

МВТУ, кафедра РЛ-3

РОДИОНОВ Е.М.

Конспект лекций по курсу

**«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
ДЕТАЛЕЙ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ»**

Раздел 2 – «Теория базирования при технологии и
конструировании»

Редакция 2003 года

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ БАЗИРОВАНИЯ

1. Операционные размеры и их классификация

Определение 1. Размеры детали, точность которых выдерживается в данной операции, называется операционными. Здесь и далее к операционным размерам относятся размеры, проставляемые конструктором на чертеже детали. Размеры, введенные в операцию технологом - технологические.

Определение 2. Операционный размер, координирующий обрабатываемую поверхность детали относительно необрабатываемой в данной операции поверхности, линии или точки самой детали или поверхности линии или точки связанной с деталью называют исходным размером.

Определение 3. Операционный размер, соединяющий обрабатываемые в данной операции поверхности, называют внутрикомплексным.

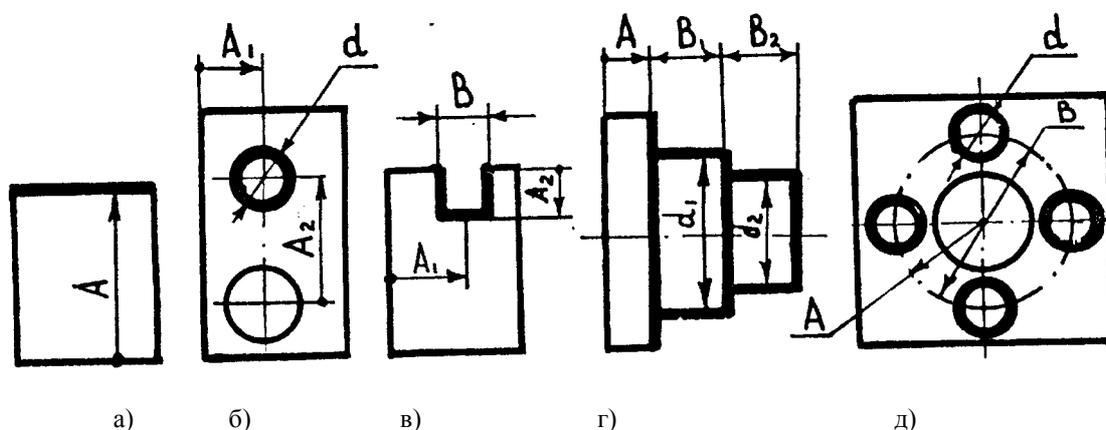


Рис.1. Виды операционных размеров.

На рис. 1 представлено несколько эскизов обработки. Как вид но, обрабатываемая часть детали может быть одной поверхностью (а,б) или комплексом взаимосвязанных поверхностей (в,г,д), обработанных одним или несколькими инструментами. На этом рисунке координирующие размеры А соответствуют опред.2, а В размеры соответствуют опред. 3.

Определение 4. Размеры вида d (диаметры) называется размерами поверхности.

2. Базирование. Общее определение понятия база

При обработке на станках заготовки должны быть ориентированы относительно установленного на размер инструмента при условии, что точность операционного размера обеспечивается настройкой станка. Ориентирование необходимо в каждой операции. Для ориентирования детали обычно используют ее поверхности и по установившейся традиции ориентирование называют базированием, а поверхности детали, используемые для этой цели, называют базами.

Определение 1. Базирование - придание заготовке или изделию однозначного положения относительно выбранной системы координат.

На заготовке есть базы, используемые не только для ориентирования.

Определение 2. Базами называют поверхности, линии или точки самой заготовки и связанные с нею и используемые для базирования и координирования других поверхностей заготовки. Например, базой может служить цилиндрическая поверхность (поверхность самой заготовки) или только одна образующая этой поверхности (линия самой заготовки) или ось этой поверхности (линия связанная с заготовкой). Базой может быть и точка - точка сферической поверхности, центр сферы, вершина конуса, пересечение осей поверхностей и т.д.

3. Виды баз по назначению

Определение 1. Конструкторская база (КБ) - это поверхность, линия или точка самой детали или связанная с деталью, относительно которой на рабочем чертеже детали координировано положение другой поверхности, линии или точки. В отличие от операционного эскиза, на котором обрабатываемая поверхность изображается в совокупности необрабатываемых, рабочий чертеж изображает деталь в готовом виде и все ее поверхности в этом отношении равноправны. Например, поверхности А и В связаны (рис.2,а) размером N , они равноправны так как А может быть конструкторской базой В и наоборот В может быть КБ. В рабочих чертежах направленность некоторых размеров встречается - присутствие базы специально оговаривается. Например, при измерении непараллельности двух номинально параллельных поверхностей, имеющих разную протяженность, величина непараллельности на длине поверхности окажется зависимой от того, какая из них будет принята за базу (рис.2,б и $n_1 < n_2$).

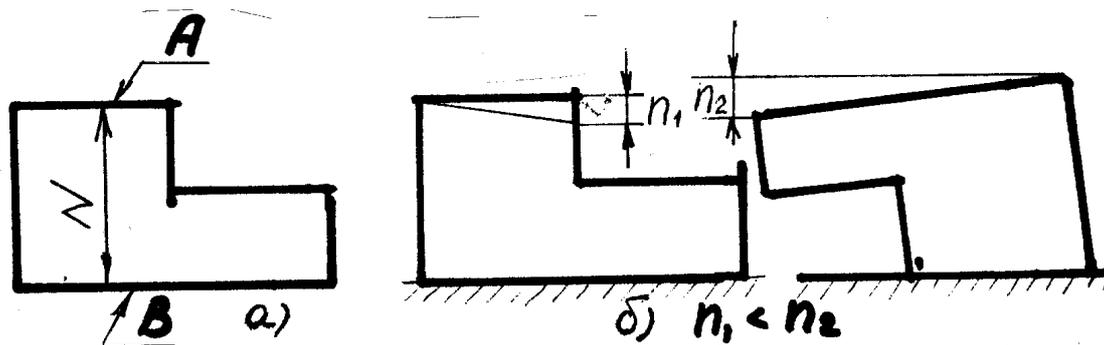


Рис.2. К понятию конструкторская база.

Определение 2. Исходная база (ИБ) - поверхность, линия или точка самой детали или линии и точки связанные с деталью, относительно которых на операционном эскизе координировано положение обрабатываемой поверхности детали исходным размером. Примеры исходных баз показаны на рис.3. Так как исходная и технологическая базы определяются только в направлении исходного размера и для каждого из этих размеров должны быть свои базы, то на эскизах, указывая ту или иную базу, следует рядом с обозначением базы ставить номинальное значение исходного размера, например ИБ₄₀.

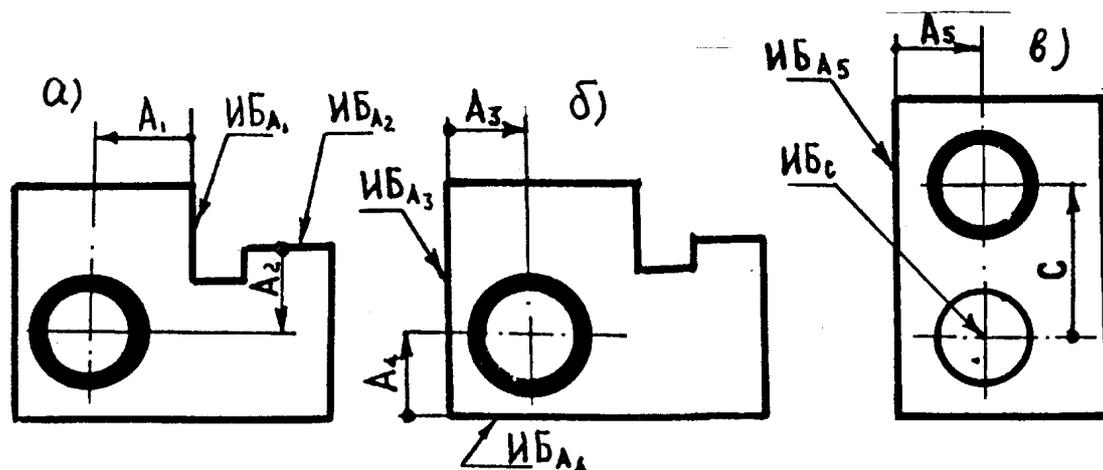


Рис.3. Различные исходные базы.

Определение 3 Технологическая база (ТБ) - база, используемая для ориентирования заготовки или изделия в процессе изготовления или ремонта. Т.Б. - может быть только реальная

поверхность детали. Ни точки, ни линии, ни поверхности связанные с деталью в роли ТБ не могут быть никогда.

Определение 4 Измерительная база (ИзБ) - это поверхность, образующая поверхности или точки поверхности, относительно которой измерением контролирует положение обработанной поверхности. При контроле исходного размера возможность измерения его непосредственно от исходной базы наиболее проста. Однако это исключено, если последняя является элементом чисто геометрическим.

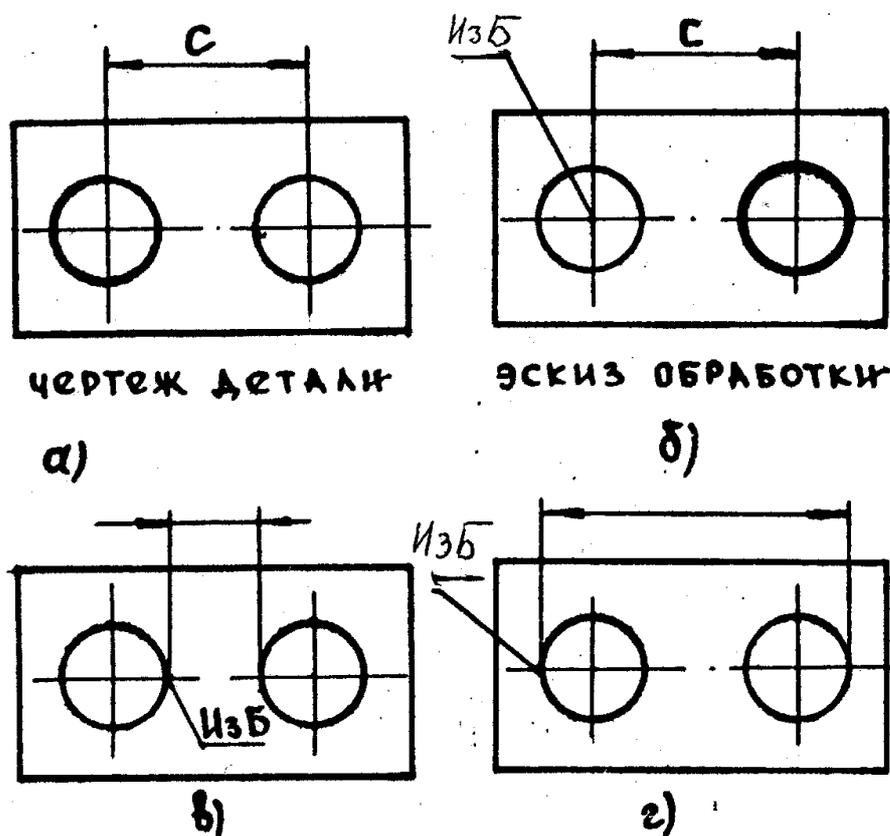


Рис.4. Выбор измерительной базы, когда ИБ не материальна.

