

## УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Установочные элементы - детали приспособлений с помощью которых осуществляется базирование.

Базировать заготовки крупных размеров непосредственно на основание или стенки корпуса не допускается, во избежание его повреждения, потери точности. Для этой цели на корпусе закрепляют специальные детали.

### *Основные требования к установочным элементам*

1. Высокая износостойкость, что достигается выбором соответствующего материала и термообработкой;

Сталь У7А...У10А, закалка до HRC<sub>3</sub> 50...55 HRC

Сталь 20,20Х с цементацией на глубину  $t = 0,8... 1,2$  мм и закалкой до HRC<sub>3</sub>50...55. (50...55 HRC)

2. Высокая точность базирования.

3. Удобство в эксплуатации и ремонте.

### *На установочные элементы разработаны стандарты*

### *Базирование по плоским поверхностям*

Применяют следующие виды установочных элементов:

1. Опоры постоянные;
2. Опорные пластины;
3. Регулируемые опоры;
4. Самоустанавливающиеся опоры.

### **1. Опоры постоянные**

Выполняются со сферической (рисунок 3.1а), плоской (б) и насечённой (в) головкой.

Опоры со сферической головкой применяют для базирования по неотработанным поверхностям заготовки, на которых могут быть значительные дефекты.

Опоры с плоской головкой - для базирования небольших заготовок с обработанными (точением, фрезерованием и др.) поверхностями. \*

Опоры с насеченной головкой - для необработанных боковых поверхностей.

3.2

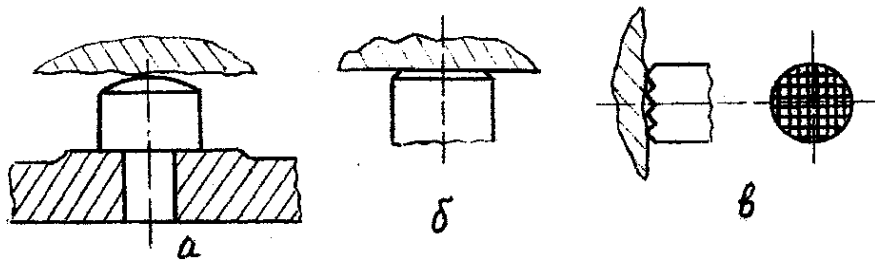


Рис. 3.1. Опоры постоянные:  
а – со сферической головкой; б – с плоской головкой;  
в – с насеченной головкой.

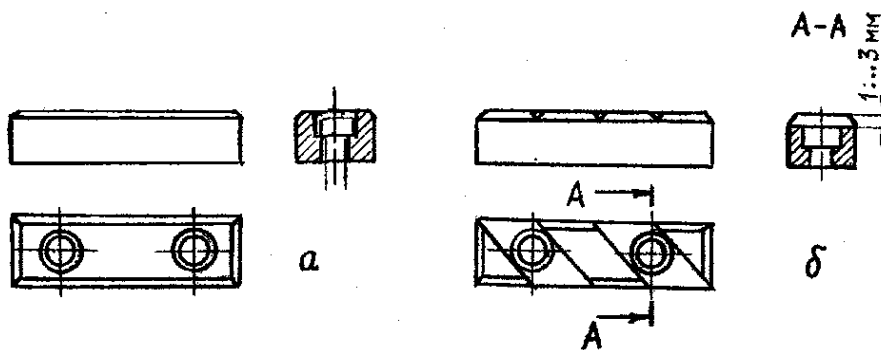


Рис. 3.2. Опорные пластины:  
а – плоские; б – с косыми пазами.

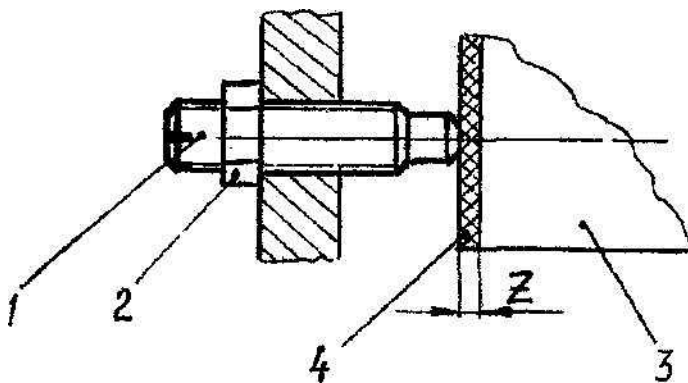


Рис. 3.3. Пример применения регулируемой опоры:  
1 - винт установочный; 2 - гайка; 3 - заготовка;  
4 - припуск.

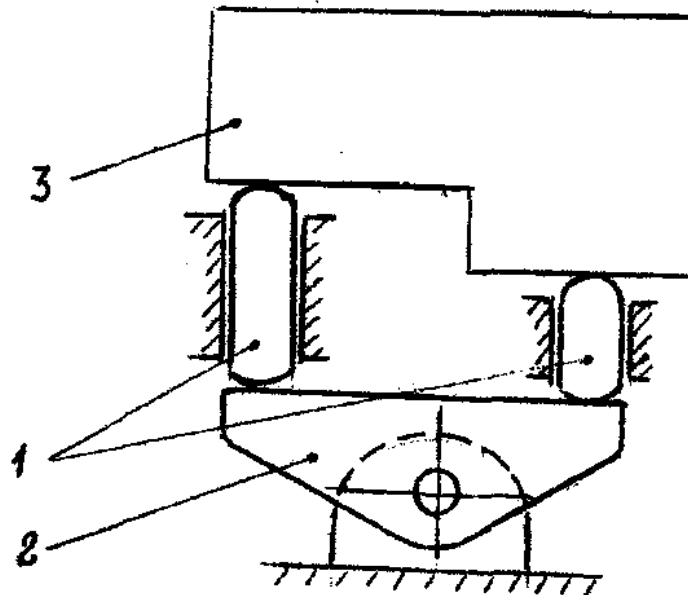


Рис. 3.4. Самоустанавливающая опора:  
1 – плунжеры; 2 – рычаг; 3 – заготовка.

