\max}^{11} = C_{\max} W^n; \quad y_{\min}^{11} = C_{\min} W^n; \quad (2.11)$$

$$\varepsilon_3^{11} = (C_{\max} - C_{\min}) W^n \cos \alpha \quad (2.12)$$

Полная погрешность закрепления определяется по формуле

$$\varepsilon^{11} = \sqrt{(\varepsilon_3^{11})^2 + (\varepsilon_3^{11})^2} \quad (2.13)$$

### **Погрешность, вызываемая неточностью приспособления**

Погрешность, вызываемая неточностью приспособления, определяется по формуле

$$\varepsilon_{11} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2} \quad (2.14)$$

где  $\varepsilon_{yc}$  - погрешность, вызываемая неточностью изготовления установочных элементов;

$\varepsilon_u$  - погрешность, вызываемая размерным износом установочных элементов;

$\varepsilon_c$  - погрешность, вызываемая перекосом приспособления на станке при частой смене приспособления.

В условиях крупносерийного и массового производства приспособление используют длительное время, не снимая со станка.

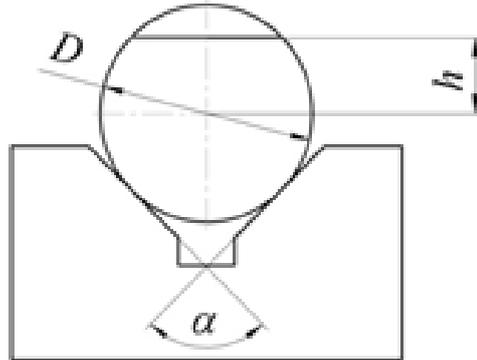
Можно принять  $\varepsilon_c = 0$

Установочные элементы изготавливают с жесткими допусками.

Часто, неточность изготовления установочных элементов учитывается при расчёте погрешности базирования, в этом случае составляющую  $\varepsilon_{yc}$  в формуле (2.14) не учитывать

### 3. Задания к практической работе.

1. Заготовка устанавливается на широкую призму, фрезеруется лыска в размер  $h$ . Допуск на диаметр заготовки  $TD = 0,2$  мм, угол призмы  $90$  градусов. Рассчитать погрешность базирования размера  $h$ , Указать правильный ответ.

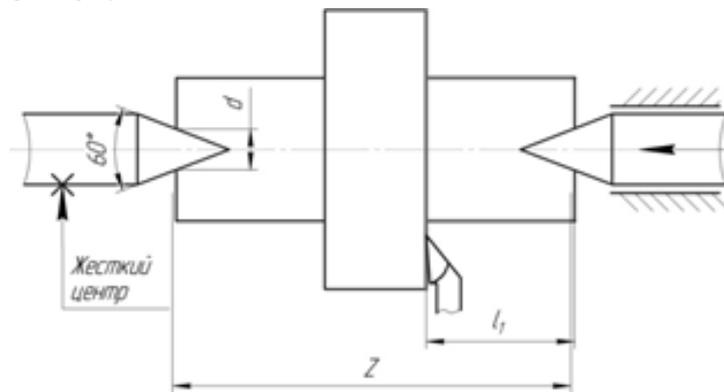


$$\text{Погрешность базирования } \varepsilon_{dh} = \frac{TD}{2} \cdot \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$$

$$TD = 0,2 \text{ мм}; \alpha = 90^\circ$$

Рис.3.1. Схема установки детали в приспособлении к заданию 1

2. Заготовка устанавливается в центрах с передним жестким центром. Допуск на диаметр центровых отверстий  $Td = 0,1$  мм угол центровых отверстий  $60$  градусов. Допуск на размер заготовки  $TZ = 0,45$  мм. Рассчитать погрешность базирования. Указать правильный ответ.



$$\text{Погрешность базирования } \varepsilon_{\delta l_1}$$

$$Td = 0,1; TZ = 0.45 \text{ мм}; \text{ мм}; \alpha = 60^\circ$$

Рис.3.2. Схема установки детали в приспособлении к заданию 2

3. Заготовка устанавливается в центрах с подпружиненным передним центром. Допуск на диаметр центровых отверстий  $Td = 0,1$  мм угол центровых отверстий  $60^\circ$  градусов. Допуск на размер заготовки  $TZ = 0,45$  мм. Рассчитать погрешность базирования. Указать правильный ответ.