4. Правило шести точек

Известно, что для полной ориентации твердого тела в пространстве необходимо лишить его шести степеней свободы: трех поступательных перемещений вдоль осей координат и трех вращений вокруг указанных осей. В соответствии с положениями теоретической механики для ориентировки призматического тела в пространстве необходимо соединить его нижнюю поверхность А тремя удерживающими жесткими (двусторонними) связями "а" с плоскостью ХОУ прямоугольной системы координат (см.рис.5,а). В результате этого призматическое тело лишается трех степеней свободы, в частности, оно теряет возможность перемещаться вдоль оси Z и вращаться вокруг осей X и Y. Для лишения тела еще двух степеней свободы, т.е. возможности перемещаться вдоль оси X и вращения вокруг оси Z, необходимо связать его боковую поверхность В двумя удерживающими связями "в" с плоскостью ХОУ. Для полной ориентации тела в пространстве необходимо лишить его шестой степени свободы - возможности перемещения вдоль оси Y для чего следует соединить поверхность С одной жесткой удерживающей связью "с" с плоскостью ХOZ. В реальных условиях ориентировки детали в приспособлении удерживающие жесткие двусторонние связи заменяется опорными точками. В соответствии с положением о шести степенях свободы и шести удерживающих связях, необходимых для ориентировки твердого тела в пространстве, конструкторы и технологи обычно руководствуются в своей работе правилом шести точек, из которого следует что, для полной ориентировки детали в приспособлении необходимо и достаточно иметь шесть опорных точек, расположенных определенным образом на поверхности данной детали (рис.5,б).

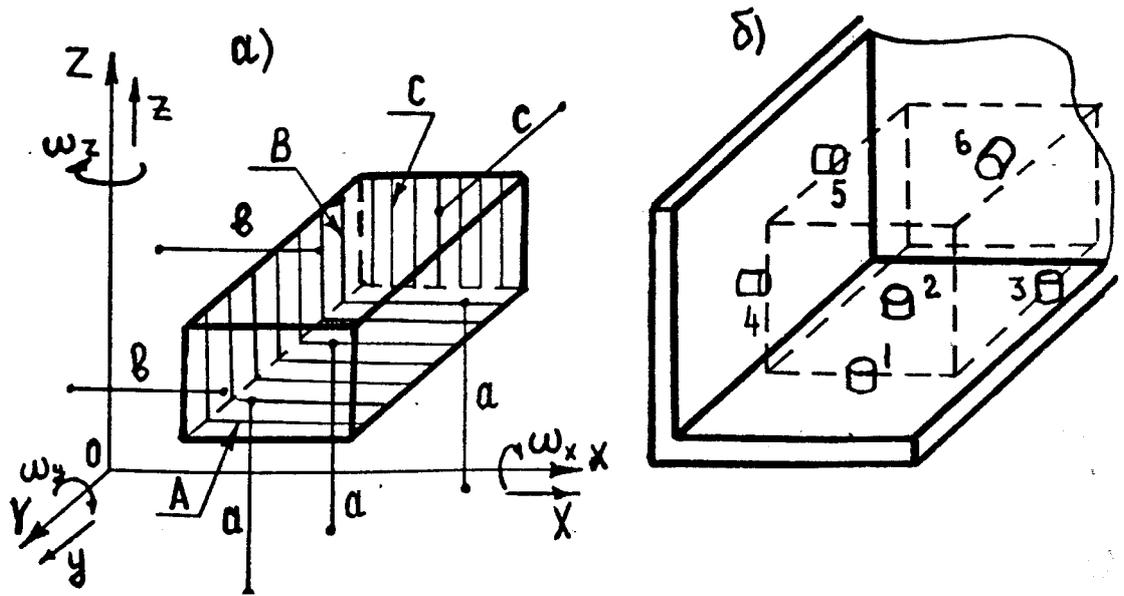


Рис.5. Ориентирование призматического тела в пространстве: а) теоретическая схема; б) практическая реализация.

При оформлении технологической документации на операционных эскизах обрабатываемых деталей все базы рекомендуется отмечать условными знаками. По ЕСКД каждая опорная точка обозначается таким знаком - ∇ , проекция этой же точки обозначается знаком - \diamond , если точка закрыта телом заготовки, то \diamond . На проекциях чертежа обрабатываемой заготовки знаки расставляются в соответствии с правилами черчения.

Определение 1. Схема расположения опорных точек на базах заготовки или изделия называется схемой базирования (см.рис.6). Для упрощения технологических эскизов рекомендуется применять упрощенное изображение базирования деталей. При этом на базах, несущих на себе несколько опорных точек, проставляется только один знак опорной точки с цифрой, показывающей число необходимых опорных точек. Так, например, на плоскости несущей три опорные точки ставят знак $\nabla 3$ на плоскости, несущей две опорные точки можно ставить знак - $\nabla 2$ если на проекции эскиза заготовки эти точки закрывают друг друга, в противном случае точки следует ставить раздельно.

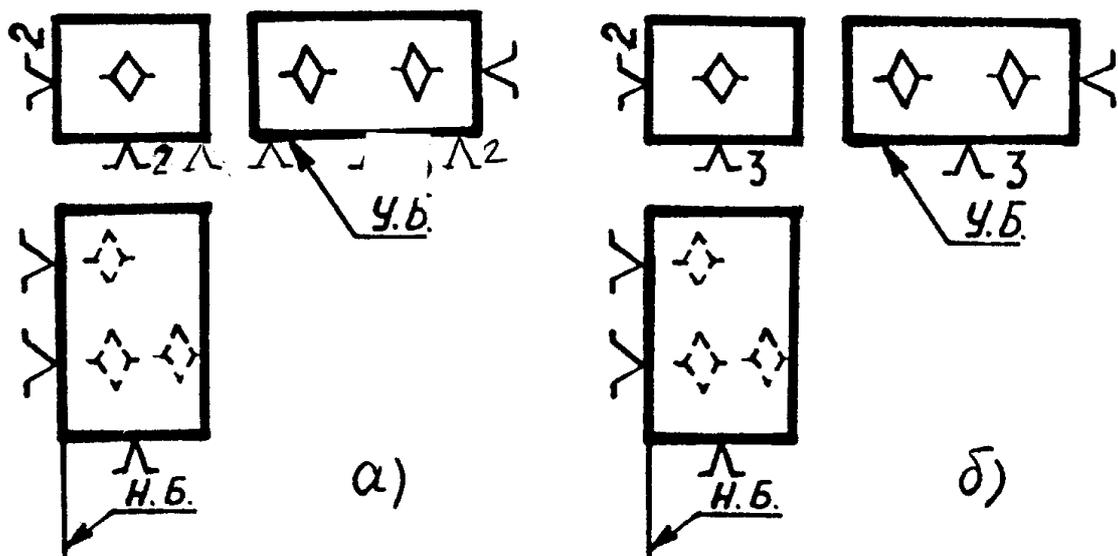


Рис.6. Схемы базирования призматического тела: а - без упрощений; б – упрощенная.

5. Виды баз по лишаемым степеням свободы

Определение 1. Установочная база (УБ) - база, лишаящая заготовку или изделие трех степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворотов вокруг двух других осей (обычно это плоскость несущая три опорных точки).

Определение 2. Направляющая база (НБ) - база, лишаящая заготовку или изделие двух степеней свободы - перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

Определение 3. Опорная база (ОБ) - база лишаящая заготовку или изделие одной степени свободы - перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси. На ОБ ставится такой знак - \surd (цифра один рядом со знаком не пишется).

Определение 4. Двойная направляющая база (ДНБ) - база, лишаящая заготовку или изделие четырех степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей и поворотов вокруг этих осей.

Определение 5. Двойная опорная база (ДОБ) - база лишаящая заготовку или изделия двух степеней свободы - перемещений вдоль двух координатных осей.

Определение 6. Главная база (ГБ) - лишаящая заготовку наибольших степеней свободы.

Определение 7. Дополнительная база (ДБ) - все базы на заготовке, кроме главной.

Определение 8. Комплект баз - совокупность баз, образующих систему координат заготовки или изделия.