## 2. Опорные пластины (рисунок 3.2)

Бывают плоские (а) с косыми пазами (б). И те и другие применяют для базирования крупных заготовок с обработанными базовыми поверхностями.

Плоские пластины закрепляют на вертикальных стенках приспособлений; при горизонтальном их расположении в углублениях под крепёжные винты накапливается мелкая стружка, трудноудаляемая при очистке приспособления.

Пластины с косыми пазами устанавливают на горизонтальную поверхность приспособления.

Мелкие детали, особенно из цветных материалов, можно устанавливать непосредственно на поверхность корпуса приспособления.

## 3. Регулируемые опоры (Р.О.)

Регулируемые опоры (рисунок 3.3) применяются в случае, если на базовой поверхности заготовки имеется припуск  $Z$ , удаляемый на последующей обработке.

Величина этого припуска может иметь значительные колебания в разных партиях (например отливок, полученных в разных условиях). Р.О. позволяет приспособиться к колебанию припуска.

## 4. Самоустанавливающие опоры

Усложняют конструкцию приспособления и применяются в исключительных случаях, например, при базировании по ступенчатым поверхностям (рисунок 3.4).

## Базирование по цилиндрическим поверхностям

Может осуществляться по наружным и внутренним поверхностям. Для базирования по наружным поверхностям используются призмы. Призмы бывают широкие и узкие.

Базирование в широкой призме показано на рисунке 3.5а. базирование в узкой призме - на рисунке 3.5б.

Угол  $\alpha$  призмы может быть  $\alpha = 90^\circ, 60^\circ, 120^\circ$ .

Для базирования крупногабаритных валов применяют призмы с выемкой (рисунок 3.6). Призмы могут быть изготовлены из чугуна, который дешевле стали. А на боковых поверхностях призм закрепляются стальные закалённые пластины 2.

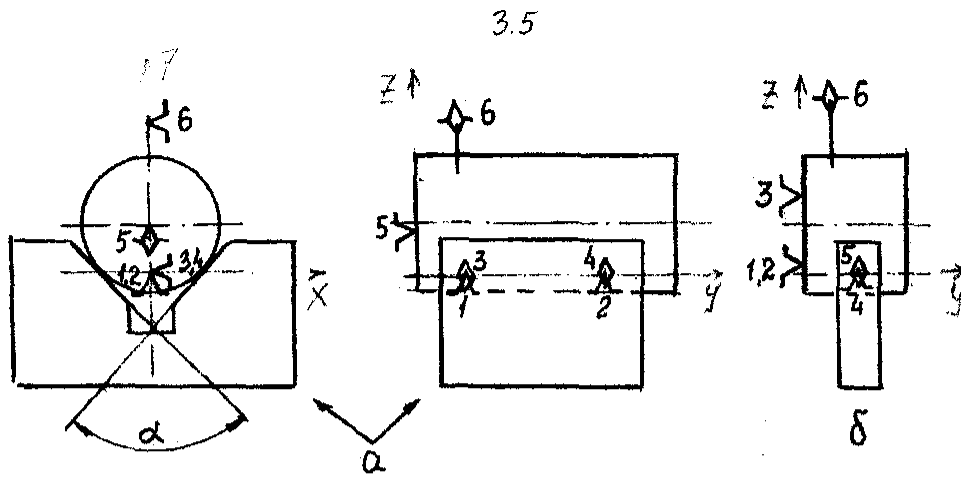


Рис. 3.5. Схемы базирования в широкой (а) и узкой (б) призмах.

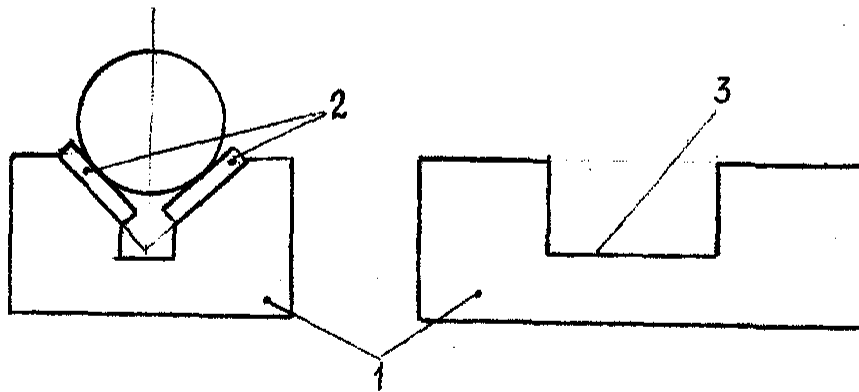


Рис. 3.6. Призмы для длинных валов:  
1 – призмы из чугуна; 2 – стальные закаленные пластины;  
3 – выемка.

## БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК ПО ВНУТРЕННИМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ

Базирование по внутренним цилиндрическим поверхностям осуществляется на установочные пальцы и оправки.

Установочные пальцы изготавливают с буртиком (рисунок 4.1 а, в) и без буртика (рисунок 4.1 б). У пальцев с буртиком необходимо выдерживать размер  $h$  буртика с жёстким допуском. При изготовлении пальцев без буртиков, поверхность  $A$  опорных пластин можно шлифовать в сборе при удалённых пальцах. Пальцы можно запрессовать непосредственно в корпус (посадка H7/P6) либо установить через переходную закалённую втулку (рисунок 4.1 в). Рабочий диаметр пальца выполняется в системе отверстия с гарантированным зазором (посадка g6 g7, f6, f7).