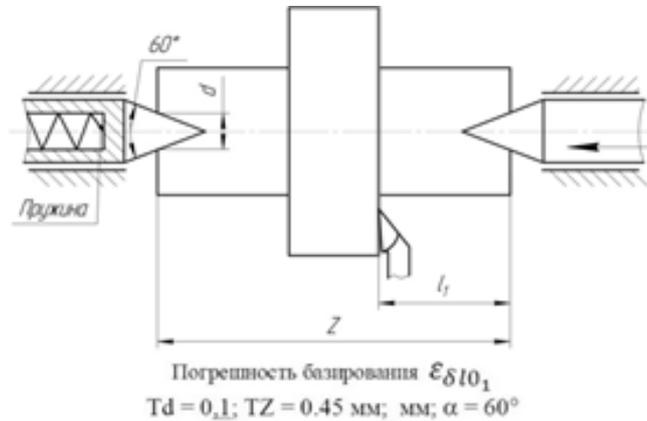


Рис.3.3. Схема установки детали в приспособлении к заданию 3

4. Заготовка устанавливается на плоскую поверхность основания и цилиндрический палец. Определить погрешность базирования размера  $H$ . Диаметр базового отверстия  $d_0$ . Диаметр цилиндрического пальца  $d_n$ .

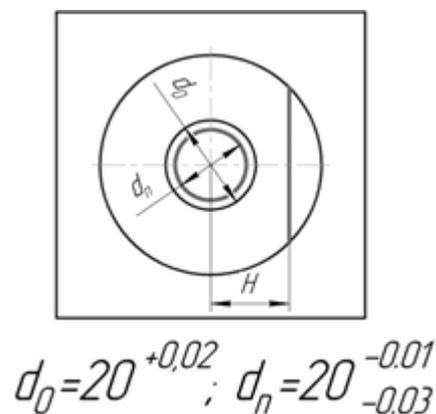


Рис.3.4. Схема установки детали в приспособлении к заданию 4

5. Заготовка устанавливается на плоскую поверхность основания и цилиндрический палец. Определить погрешность базирования размера  $H$ . Диаметр базового отверстия  $d_0$ . Диаметр установочного пальца  $d_n$ . Диаметр наружной цилиндрической поверхности  $D$ . Эксцентрисет наружной цилиндрической поверхности и базового отверстия  $l$ .

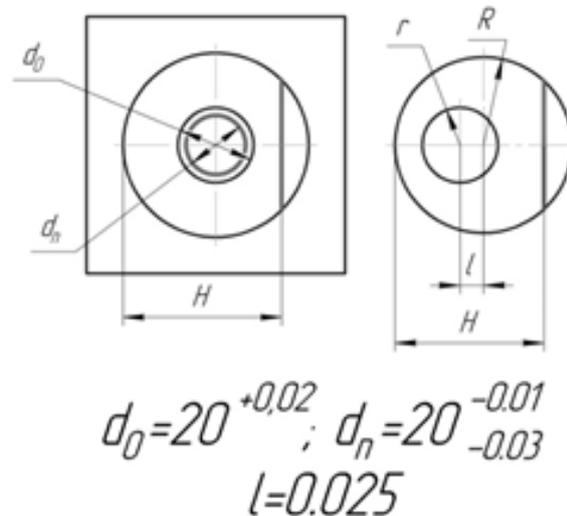


Рис.3.5. Схема установки детали в приспособлении к заданию 5

6. Заготовка устанавливается на цилиндрическую оправку с зазором. Есть сила (например - вес заготовки), ориентирующая заготовку на оправке. Определить погрешность базирования размера  $H$ . Диаметр оправки  $d_n$ . Диаметр базового отверстия заготовки  $D$ . Эксцентриситет наружной цилиндрической поверхности и базового отверстия  $l$ .

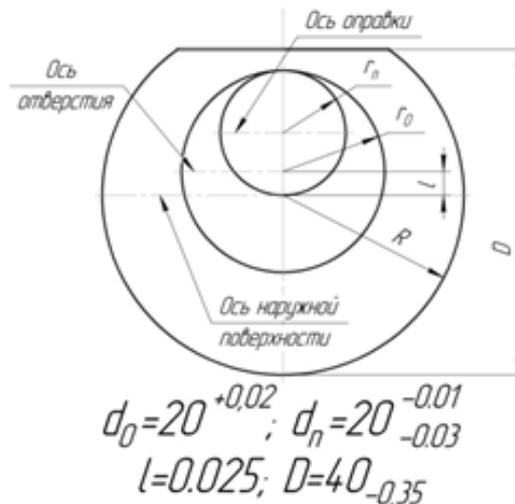


Рис.3.6. Схема установки детали в приспособлении к заданию 6

7. Заготовка устанавливается на оправку с зазором. Есть сила (например вес заготовки), ориентирующая заготовку на оправке. Определить погрешность базирования размера  $H$ . Диаметр базового отверстия  $d_0$ . Диаметр установочной оправки  $d_n$ .