6. Правило шести точек при ориентировании цилиндрических тел

Для ориентировании цилиндрического тела в пространстве необходимо соединить его цилиндрическую поверхность А двумя жесткими удерживающими связями "а" с плоскостью ХОУ и двумя связями "в" с плоскостью УОZ (рис.7), лишая этим тело четырех степеней свободы (возможности перемещения вдоль оси Х и вдоль оси Z, вращения вокруг оси Х и вокруг оси Z). Для устранения возможности перемещения тела вдоль оси У соединить его торец с жесткой удерживающей связью "с" с плоскостью ХОZ. Для лишения тела шестой степени свободы - возможности вращения вокруг собственной оси У должна быть предусмотрена шестая удерживающая связь в виде шестой опорной точки, располагаемой на поверхности шпоночной канавки В. В реальных условиях ориентировки цилиндрических деталей часто бывает удобно использовать призмы, несущие на себе четыре опорные точки, с соответствующими упорами и шпонками, дающие две дополнительные опорные точки (рис.8). В случае ориентировки цилиндрической детали ее цилиндрическая поверхность А несущая на себе четыре опорные точки, называется двойной направляющей базой, поверхностью с опорной базой и поверхностью шпоночной канавки - второй опорной базой. При ориентировке в пространстве короткого цилиндрического тела (типа тонкого диска) необходимо соединить его торцовую поверхность А (рис.8) тремя жесткими удерживающими связями "а" с плоскостью ХОZ. При этом тело лишается трех степеней свободы: перемещения вдоль оси У, вращения вокруг оси Х и вращения вокруг оси Z. Для лишения тела возможности перемещения вдоль осей Х и Z следует соединить его цилиндрическую поверхность жесткими связями "в" с плоскостями ХОУ и УОZ; шестая жесткая связь, лишаящая тело вращения вокруг собственной оси, параллельной оси У, создается опорной точкой на поверхности шпоночной канавки С. В этом случае торцовая поверхность А, несущая на себе три опорные точки ГБ, цилиндрическая поверхность В, несущая на себе две опорные точки - ДОБ, а поверхность шпоночной канавки С - ОБ. Также как и при ориентировке длинных цилиндрических деталей, при ориентировке дисков часто бывает удобно использовать призмы. Специфические особенности имеет ориентировка в пространстве конических деталей. При установке конической детали по длинной конической поверхности с относительно небольшой конусностью коническая поверхность лишает деталь пяти степеней свободы (перемещения вдоль всех трех осей координат и вращения вокруг двух осей системы координат), оставляя ей только одну степень свободы - возможность вращения вокруг собственной оси, которая может рассматриваться как третья ось системы координат. Таким образом, в этом случае коническая поверхность совмещает в себе функции двойной направляющей и опорной баз цилиндрической детали и несет на себе пять опорных точек.

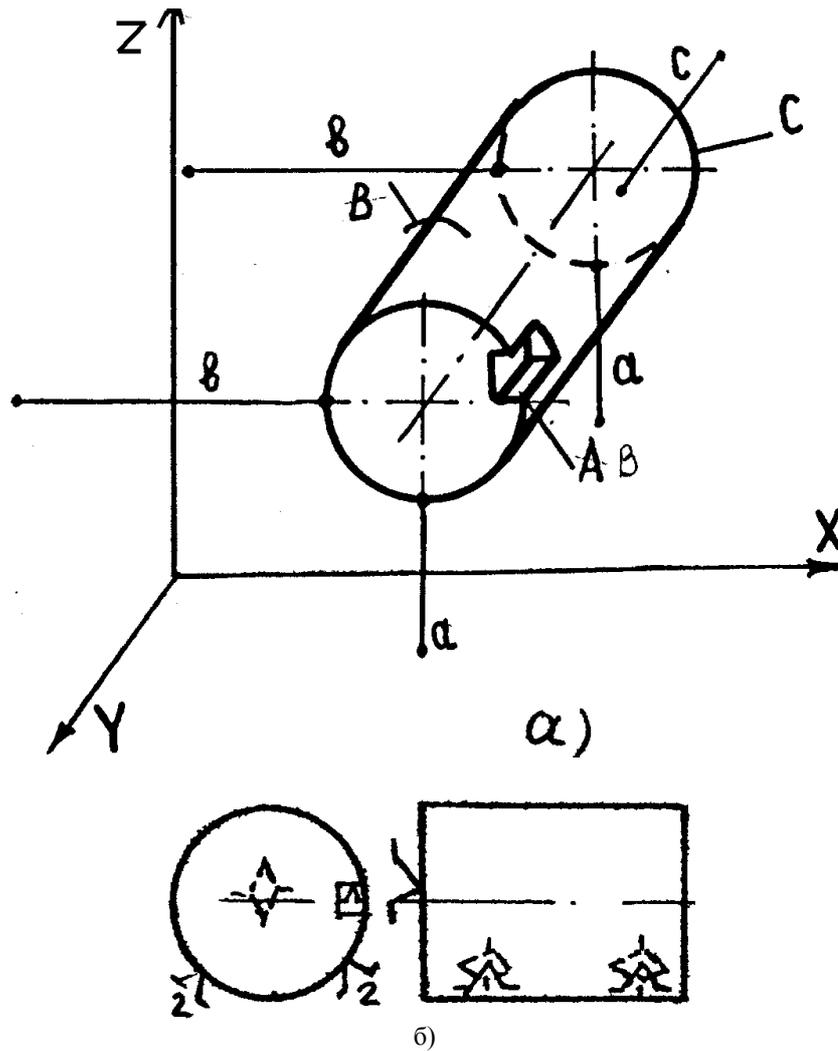


Рис.7. Базирование длинного цилиндрического тела: а - теоретическая схема; б - схема базирования на призме.

Очевидно, что для полной ориентировки детали в пространстве необходимо лишить ее еще одной степени свободы, разместив на одной из ее поверхностей шестую опорную точку. База, обеспечивающая полную ориентировку конусной детали в пространстве и лишаящая ее всех шести степеней свободы, состоит из комплекта двух баз. При базировании детали по короткой конической поверхности с относительно большим углом конуса, как это имеет место при установке детали в центрах, условия базирования значительно меняются. Короткая коническая поверхность центрального отверстия не в состоянии выполнять функции направления оси детали. Ее возможности ограничиваются выполнением функции центрирования. Следует заметить, что, несмотря на внешнее подобие задачи в ориентировке детали, роли, выполняемые левым и правым центральными отверстиями, неодинаковы. Левое центральное отверстие, соприкасающееся с неподвижным в осевом направлении центром передней бабки, выполняет функции центрирования и определяет положение детали в осевом направлении. Таким образом оно лишает деталь трех степеней свободы (перемещение вдоль трех осей координат) и несет на себе три опорные точки. Функция заднего центрального отверстия соприкасающегося с подвижным в осевом направлении центром задней бабки, ограничена осуществлением центрирования.

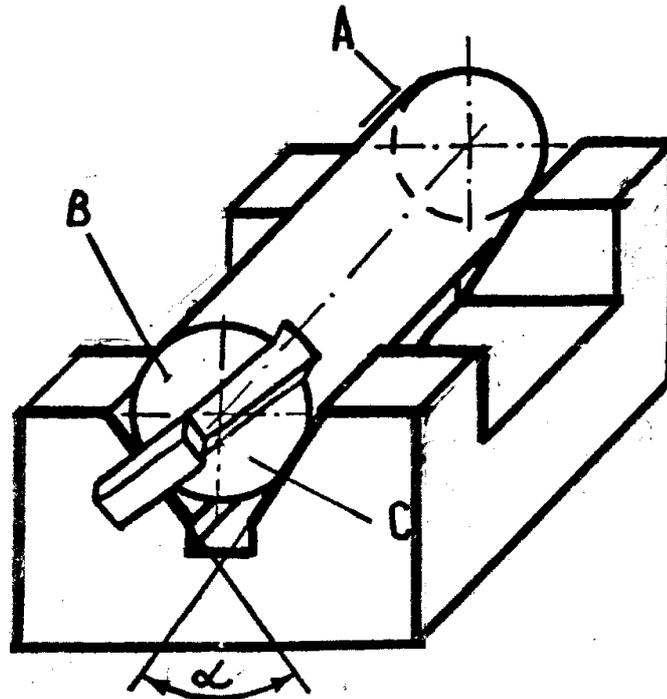


Рис.8. Базирование на призме вала.

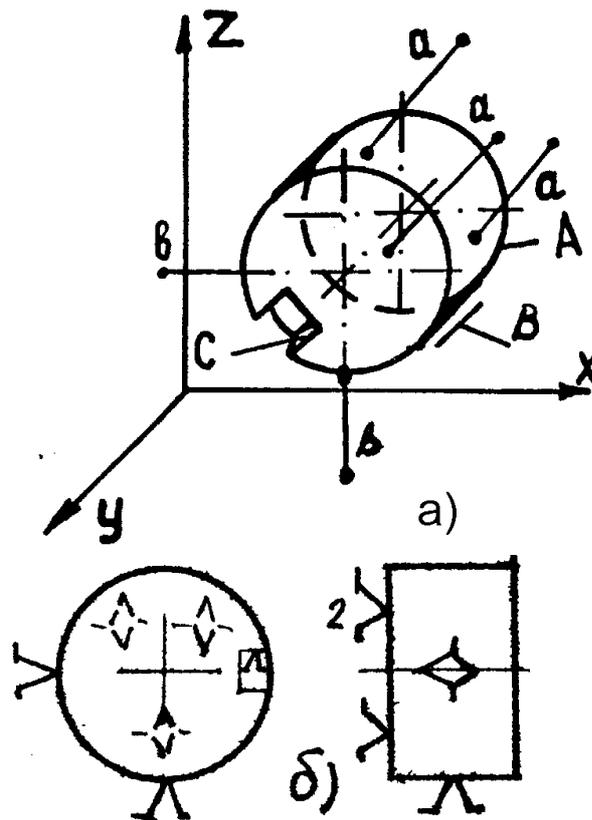


Рис.9. Базирование диска: а - теоретическая схема; б - схема базирования.

Эта поверхность несет на себе две опорные точки и лишает деталь двух степеней свободы (вращение вокруг двух осей координат). Следовательно, установка детали в центрах лишает ее пяти степеней свободы, сохраняя только возможность вращения детали вокруг собственной оси. Для полной ориентировки детали следует использовать одну из

дополнительных поверхностей, размещая на ней шестую опорную точку, и лишая деталь шестой степени свободы. Таким образом, база детали, обеспечивающая полную ориентировку детали в пространстве при установке в центрах, состоит из комплекта трех баз.