Пальцы бывают цилиндрические и срезанные. Цилиндрический палец (рисунок 4.1) лишает заготовку 2-х степеней свободы, срезанный палец-одной степени свободы (рисунок 4.2). Наиболее распространённая форма срезов показана на рисунке 4.2 а. Форма срезов (4.2 б) применяется для пальцев большого диаметра, форма срезов (рисунок 4.2 в) - для пальцев малого диаметра.

При изготовлении корпусных деталей, крышек, фланцев и др. широко используется базирование на 2 пальца, один из которых - цилиндрический, второй - срезанный. Схема базирования корпусной детали по плоской поверхности основания и 2-м отверстиям на цилиндрический и срезанный пальцы показана на рисунке 4.3.

Расстояние  $Z$  между осями пальцев надо выбирать максимальным, в этом случае угловая погрешность (перекос детали на пальцах) будет минимальным.

Контакт срезанного пальца с заготовкой происходит по небольшой поверхности - узким ленточкам "в" и подвергаются интенсивному износу. Поэтому с точки зрения износостойкости размер  $B$  ленточек срезанного пальца надо принимать максимально возможным. Этот размер зависит от диаметра пальца  $d$ , минимального (гарантированного) зазора  $S_{\min}$ , а также от погрешности межцентрового расстояния и может быть определён по формуле:

$$B = \frac{d S_{\min}}{2\Delta} \quad (4.1)$$

где  $d$ -диаметр пальца,

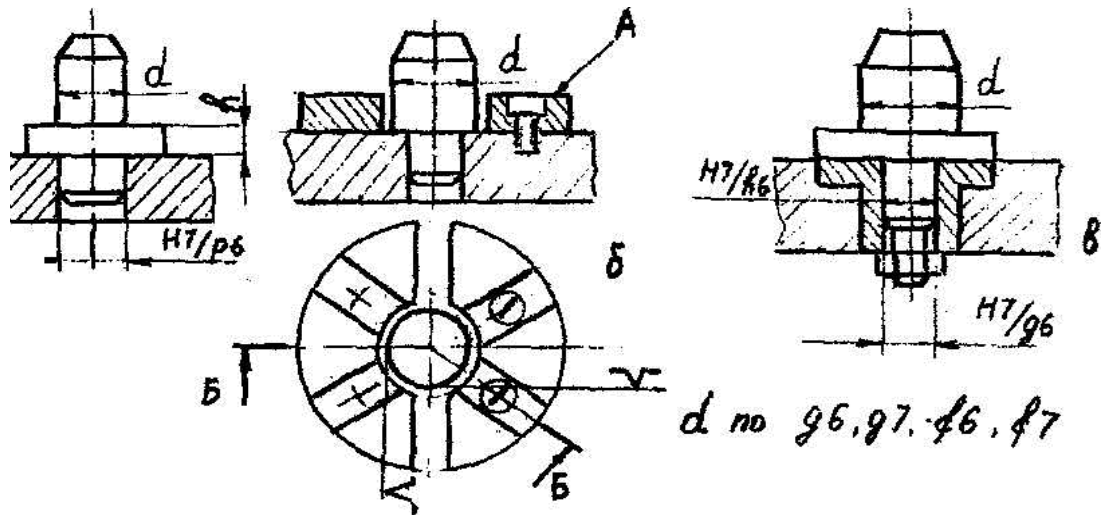


Рис. 4.1. Установочные пальцы.

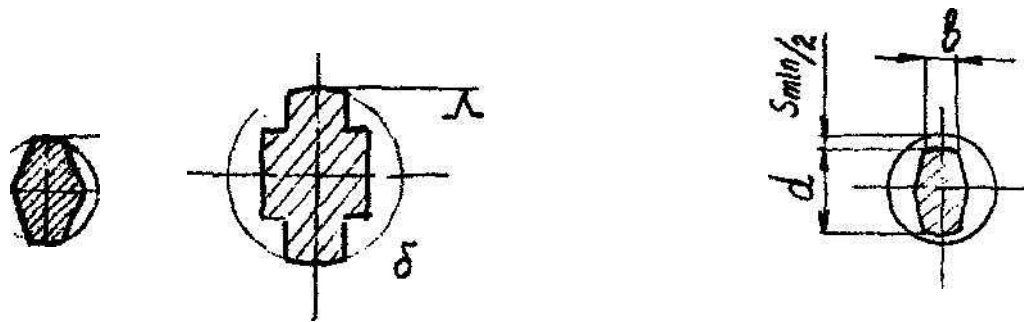


Рис. 4.2. Форма срезов установочных пальцев.