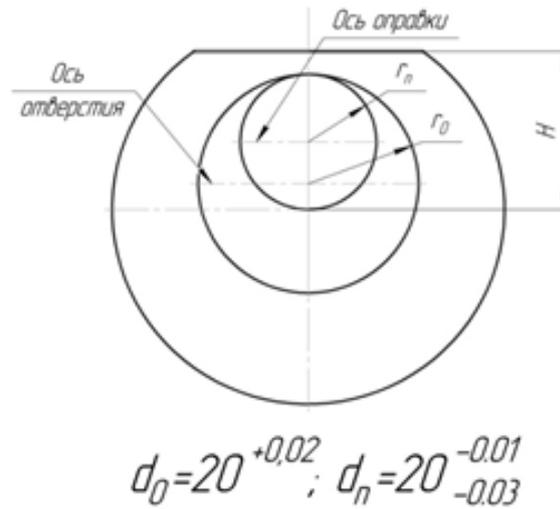


Рис.3.7. Схема установки детали в приспособлении к заданию 7

8. Заготовка устанавливается на плоскую поверхность основания, цилиндрический (1) и срезанный (2) пальцы. Определить погрешность базирования размера  $l_1$  при сверлении отверстия. Расстояние между установочными пальцами  $Z$ . Диаметры отверстий  $D_0$ . Диаметры пальцев: Цилиндрического  $d_{n1}$ , срезанного  $d_{n2}$ .

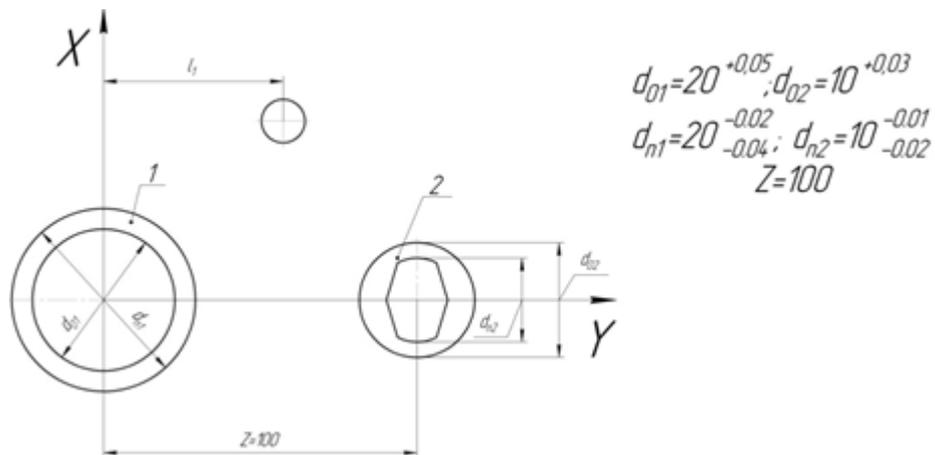


Рис.3.8. Схема установки детали в приспособлении к заданию 8

9. Заготовка устанавливается на плоскую поверхность основания, цилиндрический (1) и срезанный (2) пальцы. Определить погрешность базирования размера  $l_1$  при сверлении отверстия на расстоянии  $l$  от первого базового отверстия. Расстояние между установочными пальцами  $Z$ . Диаметры отверстий  $D_0$ . Диаметры пальцев: Цилиндрического  $d_{n1}$ , срезанного  $d_{n2}$ .