7. Количество баз, необходимых для базирования детали

При базировании возникает вопрос: возможны ли отступления от правила шести точек, т.е. можно ли на практике применять для ориентирования заготовки больше или меньше шести опорных точек. Для ориентировки деталей при их обработке могут быть использованы базы, состоящие из одной, двух или трех поверхностей и несущие в общей сложности три, четыре, пять или шесть опорных точек. Количество баз, необходимых для ориентирования детали, определяется требованиями чертежа и условиями выполнения операции. Необходимо выбрать столько баз, чтобы деталь при ориентировании была лишена трех степеней свободы, от которых зависит точность исходных размеров, выдерживаемых на операции. При обработке деталей на станках и их установке в приспособлениях в ряде случаев нет необходимости в полной ориентировке детали в пространстве с использованием всего комплекта из трех баз несущих шесть опорных точек. Так, например, при обработке плоскости А призматической детали (рис.10,а) ориентировка детали, в направлении горизонтальных осей координат для получения размера "а" не имеет значения. Очевидно, что в подобном случае понятие базы ограничивается одной главной базой поверхностью В, в то время как значение боковых поверхностей детали сводится к роли упоров, необходимых не для ориентировки, а только для ее закрепления. Естественно, что для получения у детали двух размеров (например "а" и "в" на рис.10,б) возникает необходимость ориентировки детали не только с помощью главной базы В, но также и с помощью направляющей баз. В случае же, изображенном на рис.10,в, когда требуется обеспечить выполнение трех размеров "а", "в" и "с" для ориентировки детали необходимо использование всего комплекта из трех баз А, В и С. Больше шести опорных точек применять недопустимо. При числе опорных точек больше шести заготовка опирается не на все опорные точки и при закреплении она под действием усилия закрепления либо изменяет свое положение, либо деформируется.

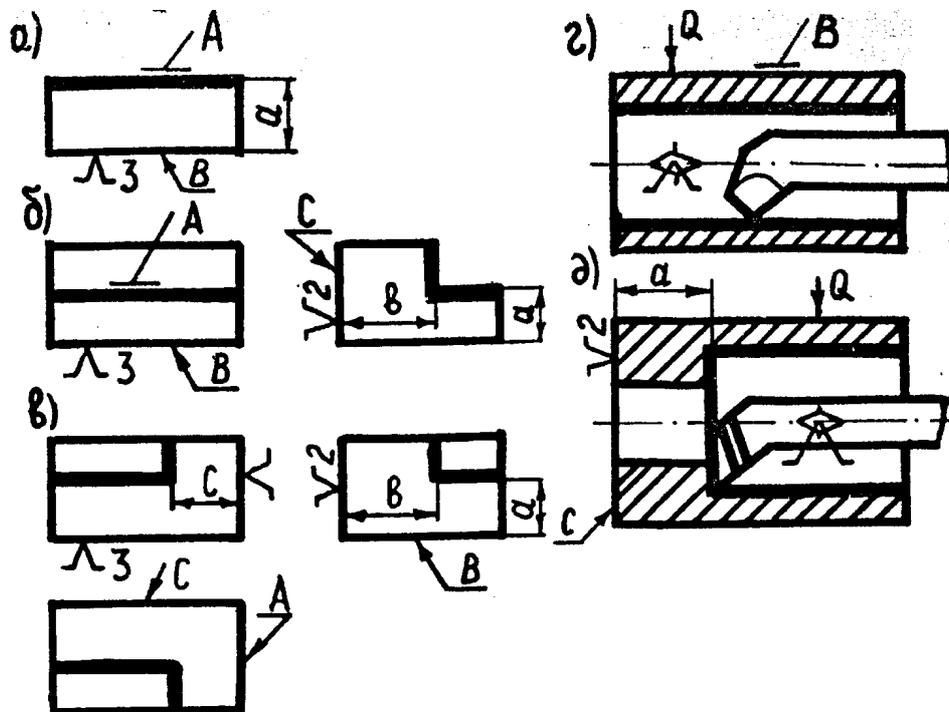


Рис.10. Схемы базирования при различном количестве технологических баз.

8. Принцип совмещения баз

Принцип совмещения баз состоит в том, чтобы один и тот же элемент заготовки использовался в качестве технологической, исходной и конструкторской баз. Это условие обозначается так $ИБ=ТБ=КБ$. Для реализации принципа совмещения баз необходимо руководствоваться следующими положениями. Во-первых, в качестве исходных размеров следует выбирать только конструкционные размеры, т.е. задавать положение обрабатываемой поверхности теми же размерами, что проставлены на чертеже детали, и относительно тех же ее элементов. В этом случае исходная база будет совпадать с конструкторской. Во-вторых, в качестве технологической базы следует принимать исходную базу. Отступление от этого условия происходит в двух случаях: 1) на операционном эскизе в качестве исходного проставлен не конструктивный размер, а специально введенный технологом так называемый технологический размер. В этом случае исходная база не совпадает с конструкторской; 2) технологическая и исходная базы не совпадают. То и другое отступление сопровождается возникновением погрешностей, связанных с выбором баз. Рассмотрим более подробно второе отступление.

Технологическая и исходная базы не совпадают

Понятие о погрешности базирования. Принимая за технологическую не исходную базу, а какую-то другую поверхность детали, иногда удается упростить конструкцию приспособления и получить более удобную установку детали. Пример такого решения показан на рис.11. На детали требуется профрезеровать поверхности Д и Е (рис.11,а), которые закоординированы размерами В и А соответственно. Рассмотрим два из возможных операционных эскизов для обработки этих поверхностей. Эскиз 1 (рис.11,б). Проанализируем схему только по исходному размеру А, так как анализ схемы по размеру В аналогичен, то предоставляем это сделать самостоятельно. Исходной базой размера А является поверхность ИБА. Она не выбрана в этой схеме в качестве технологической (ТБА). В этом случае говорят, что базы совпадают, и обозначают это условие так $ИБА=ТБА$. Преимущества и недостатки схемы сводятся к следующему: обеспечивается точность размера А, но установка детали получается неудобной (площадь поверхности ИБА мала, деталь придется подводить под упоры приспособления снизу вверх), а приспособление сложным по конструкции.

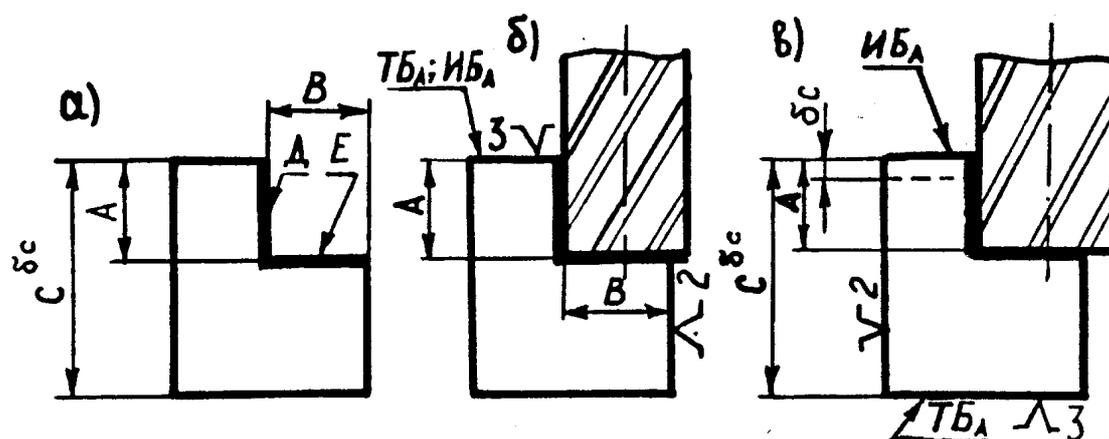


Рис.11. Схемы, поясняющие понятие погрешности базирования.

Эскиз 2 (рис.11,в). Исходный размер выбран тот же - А. Но в качестве технологической базы назначена поверхность ТБА, т.е. исходная и технологическая базы не совпадают. Это условие обозначают так $ИБА \neq ТБА$. В данном варианте несомненно проще и удобнее установка детали. Но на точность размера А оказывает влияние погрешность от несовмещения баз. В самом деле, положение исходной базы размера А меняется для каждой детали в пределах допуска δ_c на размер С, т.е. точность размера А зависит от допуска на размер, соединяющий исходную и технологическую базы.

Определение 1. Размер, соединяющий исходную и технологическую базы, называют базисным. Если на чертеже заготовки размер между исходной и технологической базами не проставлен, то его надо вычислить как замыкающий размер.

Определение 2. Погрешность операционного размера, вызванную не совмещением исходной и технологической баз называют погрешностью базирования и обозначают знаком ΔpN - расчетная погрешность базирования размера N , где N - номинальный размер.

Определение 3. Мерой погрешности базирования является допуск на базисный размер, т.е. $\Delta pN = \delta c$.

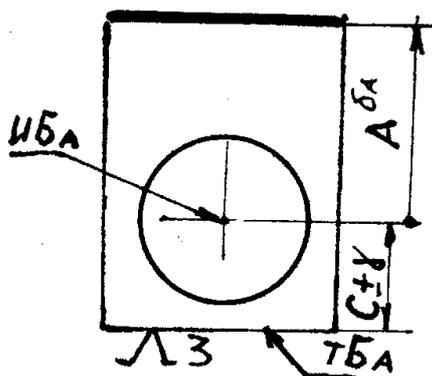
Погрешность базирования может быть только у исходных размеров. Размеры поверхностей (диаметры) и внутрикомплексные размеры погрешности базирования не имеют никогда.

Алгоритм вычисления погрешности базирования:

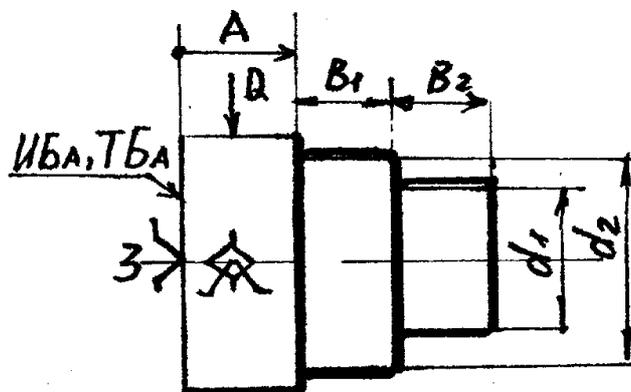
1. Выделить операционные размеры.
2. Дать классификацию операционных размеров, выделить исходные.
3. Для каждого исходного размера найти ИБ, ТБ и КБ.
4. Если КБ=ТБ, то $\Delta pN=0$, а если КБ \neq ТБ, то размер, соединяющий КБ с ТБ - базисный, а его допуск и есть ΔpN .

Ниже приводятся решения трех примеров с общим условием: по указанной схеме базирования вычислить погрешность базирования. Обрабатываемые поверхности выделены жирной линией.

Пример 1.