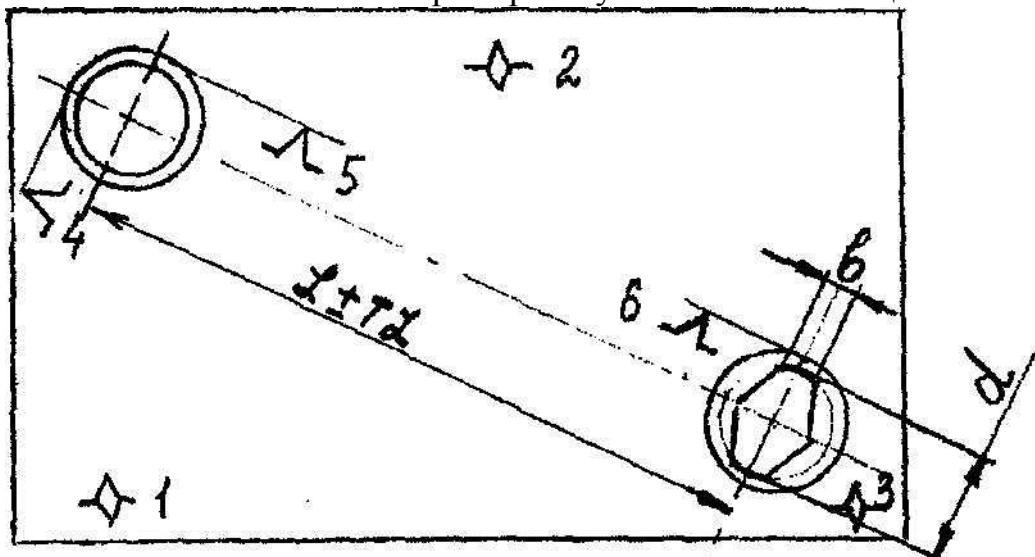


Рис. 4.3. Схема базирования корпусной детали по плоской поверхности основания и 2-м отверстиям

$S_{\min}$  - минимальный (гарантированный) зазор между пальцем и отверстием.

$$\Delta = TZ_{Д} + TZ_{пр} \quad (4.2)$$

где  $TZ_d$  и  $TZ_{np}$  - погрешность межцентрового расстояния соответственно детали и приспособления.

Поэтому для увеличения ширины ленточек срезанного пальца необходимо стремиться к уменьшению погрешностей  $TZ_d$  и  $TZ_{np}$ .

### ***Подготовка баз обрабатываемой детали***

1. На первой операции обрабатывается плоская поверхность основания, которая в дальнейшем используется в качестве установочной базы.

2. На этой поверхности сверлят, развёртывают 2 технологических отверстия по кондуктору.

Диаметр отверстий по посадке H7, H8.

### ***Базирование по коническим поверхностям***

Схема базирования вала по коротким коническим поверхностям показана на рисунке 4.4. В качестве установочных элементов используются центра

- жёсткие - для мелких и средних деталей;
- вращающиеся - для крупных (тяжёлых) деталей;
- для деталей до 20т используются грибовые центра.

### ***Базирование на оправки***

Применяют оправки жёсткие и разжимные.

На жёсткие оправки детали устанавливаются с зазором который влияет на погрешность базирования и должен учитываться при точностных расчётах.

Схема базирования втулки на жёсткой оправке показана на рис. 4.5.

Схема базирования на разжимной оправке - на рисунке 4.6.

Существуют следующие разновидности разжимных оправок:

- цанговые;
- с тарельчатыми пружинами (кольцевыми мембранами);
- с гидропластом;
- с гофрированными втулками;
- с кулачками;
- с шариками.



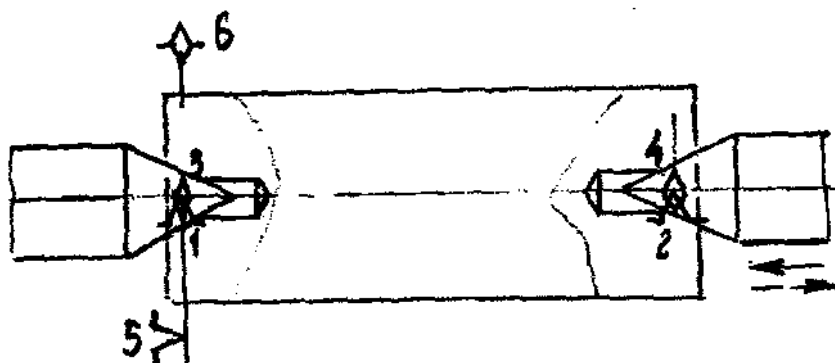


Рис. 4.4. Схема базирования вала в центрах.

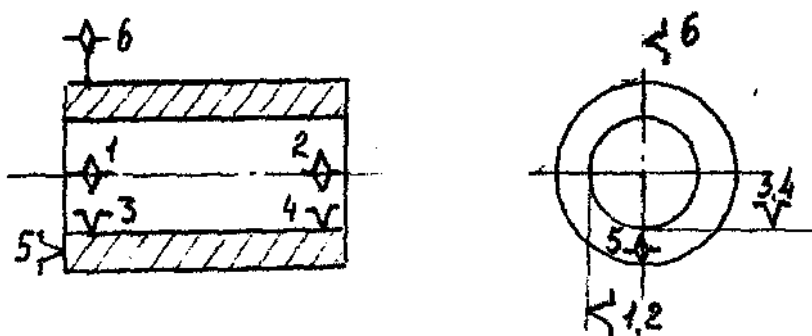


Рис. 4.5. Схема базирования втулки на жёсткой оправке.

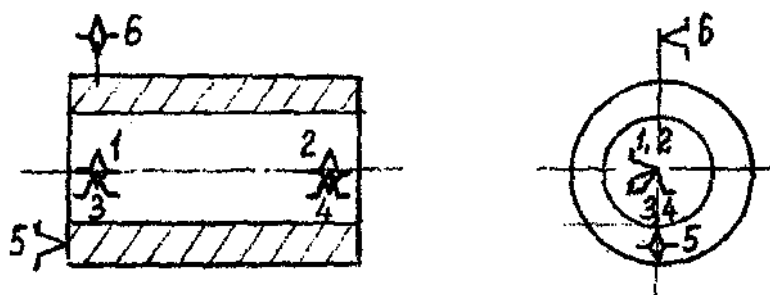


Рис. 4.6. Схема базирования втулки на разжимной оправке.