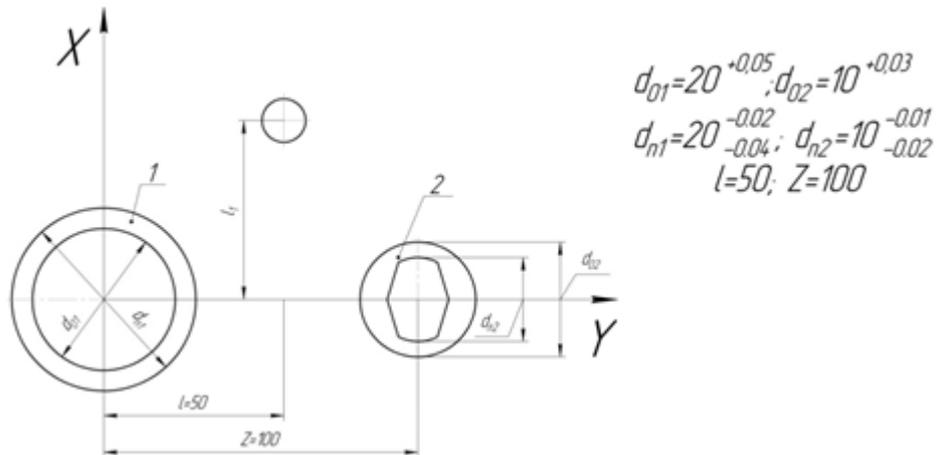


Рис.3.9. Схема установки детали в приспособлении к заданию 9

10. Заготовка устанавливается на плоскую поверхность основания, цилиндрический (1) и срезанный (2) пальцы. Определить погрешность базирования размера  $l_1$  при сверлении отверстия на расстоянии  $l$  от первого базового отверстия. Расстояние между установочными пальцами  $Z$ . Диаметры отверстий  $D_0$ . Диаметры пальцев: Цилиндрического  $d_{n1}$ , срезанного  $d_{n2}$ .

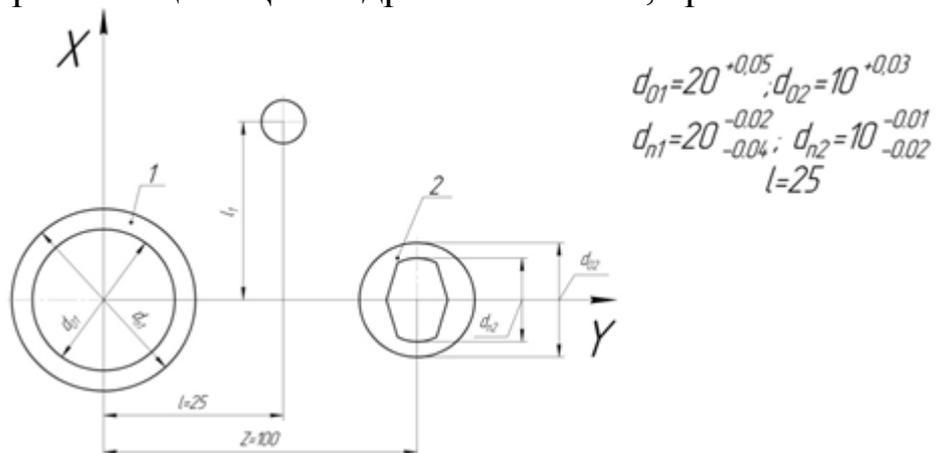


Рис.3.10. Схема установки детали в приспособлении к заданию 10

11. Заготовка устанавливается на плоскую поверхность основания, цилиндрический (1) и срезанный (2) пальцы. Определить погрешность базирования размера  $l_1$  при сверлении отверстия на расстоянии  $l$  от первого базового отверстия. Расстояние между установочными пальцами  $Z$ . Диаметры отверстий  $D_0$ . Диаметры пальцев: Цилиндрического  $d_{n1}$ , срезанного  $d_{n2}$ .