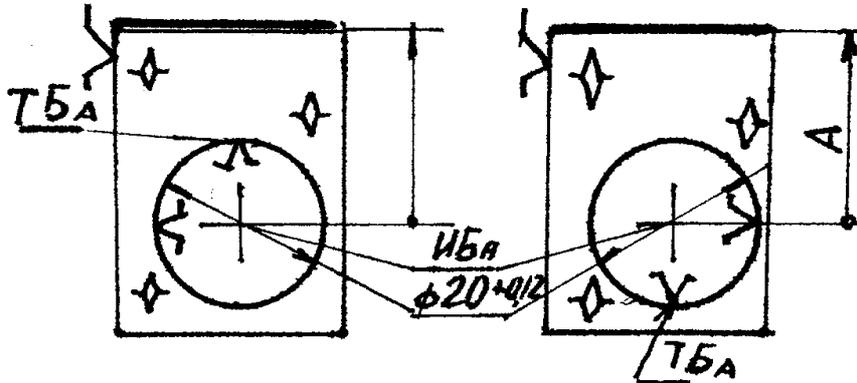
1. Операционных размеров один, это A .
 2. Размер A исходный.
 3. $ИБА \neq ТБА$, тогда C - базисный размер, следовательно $\Delta pN = 2\gamma$.
- Пример 2.



1. Операционные размеры: d_1 , d_2 , B_1 , B_2 , и A
2. Из них только A - исходный
3. $ИБА = ТБА \Rightarrow \Delta pA = 0$.

То что другие размеры погрешности базирования не имеют будем записывать так: Δp_1 - нет, Δd_2 - нет, Δd_3 - нет, Δp_{B2} - нет.

Пример 3.



1. Один операционный размер - A

2. Размер A исходный

3. ИБА ≠ ТБА

$$\frac{20^{+0.12}}{2} - \text{базисный размер и } \Delta \delta A = \frac{0.12}{2} = 0,06 i i .$$

Понятие о допустимой погрешности базирования. Анализируя схему примера 1 можно сказать, что если допуск δ , т.е. Δp_A будет больше допуска δA , то размер A с заданной точностью не выполняется никогда. По-видимому для оценки схемы необходимо определить максимальную величину Δp_A , при которой с учетом всех других погрешностей - приспособления и метода обработки, исходный размер был бы выполнен с заданной точностью.

Оптимальным следует считать такую операцию, при которой сумма всех погрешностей - Δ и погрешность базирования - Δp будут равны полю допуска выдерживаемого размера δ , т.е. $\Delta + \Delta p \leq \delta \Rightarrow \Delta p \leq \delta - \Delta$. Значит нельзя допускать погрешность базирования больше чем $\delta - \Delta$, обозначим ее Δ_d - допустимая погрешность базирования. Размер будет выдерживаться с заданной точностью, если $\Delta p \leq \Delta_d$. Если $\Delta p > \Delta_d$ то следует: или

- 1) Ужесточить допуск на базисный размер; или
- 2) Изменить схему базирования, или
- 3) Выбрать более точный метод обработки.
- 4) Звонить конструктору и просить увеличить допуск на исходный размер.

9. Методы ориентации деталей по главной базе (ГБ)

Выше было дано понятие ГБ. За ГБ предпочтительно брать ту поверхность, которая обеспечивает детали устойчивое положение при установке ее в приспособление даже одной этой поверхностью. Этим требованиям наиболее полно отвечает плоская поверхность детали, располагающаяся на операции снизу и обладающая достаточной протяженностью. Если у детали нет такой поверхности, тогда в качестве ГБ выбирают другую поверхность достаточной протяженности: либо боковую плоскость, либо цилиндрические отверстия, либо цилиндрическую наружную поверхность. ГБ необходимо выделять и отличать от НБ и ОБ (далее будем называть эти базы дополнительными), потому что методы их установки принципиально отличаются. Например, если в качестве базы на операции используются два отверстия, причем одно из них принято за главную базу, то метод его установки будет принципиально отличаться от метода установки второго отверстия, играющего роль НБ или ОБ. Вместе с тем для разных деталей может быть использован один и тот же метод установки ГБ, если в качестве ее у всех деталей приняты одинаковые по форме поверхности. Таким образом, метод установки ГБ определяется в основном ее формой. В связи с этим представляется возможным рассматривать типовые методы установки ГБ определенной формы безотносительно к форме и размерам детали. А так как круг поверхностей, используемых в качестве ГБ, ограничен по существу тремя видами поверхностей - плоскость, цилиндрическое отверстие и

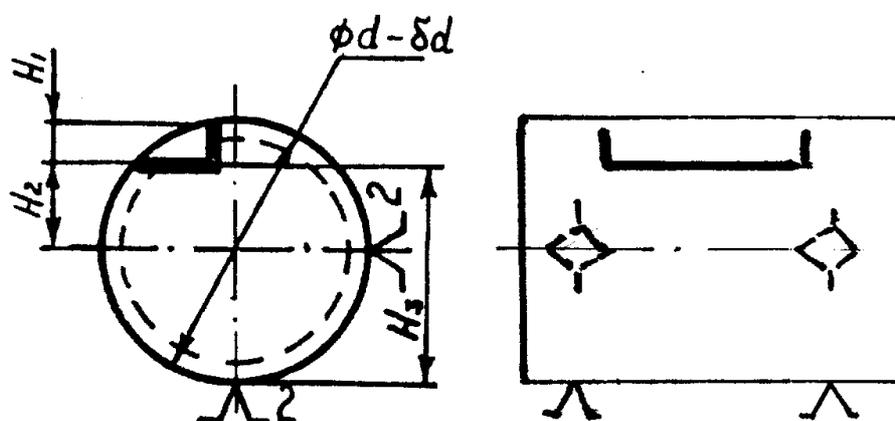
цилиндрическая наружная поверхность, то задача значительно упрощается. Типовые методы базирования детали с ГБ в виде цилиндрической наружной поверхности и отверстия.

9.1. Базирование заготовки с ГБ, имеющей форму наружной цилиндрической поверхности

Забазировать цилиндрическую поверхность - это значит совместить ее ось с какой-то заданной линией в приспособлении. Известно несколько методов базирования такой поверхности, различающихся по точности, эксплуатационным удобствам и области применения. Наиболее распространены следующие методы базирования: в отверстие, на призму, в самоцентрирующее устройство.

9.2. Базирование в отверстии

Схема базирования показана на рис.12. В качестве установочного элемента в этом случае используется втулка, ось установочного отверстия которой располагается в приспособлении в требуемом положении. Деталь вставляется своей базовой поверхностью в отверстие втулки.



$$\Delta_{Df1} = 0 \div \delta d$$

$$\Delta_{PH2} = \frac{\delta d}{2}$$

$$\Delta_{PH3} = 0 \div \delta d$$

Рис. 12. Схема базирования в отверстии.

Рассмотрим, в этом случае, методику определения погрешности - базирования на примере размера H_1 . Исходная база H_1 - верхняя образующая базы -ИБН. Технологической же базой размера H_1 может быть нижняя образующая базы ТБН1. Это будет соответствовать максимальной величине погрешности базирования размера H_1 . На основе аналогичных рассуждений вычислены и погрешности базирования размеров H_2 и H_3 . При конструировании установочной втулки приспособления ее длину принимают не менее 1,5 диаметра базы, в противном случае может появиться значительный перекося оси базы.

9.3. Базирование на призме

Призма представляет собой деталь с двумя установочными плоскостями, расположенными под углом α , равным 60, 90 или 120°. Чаще $\alpha = 90^\circ$. Если на призму (рис.13) устанавливают цилиндрические валики, то, ось валика с наибольшим диаметром D будет находиться в точке 0, а ось валика с наименьшим диаметром $D-\delta$ в точке 01. Величина смещения

оси валика (из-за погрешности его диаметра) в направлении плоскости симметрии призмы равна отрезку 001. Легко видеть, что в направлении, перпендикулярном плоскости симметрии призмы, ось валика никогда не смещается.

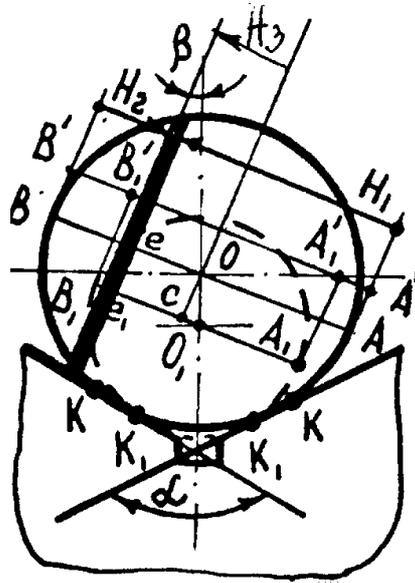


Рис.13 Схема к расчету погрешности базирования на призме

При базировании на призму погрешность базирования являются функцией допуска на диаметр цилиндрической поверхности заготовки и зависят от погрешностей ее формы. Общий случай погрешности базирования получим из схемы рис.13. Сплошной окружностью показана заготовка, выполненная по наибольшему предельному размеру, штриховой - по наименьшему. При выдерживании размера H1 технологическими базами служат образующие K(K1), а исходной - образующая A(A1). Проектируя предельные положения этой базы на направление выдерживаемого размера, получим точки A' и A'1. Расстояние между ними и есть погрешность базирования, отнесенная к размеру H1. $A'A'1 = (\delta/2) - CO1$, где δ - допуск на диаметр заготовки, так как $AA'1 = OA - (O1A1 + CO1) = (OA - O1A1) - CO1 = (\delta/2) - CO1$. Из треугольника

$$OCO1 \Rightarrow CO1 = OO1 \sin \beta, \text{ из треугольника } OLK \Rightarrow OL = \frac{OK}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \text{ из } O1LK1 \text{ следует}$$

$$O1L = \frac{O1K1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \text{ вычтем второе из первого } OL - O1L = O1O = \frac{OK - O1K1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{\delta}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \text{ тогда}$$

$$CO1 = \frac{\delta}{2 \sin\frac{\alpha}{2}} \sin \beta. \quad \text{Если } \beta \in [0; \alpha] \text{ получим}$$

$$A'A'1 = \Delta_{PH1} = \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right), \quad \text{à } \forall \beta \in \left[\frac{\alpha}{2}; \frac{\pi}{2} \right] \Rightarrow \Delta_{PH1} = \frac{\delta}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right); \Delta_{PH2} = \frac{\delta}{2} \left(1 + \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

$$\Delta_{PH3} = \frac{\delta \sin \beta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

Аналогичным образом получим погрешность базирования для размеров H_2 и H_1 (рис.13).