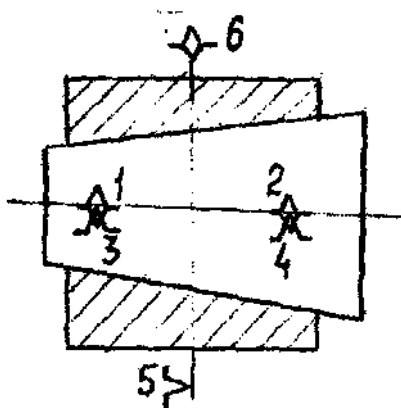


Рис. 4.7. Схема базирования втулки на конической оправке.

Конструкции разжимных оправок приведён в справочной литературе (справочник Косиловой Г.Т. т.1, справочник Вардашкина Б.Н.).

### ***Базирование на конические оправки***

Схема базирования детали на конической оправке показана на рисунке 4.7.

### ***МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ***

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

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{z}^2 + \varepsilon_{np}^2} \quad (4.3)$$

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

$\varepsilon_z$  - погрешность закрепления;

$\varepsilon_{np}$  - погрешность приспособления.

Полученную расчётом по формуле 4.3 погрешность установки нужно сравнить с допустимой по точности обработки, т.е. должно выполняться условие

$$|\mathcal{E}| = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2} \leq \varepsilon_{доп}$$

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

$$\mathcal{E}_{доп} = (0,1 \dots 0,4) T_{изд}$$

### *Методика определения погрешности базирования*

Погрешность базирования ( $\varepsilon_{\delta}$ ) возникает при несовпадении измерительной и технологической баз.

Если указанные базы совпадают,  $\varepsilon_{\delta} = 0$ .

При несовпадении баз  $\varepsilon_{\delta} \neq 0$ ; её 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 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 B -размером  $h$ .

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

Если будет задан размер  $h$ , то  $\varepsilon_{\delta n} \neq 0$ , т.к. измерительная база - пов. B не совпадает с технологической (пов. A),

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

1. Звено Б1 - размер, связывающий режущую кромку фрезы с технологической базой (настроечный размер).

2. Б2 - размер, связывающий измерительную базу - пов. В с технологической базой - пов. А.

3. h - выдерживаемый размер - замыкающее звено (получаемый последним)

Выявленная РЦ представлена на рисунке 4.9.

Звенья Б1 и Б2 существуют до обработки:

Б1-настроечный размер;  $Б2 = Н$ , где Н- размер заготовки, получаемый на предшествующей операции.

Следовательно Б1 и Б2 являются составляющими звеньями. Звено b возникает в процессе обработки, получается последним, т.е. звено h - замыкающее. Допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев.

$$\epsilon_{бп} = ТБ_1 + ТБ_2 \quad (4.5)$$

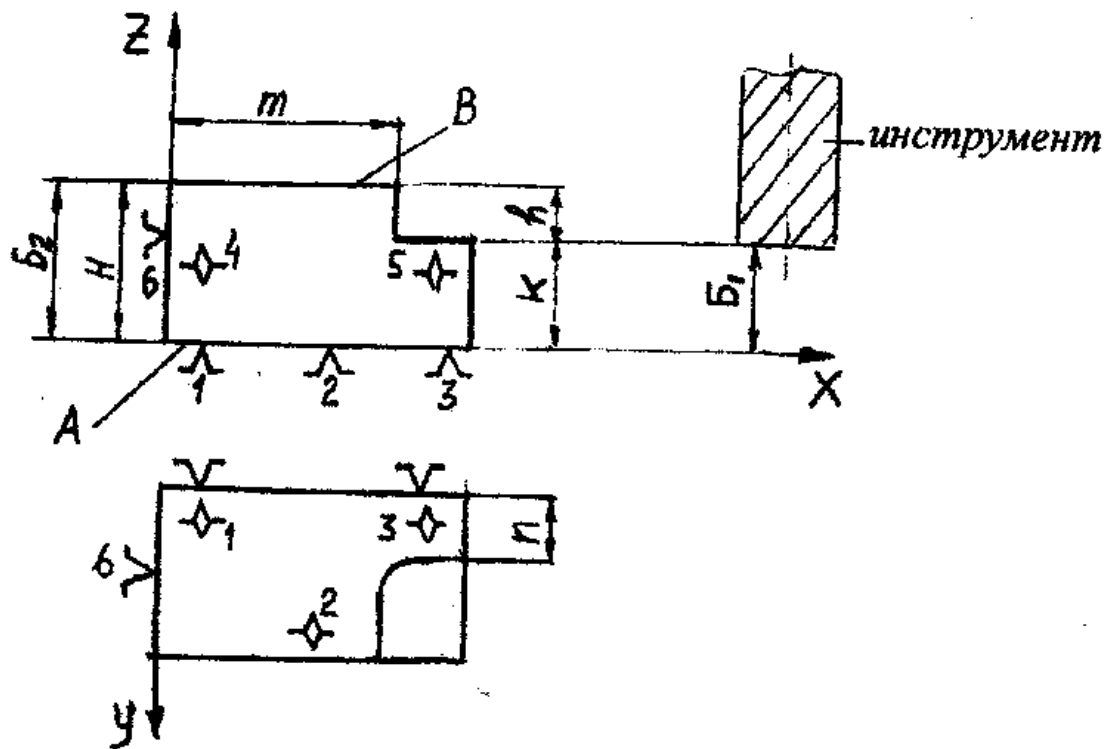


Рис. 4.8. Схема базирования заготовки в координатный угол и настройка инструмента.

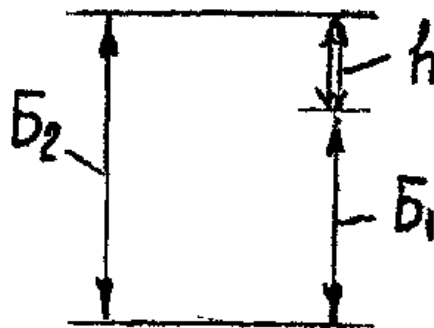


Рис. 4.9. Размерная цепь при выдерживании размера  $h$ .