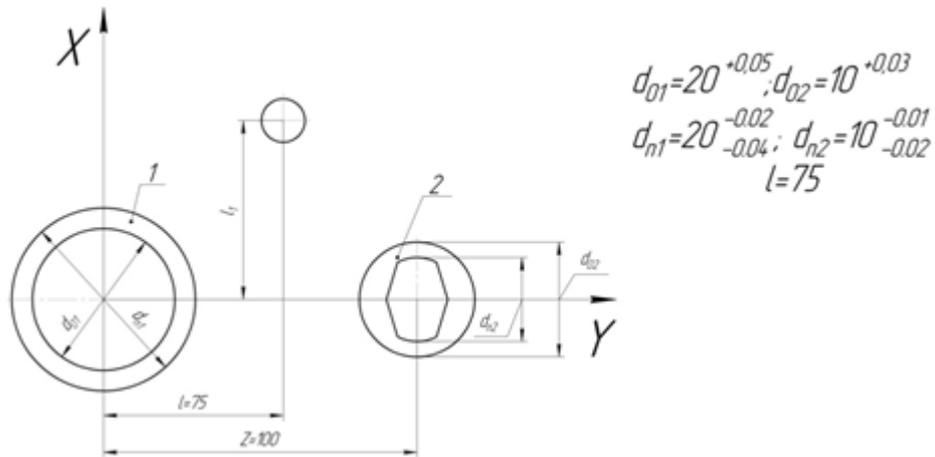


Рис.3.11. Схема установки детали в приспособлении к заданию 11

12. Заготовка устанавливается на плоскую поверхность основания, цилиндрический (1) и срезанный (2) пальцы. Определить погрешность базирования размера  $l_1$  при сверлении отверстия на расстоянии  $l$  от первого базового отверстия. Расстояние между установочными пальцами  $Z$ . Диаметры отверстий  $D_0$ . Диаметры пальцев: Цилиндрического  $d_{n1}$ , срезанного  $d_{n2}$ .  $d_{n1}$

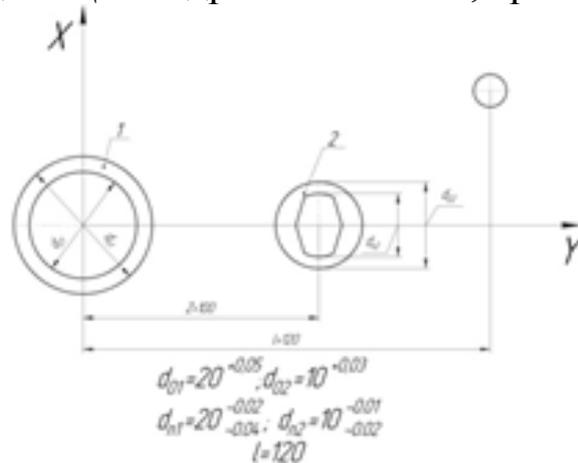


Рис.3.12. Схема установки детали в приспособлении к заданию 12

13. Определить методом полной взаимозаменяемости номинал, верхнее и нижнее предельные отклонения операционного размера  $A_1$ , обеспечивающие получение чертежного размера.

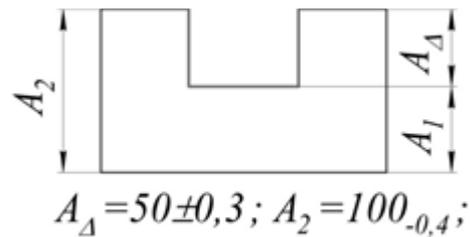
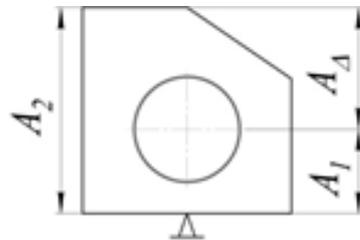


Рис.3.13. Схема установки детали в приспособлении к заданию 13

14. Для предложенной размерной цепи определить методом полной взаимозаменяемости номинал и предельные отклонения операционного размера  $A_1$ , обеспечивающие получение размера замыкающего звена.



$$A_\Delta = 60 \pm 0,2; A_2 = 100_{-0,3};$$

Рис.3.14. Схема установки детали в приспособлении к заданию 14

15. Для предложенной размерной цепи, рассчитать методом полной взаимозаменяемости номинал и предельные значения операционного размера  $A_1$ , при котором выполняется чертежный размер (замыкающее звено).