9.4. Базирование в самоцентрирующем устройстве

Самоцентрирующим называется устройство, установочные поверхности которого подвижны и связаны между собой так, что могут одновременно и с равным перемещением сближаться к оси устройства (или удаляться от нее), при этом установочные поверхности центрируют и закрепляют деталь. Примеры таких устройств: кулачковые патроны и разжимные оправки.

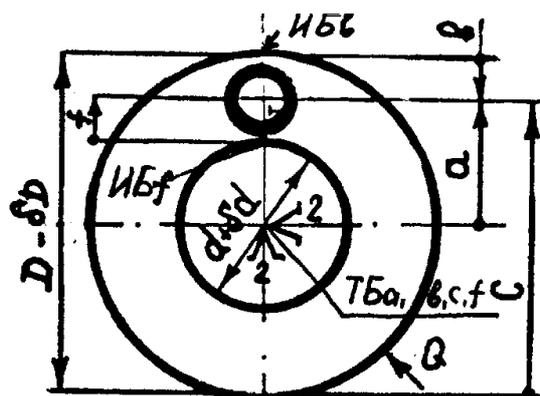


Рис.14. Схема базирования в самоцентрирующем устройстве по наружной поверхности.

На рис.14 приведена типовая схема базирования цилиндрической заготовки в самоцентрирующем устройстве и соответствующие погрешности базирования.

$$\Delta_{pa} = 0; \Delta_{\delta a} = \frac{\delta D}{2}; \Delta_{pc} = \frac{\delta D}{2}; \Delta_{pf} = \frac{\delta d}{2}$$

9.5. Базирование заготовки с ГБ, имеющей форму цилиндрического отверстия

Цилиндрическое отверстие весьма часто принимается за ГБ. Сориентировать деталь отверстием - это значит совместить его ось с какой-то заданной линией в приспособлении. Применяется несколько методов ориентирования такой базой. Наибольшее распространение получило базирование с помощью наружной цилиндрической поверхности, самоцентрирующего устройства и конической поверхности с малой конусностью.

9.6. Базирование по отверстию с помощью наружной цилиндрической поверхности (базирование на палец)

При этом методе деталь надевается отверстием на цилиндрическую оправку, выполненную с такими отклонениями чтобы в сопряжении с деталью получить подвижную посадку 6-го и 7-го квалитетов точности. Рассматриваемый метод установки применяется только для деталей с базовыми поверхностями, обрабатываемыми по квалитетам Н6, Н7 иначе получаются большие погрешности и перекос оси. Чтоб перекос осей базы не превышал допустимых пределов, длину установочной поверхности пальца или оправки принимают равной 1,5 диаметра базы. Погрешности базирования для типового случая приведены на рис.15.

10. Базирование комплектом баз

10.1. Правило базирования заготовки комплектом баз

При базировании деталей комплектом баз необходимо учитывать погрешности размера и формы каждой из баз в отдельности, а также погрешности взаимного расположения баз: отклонения от перпендикулярности и параллельности, отклонение размеров между базами и т.д. При этом следует руководствоваться следующим правилом. При базировании детали комплектом баз ни одна база не должна лишать деталь тех степеней свободы, которых она уже лишена другими базами. Можно рассматривать следующие основные случаи базирования комплектом баз: 1) главная база плоскость - ДБ - тоже плоскость, 2) ГБ - плоскость,, ДБ - отверстие \perp ГБ, 3) ГБ - отверстие, ДБ - плоскость // ГБ, 4) ГБ - плоскость, ДБ - отверстие // ГБ, 5) ГБ - отверстие, ДБ - плоскость \perp ГБ, 6) ГБ - отверстие, ДБ - отверстие // ГБ, 7) ГБ - отверстие, ДБ - отверстие \perp ГБ.

10.2. Базирование комплектом баз из плоскостей

Деталь в которой обрабатывается уступ В и выдерживается точность размеров N и M установлена на три опорные штыря, из которых два изображены в сечении. Вследствие того, что база - линия AA - располагается с перекосом (под углом α), возникает погрешность расположения этой базы. Величина этой погрешности определяется в первую очередь величиной угла α , который зависит от "а" и l. Чем меньше "а" и больше l, тем меньше α . Это необходимо иметь в виду при выборе метода установки детали и стремиться увеличивать расстояние l между точками контакта базы с установочными элементами. Здесь и дальше погрешность положения исходной базы связанную с неточностью соответствующей технологической базы, а также точностью взаимного положения главной и дополнительной технических баз будем называть погрешностью контактирования и обозначать Δ_k . В приборостроении погрешность Δ_k от неточности базы детали будет существенно влиять на точность выдерживаемого размера, если эта база детали получена литьем в песчаную форму, ковкой или другими неточными способами если эта база детали получена литьем по выплавляемым моделям, литьем под давлением или механически обработана в предыдущих операциях, то погрешность Δ_k будет несоизмеримо мала по сравнению с допуском на выдерживаемый размер и ею можно пренебречь, что мы и будем делать.

Неточности взаимного положения баз детали. Определим погрешность контактирования ИБМ в направлении размера M (рис.17,а). Погрешностью контактирования связанной с погрешностью плоскости ИБМ пренебрегаем. Тогда, так как база ИБМ, у всех деталей всегда остается совмещенной с плоскостью пластин 2 и 3, то смещения ее в направлении размера M, не будет и следовательно $\Delta_k=0$. Иначе обстоит дело с базой ИБН. Вследствие погрешности угла между базами ИБН и ИБМ равной $\pm\gamma$, база ИБН при установке разных деталей будет занимать различные положения. Возможные крайние положения ее на схеме обозначены 1 и 2. Различные точки базы ИБН смещаются в направлении размера N на разную величину точка 0, контактирующая с пластиной 1, практически не имеет смещения, а точка С смещается на величину m. На точность размера N наибольшее влияние оказывает, смещение точки С. Наибольшее смещение этой точки в направлении размера равно отрезку $C1C2=m$. Следовательно $\Delta_{km}=m$. Для определения величины m воспользуемся треугольником $OCC1$, в котором $C1C2=m/2$, $OC=l$ тогда $m=2l\text{tg}\gamma$. Для уменьшения смещения точки С в направлении размера N необходимо уменьшить расстояние $OC=l$, т.е. пластину 1 надо располагать как можно ближе к точке С, как это показано на рис.17,б. В этом случае погрешность контактирования в направлении размера практически будет равна нулю.

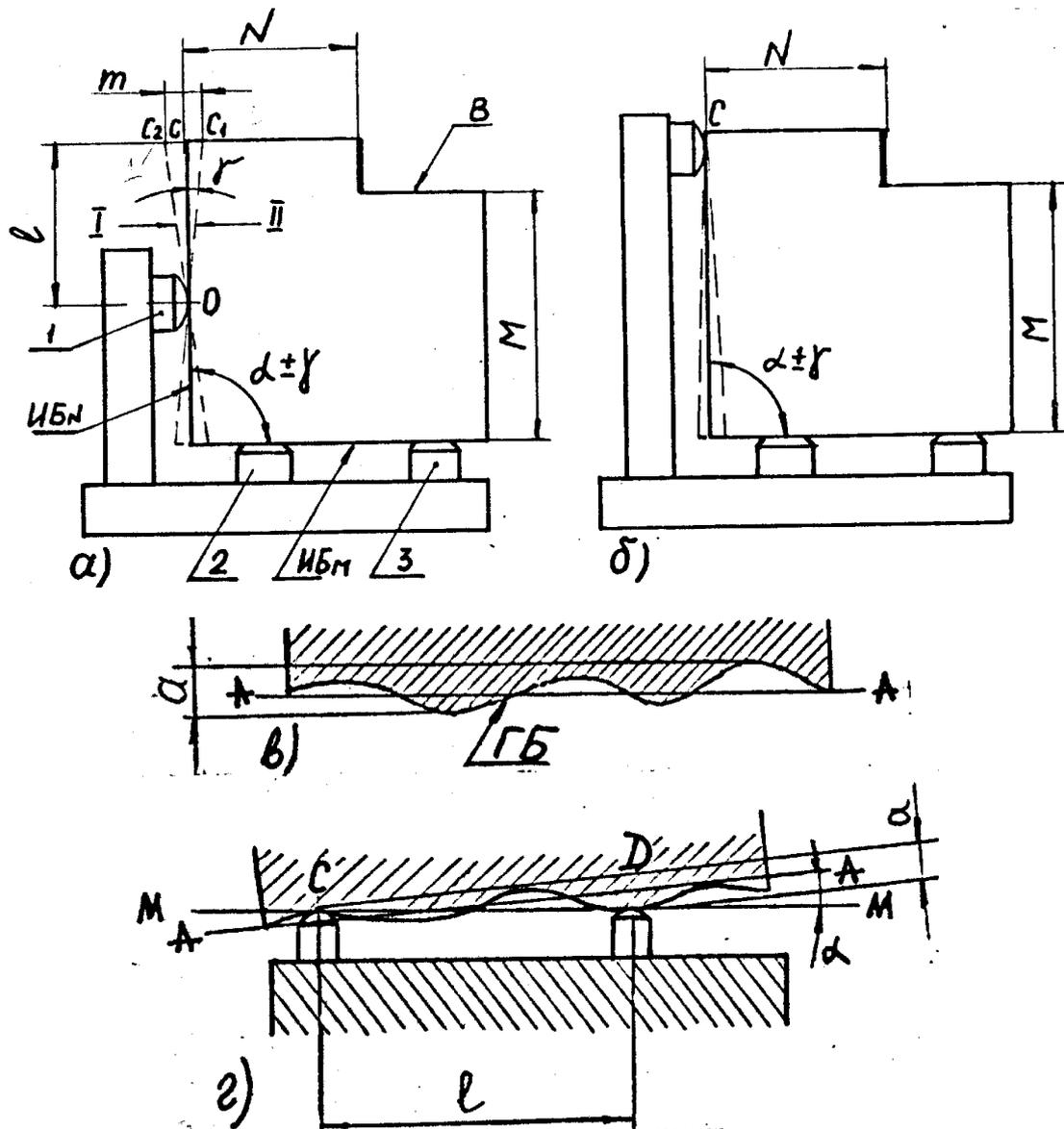


Рис.17. Схемы поясняющие понятие погрешности контактирования.