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.  $T_{B_1} = 0$ .

Отклонения этого размера вследствие упругих отжатий, погрешности настройки, размерного износа и др. учитываются составляющими  $\Delta_y, \Delta_H, \Delta_{II}$  и др. (см. формулу 2.2).

Итак

$$\varepsilon_{\text{сн}} = \text{ТБ}_2; \text{Б}_2 = \text{Н}; \text{ТБ}_2 = \text{ТН}; \varepsilon_{\text{сн}} = \text{ТН}.$$

### **МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ПОГРЕШНОСТЬ 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 5.1а)

$$M = W * I \tag{5.1}$$

где  $W$  - зажимная сила;  $I$  - 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

$$n = p - k, \tag{5.2}$$

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 (рисунок 5.1.б)

$p=2$ ;  $k = 1$ ;  $i = 2-1=1$ . Общее количество опорных точек составляет

$$1 = 2 - 1 = 1$$

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 обработки. 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 5.2.а). В этом случае  $p = 1 - 1 = 0$ ;  $\sum = 6$ .

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

На рисунке 5.2.6 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  $p = 2 - 2 = 0$ ;  $\sum = 6$ .

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 «следствие 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 (рисунок 5.4).

Графическая зависимость контактных деформаций от силы закрепления показана на рисунке 5.3.

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

$$Y = CW^n \quad (5.3)$$

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  $\Delta y^1 = y^1_{\max} - y^1_{\min}$ , а, следовательно, и погрешность закрепления  $\varepsilon^1_3$  как функция нестабильности силы закрепления

$$\varepsilon^1_3 = (y^1_{\max} - y^1_{\min}) \cos \alpha \quad (5.4)$$

где  $\alpha$  - угол между направлением смещения и направлением выдерживаемого размера. Для размера  $m$  (рисунок 5.4)  $\alpha = 90^\circ$ , для  $h$   $\alpha = 0^\circ$

$$y^1_{\max} = CW^n_{\max}; \quad y^1_{\min} = CW^n_{\min}$$

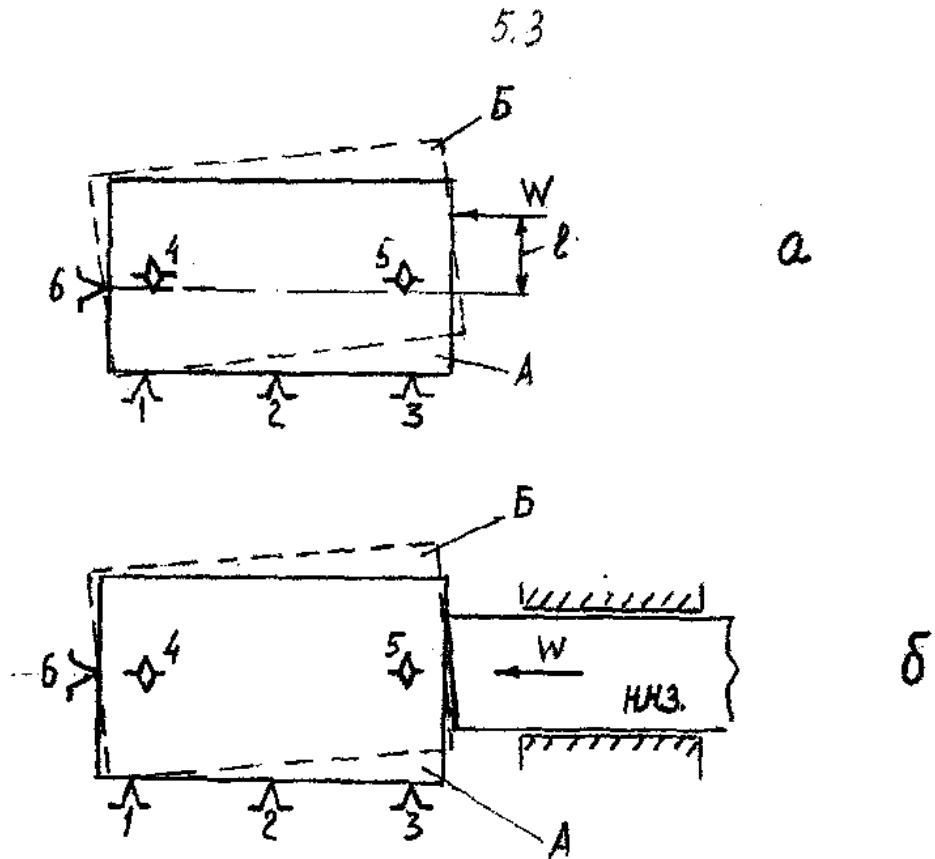


Рис. 5.1. Отрыв заготовки от опор в случае:  
 а – зажимная сила  $W$  создаёт опрокидывающий момент;  
 б – неправильно используется направленный несвободный зажим.