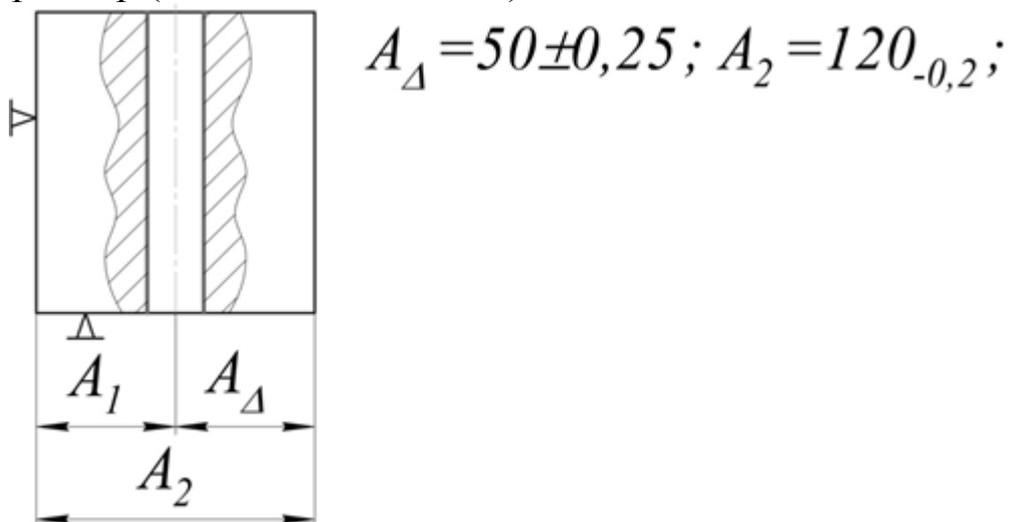


Рис.3.15. Схема установки детали в приспособлении к заданию 15

16. Для предложенной размерной цепи рассчитать методом полной взаимозаменяемости номинал и предельные отклонения операционного размера  $A_1$ , при котором выполняется чертежный размер (замыкающее звено).

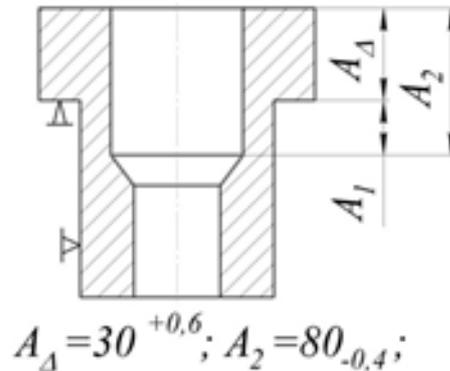


Рис.3.16. Схема установки детали в приспособлении к заданию 16

17. Для предложенной размерной цепи рассчитать методом полной взаимозаменяемости номинал и предельные отклонения операционного размера  $A_1$ , при котором выполняется чертежный размер (замыкающее звено).

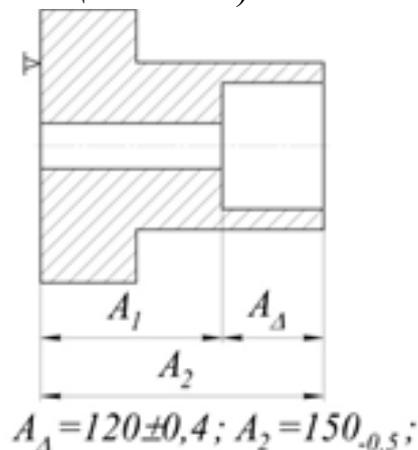


Рис.3.17. Схема установки детали в приспособлении к заданию 17

18. Для предложенной размерной цепи рассчитать методом полной взаимозаменяемости номинал и предельные отклонения операционного размера  $A_1$ , при котором выполняется чертежный размер (замыкающее звено).

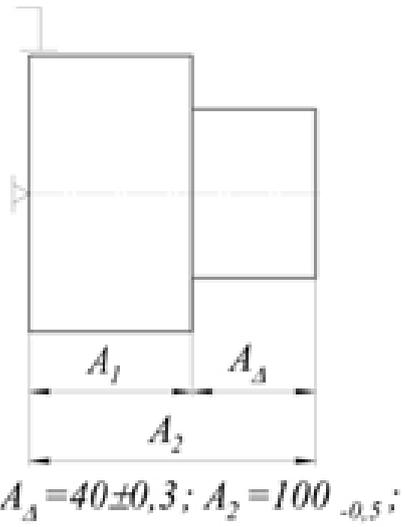


Рис.3.18. Схема установки детали в приспособлении к заданию 18

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудряшов, Евгений Алексеевич. Основы технологии машиностроения [Текст] : [учебник для студентов вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)"] / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Е. А. Кудряшова. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 431 с.
2. Безъязычный, Вячеслав Феоктистович. Основы технологии машиностроения [Текст] : учебник / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с. : ил. - ISBN 978-5-94275-6 69-7 : 1070.00 р.
3. Основы технологии машиностроения и формализованный синтез технологических процессов [Текст] : учебник / под ред. В. А. Горохова. - Старый Оскол : ТНТ, 2011. - В 2 ч. Ч. 1. - 496 с. - ISBN 978-5-94178-2 62-8 : 545.40 р.4