10.3. Методы базирования заготовки с дополнительной базой, имеющей форму отверстия

При базировании деталей группой баз отверстие весьма часто используется в качестве как главной, так и дополнительной базы. Если отверстие служит дополнительной базой, то метод установки определяется тем, как расположена его ось по отношению к другой уже установленной базе детали. Рассмотрим два наиболее часто встречающихся случая: 1) ось отверстия перпендикулярна у другой, уже установленной базе; 2) ось отверстия параллельна другой уже установленной базе.

Понятие о коротком и длинном пальцах

Базирование с использованием короткого пальца применяется, когда ГБ - плоскость, а ДБ - отверстие перпендикулярное плоскости. Длинный палец применяется, когда ГБ - отверстие, а ДБ - плоскость. Поясним, какой палец нужно считать коротким, а какой длинным. Предположим, что деталь (рис.18,а)

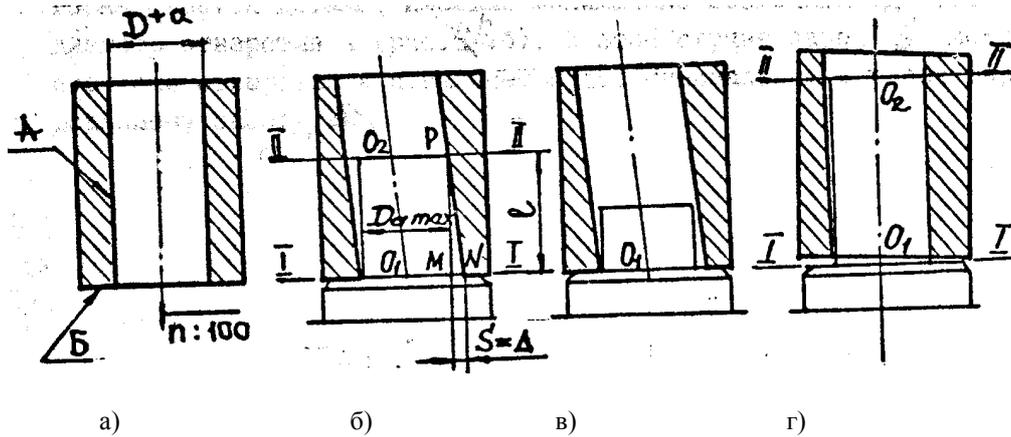


Рис.18. Схемы поясняющие понятие короткого и длинного пальцев.

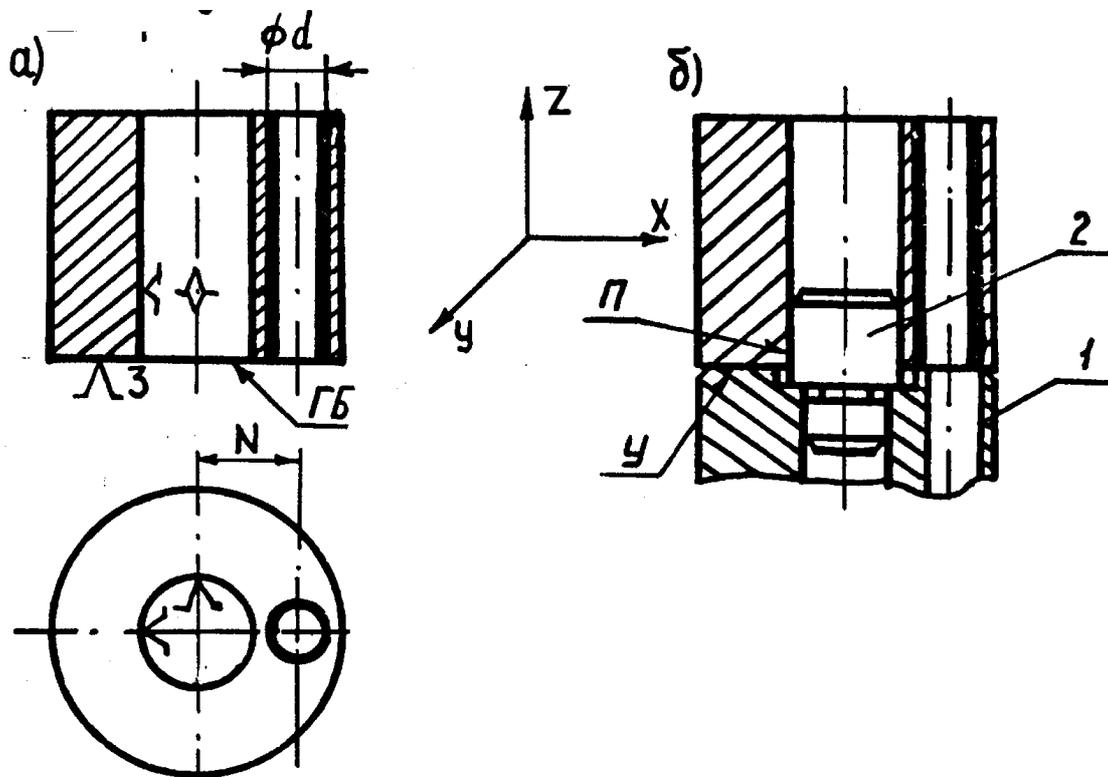


Рис.19. Схема базирования на короткий палец - а) практическая реализация б) теоретическая.

устанавливается двумя базами: отверстие А, имеющим диаметр $D+\delta$, и торцом Б. За главную базу принят торец Б, который устанавливается на плоскость. Вторая база - отверстие А - устанавливается на цилиндрическую поверхность того же пальца. Предположим, что палец изготовлен с максимальным диаметром в пределах принятой подвижной посадки и на деталь не надевается, имеющая минимально возможный (допустимый) диаметр отверстия А (рис.18,б). В этом случае зазор S между стенками отверстия А и пальцем будет минимальным и равен гарантированному зазору. Допустим, что при длине пальца l (рис.18,б) он касается стенок отверстия А, имеющего максимальное отклонение от перпендикулярности оси к торцу ($h:100$), в двух сечениях (1-1 и 2-2), но при этом не отрывает главной базы Б от опоры. Если длина пальца l_1 меньше l , то он будет называться коротким. Такой палец (рис.18,в) у любой детали из партии касается отверстия А только в одном сечении (например 1-1), т.е. устанавливает только одну точку оси отверстия А (в данном случае точку 0). Если длина пальца l_2 больше l , то он будет

называться длинным. Длинный палец (рис.18,г) касается стенок отверстия в двух сечениях (1-1 и 2-2) и устанавливает две точки (01 и 02) оси отверстия А. Короткий палец лишает заготовку двух перемещений, а длинный двух перемещений и двух поворотов во круг тех же осей что и перемещений.

Схема базирования на короткий палец и плоскость показана на рис.19,а, а на рис.19,б приведен пример приспособления, реализующего это базирование. По ГБ заготовка лишена z , w , wx , а по ДБ - x , y . Если торец Б той же втулки (рис.20,а) используется как ГБ, то отверстие А, являющееся дополнительной базой базировать на длинный палец нельзя. Первый признак, что схема базирования на рис.20,а неверна это семь степеней свободы, чего быть не может. Базы дублируют друг друга. База А лишает перемещения x, y , и вращения wx, wy . База Б лишает перемещения z и тех же вращений - wx и wy . Реальная схема такого базирования показана на рис.20,б. Поверхность 2 длинного пальца 1 будет служить установочной поверхностью главной базы А, а база Б будет оторвана от установочной поверхности У. Величина этого отрыва будет тем больше, чем больше неточность взаимного положения баз А и Б. 2.

10.4. Базирование детали плоскостью и отверстием, ось которого параллельна плоскости (Понятие о ромбическом пальце)

Такое сочетание двух баз - плоскости Б и отверстия А, ось которого параллельна плоскости Б (рис.21,а) - обычно используется при ориентировании деталей тремя базами, при этом базы Б и А должны быть предварительно обработаны. Допустим, что база Б поставлена на плоскость (рис.21,б). Выберем метод базирования дополнительной базы - отверстия А. В данном случае нельзя базировать деталь отверстием выполняющим роль дополнительной базы, на цилиндрический палец (рис.21,б) вследствие того, что расстояние Н между базами у обрабатываемой детали может быть выполнено с отклонениями в широких пределах (например $z = \pm 0,1$ мм), а зазор S между стенками отверстия А пальцем 1 приспособления мал, то ряд деталей из партии с размером Н в пределах допуска, но больше чем $H+S$, не удастся поставить в рассматриваемое приспособление (рис.21,в). В этом случае вместо цилиндрического пальца необходимо использовать срезанный палец 2 (рис.21,г), установленный в приспособлении на расстоянии Н от установочной плоскости приспособления.

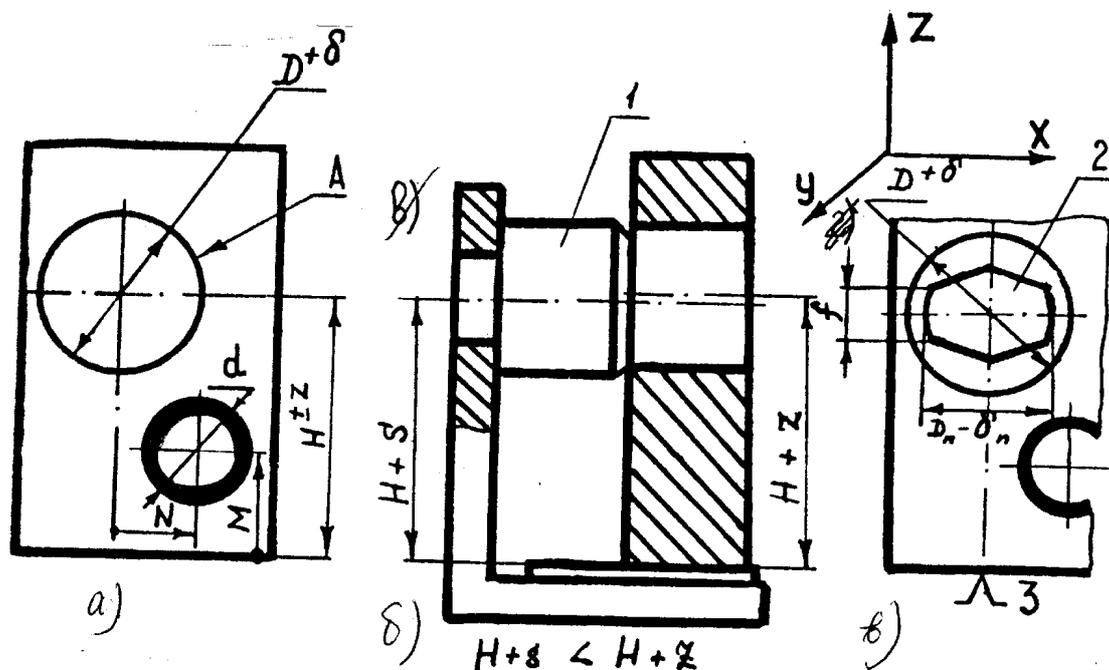


Рис.21. Схемы поясняющие понятие о ромбическом пальце.