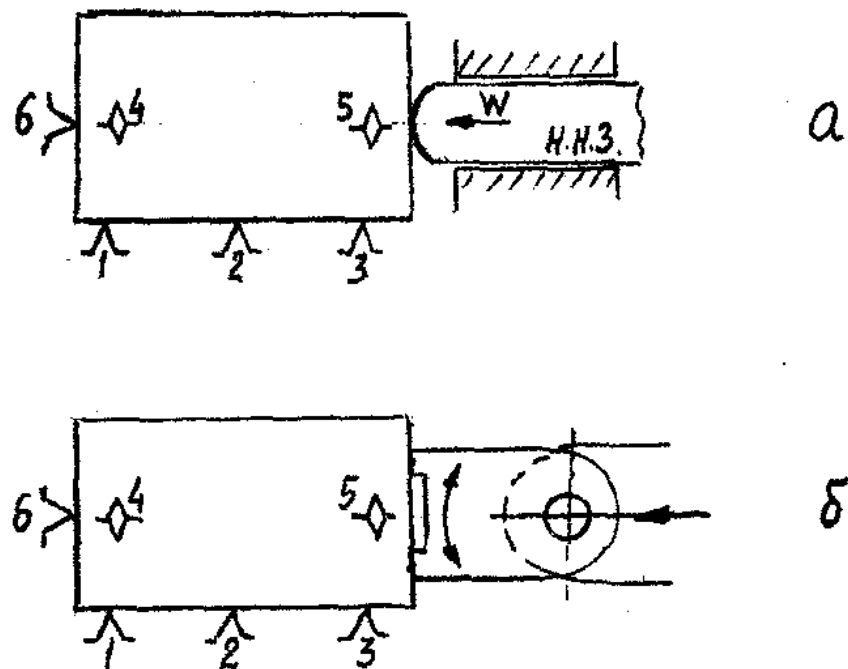


Рис. 5.2. Устранение отрыва заготовки от опор:  
 а – уменьшением числа условных точек контакта зажима с заготовкой;  
 б – увеличением числа степеней свободы зажима.



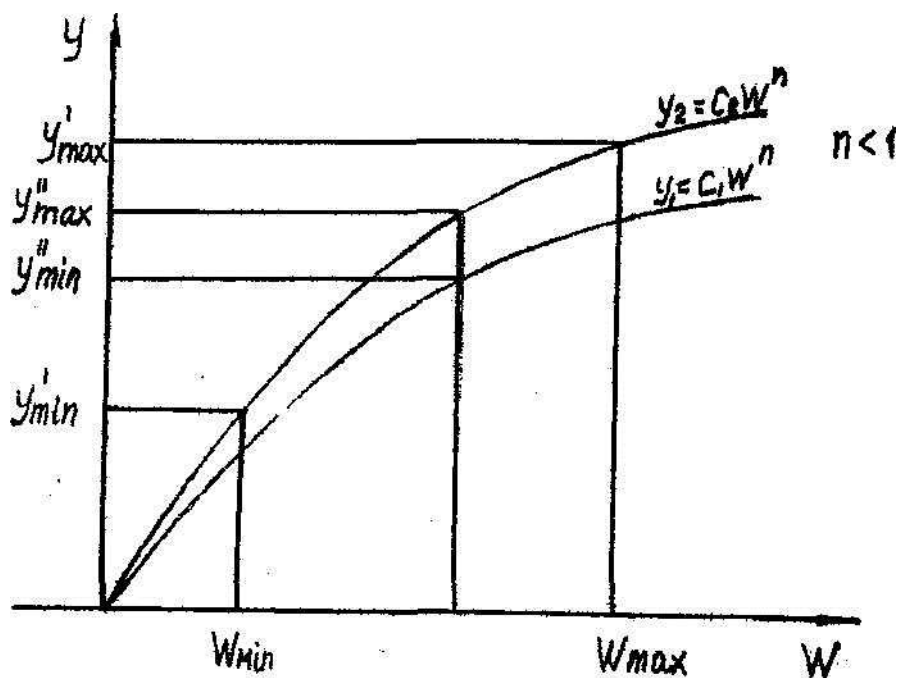


Рис. 5.3. Зависимость контактных деформаций ( $Y$ ) от силы зажима ( $W$ ).

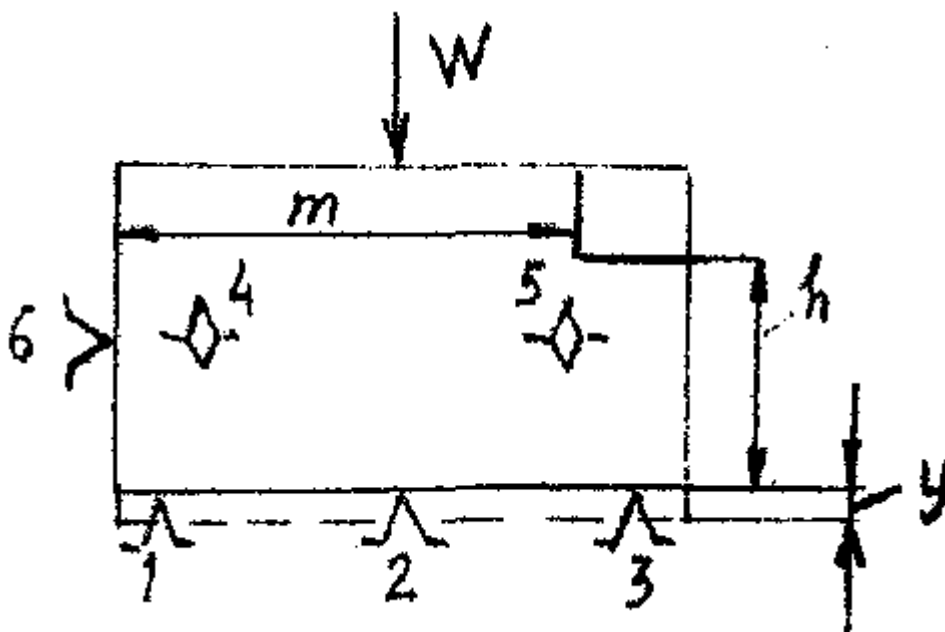


Рис. 5.4. Смещение заготовки вследствие контактных деформаций стыковых поверхностей.