Срезанный палец имеет ленточки шириной f , образованные цилиндрической поверхностью диаметром D_n-d_n . Этими ленточками палец центрирует ось отверстия детали в направлении оси X . Благодаря тому, что срезанный палец контактирует с отверстием только узкими ленточками, между пальцем и стенками отверстия в направлении размера H образуется значительное расстояние, допускающее установку детали с погрешностями ($\pm z$) во взаимном расположении баз. В зависимости от длины контакта пальца с отверстием он лишает деталь одной либо двух степеней свободы. Короткий палец (длина контакта $<1.5D_n$) лишает деталь одной степени свободы - ограничивает перемещение по оси X ; длинный - двух степеней свободы - ограничивает перемещение по оси X и вращение относительно оси Z .

10.5. Базирование на параллельные отверстия

Деталь с отверстием A базируется на длинный палец. Требуется выбрать метод базирования второго отверстия B , являющегося дополнительной базой. Этот случай аналогичен рассмотренному выше (рис.21), где отверстие имело ось параллельную плоскости. Поэтому здесь отверстие B необходимо установить на короткий срезанный палец 3.

10.6. Общее правило базирования детали с ДБ, имеющей форму отверстия

В заключение можно сформулировать следующие правила базирования детали дополнительной базой, имеющей форму отверстия. Деталь следует базировать: 1) на короткий цилиндрический палец, если ось отверстия перпендикулярна уже выбранной базе (плоскости); 2) на срезанный палец, если ось отверстия параллельна уже установленной базе, 3) на короткий срезанный палец, если ось отверстия одновременно перпендикулярна одной и параллельна другой уже выбранным базам.

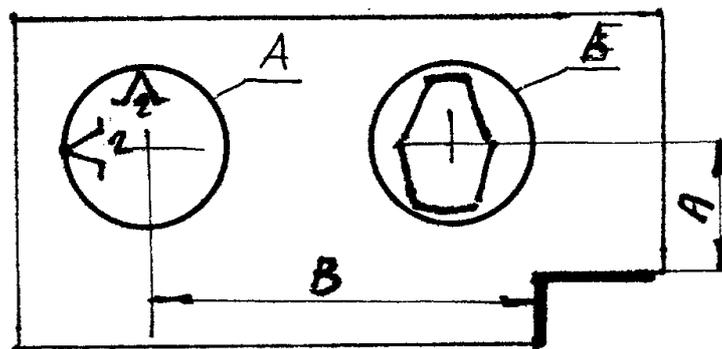


Рис.22. Схема базирования по двум отверстиям с параллельными осями.

Таблица 1

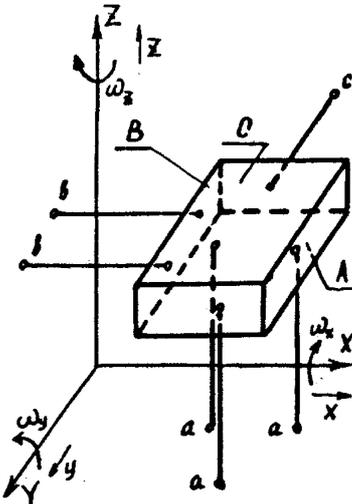
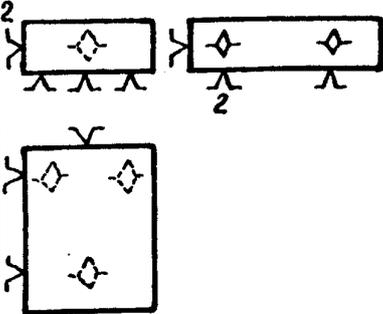
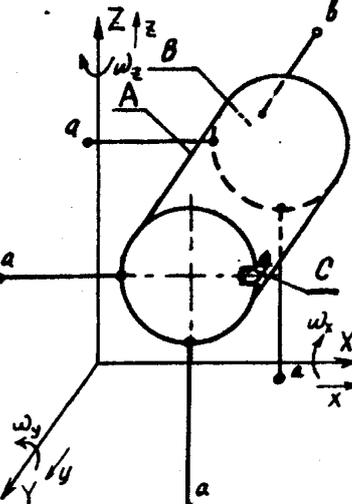
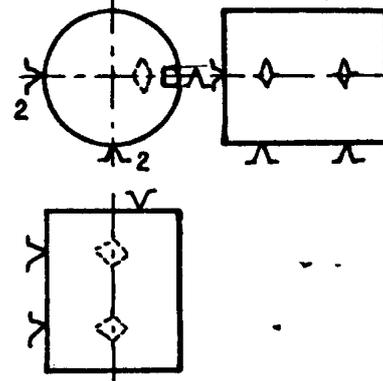
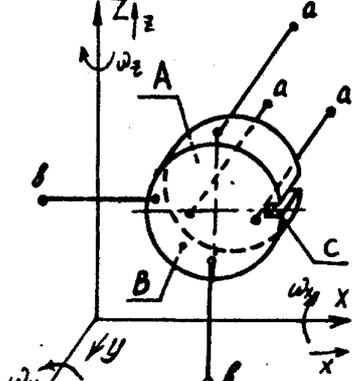
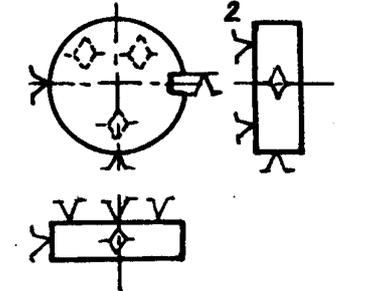
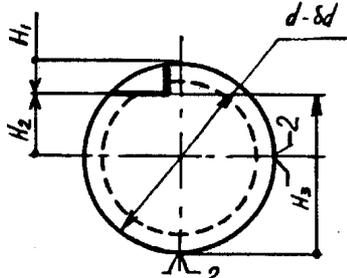
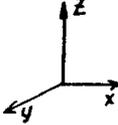
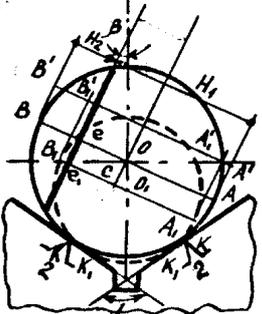
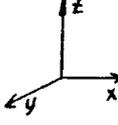
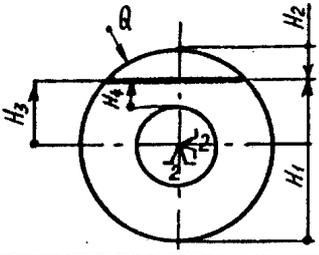
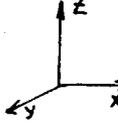
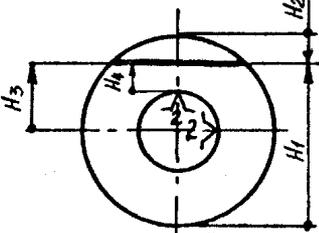
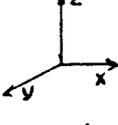
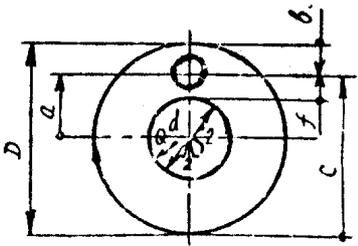
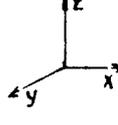
N п/п	Наименование тела	Ориентирование тела в пространстве относительно системы координат	Лишаемые степени свободы	Схема базирования Пример обозначения
1	2	3	4	5
1	Призматическое тело		<p>пов. А $Z; \omega_x; \omega_y;$</p> <p>пов. В $x; \omega_z;$</p> <p>пов. С $y;$</p>	
2	Цилиндрическое тело (длинная цилиндрическая поверхность)		<p>пов. А $x; Z; \omega_z; \omega_x;$</p> <p>пов. В $y;$</p> <p>пов. С ω_y</p>	
3	Цилиндрическое тело (диск)		<p>пов. А $y; \omega_x; \omega_z;$</p> <p>пов. В $x; Z;$</p> <p>пов. С ω_y</p>	

Таблица 2

N п/п	Схема базирования	Лишаемые степени свободы	Размер	Погрешность базирования
1		 $X; Z: \omega_x; \omega_z$	H_1 H_2 H_3	$\Delta p = \delta d$ $\Delta p = \delta d/2$ $\Delta p = 0$
2		 $X; Z: \omega_x; \omega_z$	H_1 H_2 H_3	$\Delta p = \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right)$ $\Delta p = \frac{\delta}{2} \left(1 + \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}\right)$ $\Delta p = \frac{\delta}{2} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}$
3		 $X; Z: \omega_x; \omega_z$	H_1 H_2 H_3 H_4	$\Delta p = \frac{\delta_D}{2}$ $\Delta p = \frac{\delta_D}{2}$ $\Delta p = 0$ $\Delta p = \frac{\delta d}{2}$
4		 $X; Z: \omega_x; \omega_z$	H_1 H_2 H_3 H_4	$\Delta p = \frac{\delta d + \delta_D}{2}$ $\Delta p = \frac{\delta d + \delta_D}{2}$ $\Delta p = \frac{\delta d}{2}$ $\Delta p = 0$
5		 $X; Z: \omega_x; \omega_z$	a b c f	$\Delta p = 0$ $\Delta p = \frac{\delta_D}{2}$ $\Delta p = \frac{\delta_D}{2}$ $\Delta p = \frac{\delta d}{2}$