$$\varepsilon_{1,3} = C(W_{\max}^n - W_{\min}^n) \cos \alpha \quad (5.5)$$

Из приведённого рисунка (рисунок 5.4) также следует, что при стабильной силе закрепления возникает колебание смещения заготовки

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

$$\varepsilon^{11_3} = (y^{11_{\max}} - y^{11_{\min}}) \cos \alpha \quad (5.6)$$

$$y^{11_{\max}} = C_{\max} W^n; \quad y^{11_{\min}} = C_{\min} W^n$$

$$\varepsilon^{11_3} = (C_{\max} - C_{\min}) W^n \cos \alpha \quad (5.7)$$

Полная погрешность закрепления определяется по формуле

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(\varepsilon^1)^2 + (\varepsilon^{11_3})^2} \quad (5.8)$$

### *Погрешность, вызываемая неточностью приспособления*

Погрешность, вызываемая неточностью приспособления, определяется по формуле

$$\varepsilon_{IP} = \sqrt{\varepsilon_{vc}^2 + \varepsilon_I^2 + \varepsilon_C^2} \quad (5.9)$$

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

$\varepsilon_I$  - 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  $\varepsilon_{vc}$  в формуле (5.9) не учитывать.

Быстро изнашиваются установочные элементы с небольшой поверхностью контакта (срезанные пальцы, опоры со сферической головкой и др.). На износ оказывает влияние состояние базовых поверхностей заготовки. Интенсивно изнашиваются опоры заготовки со следами окалины, формовочной смеси, песка и др. Износ возрастает с увеличением пути сдвига по опорам. Для повышения износостойкости установочные элементы хромируют, на них наплавляют пластинки твёрдого сплава.

На производстве износ контролируется и при достижении предельной величины опоры заменяются новыми.

Алгоритм точностных расчётов при проектировании приспособлений приведён на рисунке 5.5.

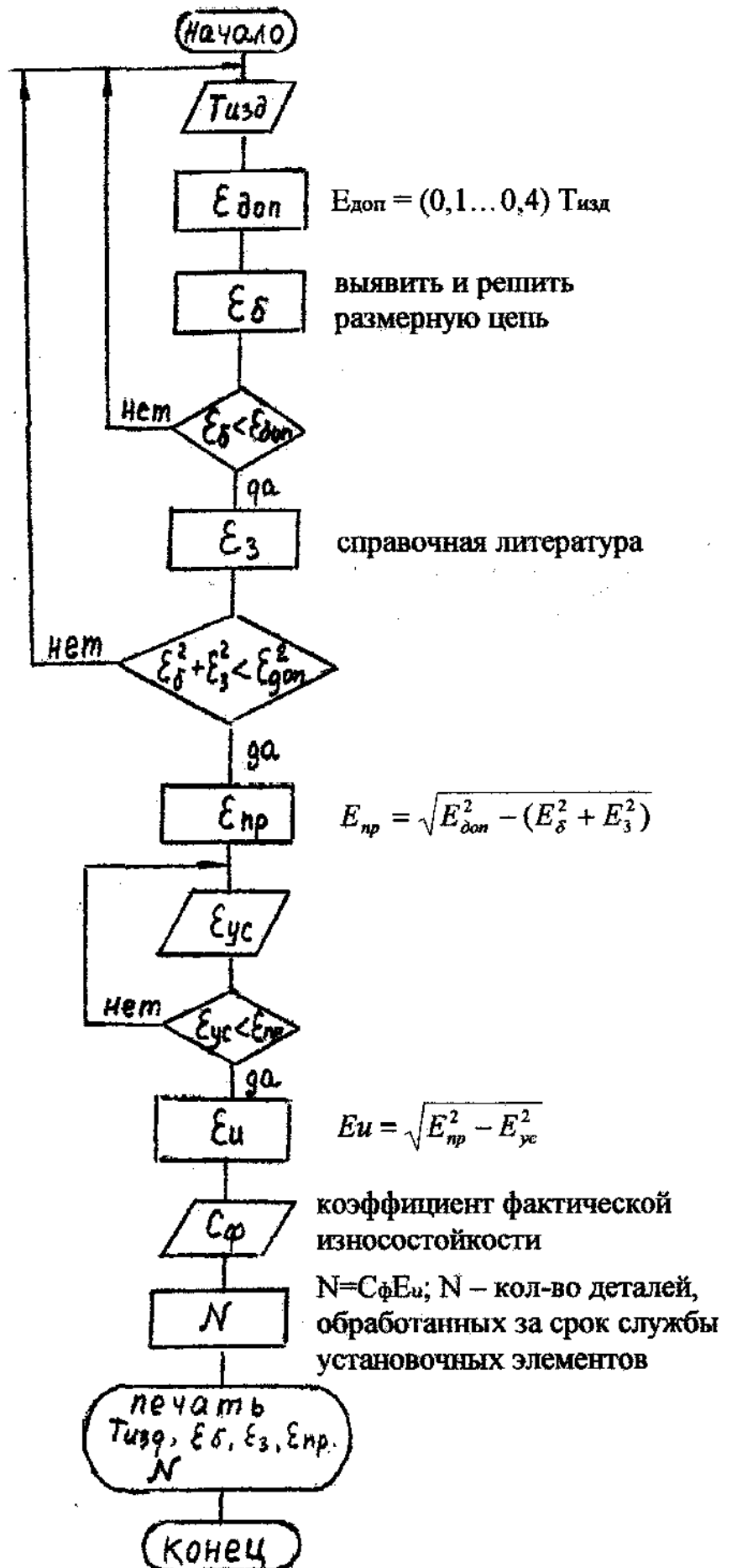


Рис. 5.5. Алгоритм расчёта приспособления на точность обработки.

