

# **Основы проектирования специальных приспособлений**

## **Литература:**

1. Шманев В.А., Шулепов А.П., Анипченко Л.А. Приспособления для производства двигателей летательных аппаратов: Конструкции и проектирование: Учеб.пособие для авиационных вузов – М.:Машиностроение, 1990. – 256 с.
2. Васильев В.С., Демин М.М. Основы проектирования специальных станочных приспособлений: Учеб.пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2002. – 112 с.
3. Фираго В.П. Основы проектирования технологических процессов и приспособлений. Методы обработки поверхностей. – М.: Машиностроение, 1973.

# 1. Общие сведения о приспособлениях

## 1.1. Техническая подготовка производства

### 1. Конструкторская подготовка производства

- разработка конструкции изделия;
- создание чертежей общей сборки изделия, сборочных единиц и отдельных деталей с оформлением спецификаций и других видов конструкторской документации.

### 2. Технологическая подготовка производства

- отработка конструкции изделий и узлов на технологичность;
- разработка и отладка технологических процессов изготовления деталей, узлов и изделий;
- проектирование и изготовление всех видов технологической оснастки (приспособлений, инструмента, вспомогательных материалов и пр.);
- обеспечение необходимым оборудованием;
- управление процессом технологической подготовки производства.

### 3. Календарное планирование производственного процесса изготовления изделия в установленные сроки, в необходимых объемах выпуска и затратах.

Приспособления – вспомогательные устройства, используемые при обработке, сборке и контроле изделий. В крупносерийном и массовом производстве необходимо более 10 приспособлений на изготовление одной детали. В общем объеме технологической оснастки на приспособления приходится более 60% трудоемкости ее изготовления.

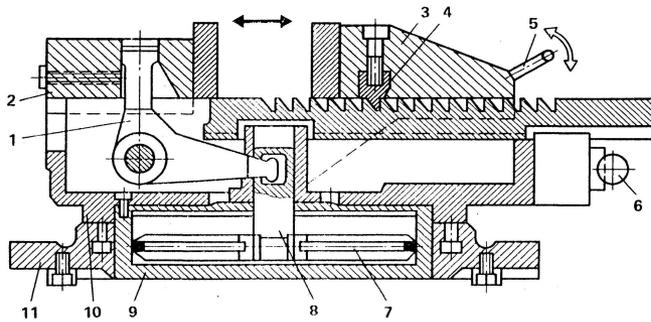
## 1.2. Назначение приспособлений

- установка заготовок в соответствии с требованиями ТО и ТП (технологических операций и технологических процессов);
- повышение точности и стабильности качества ТО и ТП (за счет правильного базирования, надежного закрепления и повышения жесткости);
- повышение производительности труда (исключается разметка, выверка при установке и уменьшение  $T_{шт-к}$  за счет оптимальных режимов резания, многоинструментальной и/или параллельно-последовательной обработки, многоместных приспособлений);
- расширение технологических возможностей оборудования (выполнение на нем ТО, для которых они не предназначены);
- облегчение труда рабочих (исключение ручных операций и уменьшение затрат физической силы);
- повышение безопасности выполняемых работ

### 1.3. Классификация приспособлений

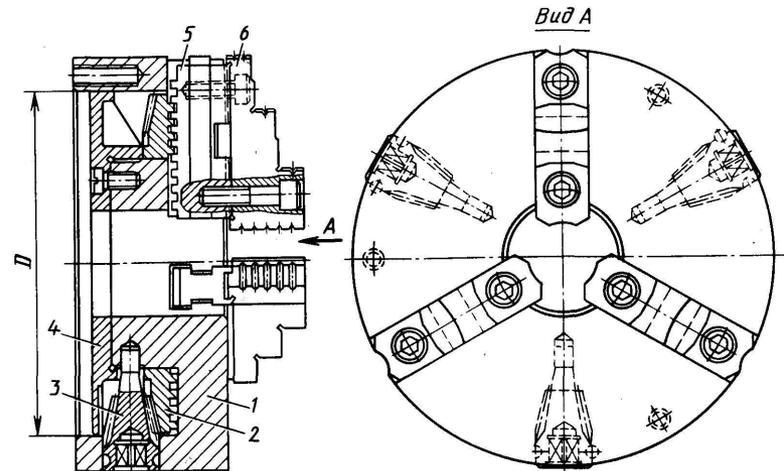
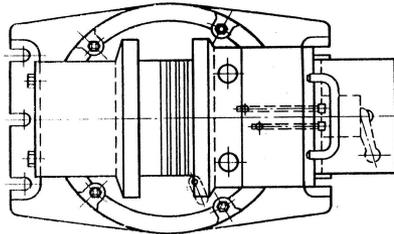
1. *Целевое назначение:* станочные, инструментальные, сборочные, контрольные и транспортные.
2. *Технологические признаки оборудования:* токарные, фрезерные, сверлильные, сварочные и др.
3. *Число устанавливаемых заготовок:* одно- и многоместные.
4. *Уровень автоматизации:* ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические.
5. *Степень специализации:*
  - УПБ – универсальные безналадочные;
  - УНП – универсальные наладочные;
  - УСП – универсальные сборочные;
  - СНП – специализированные наладочные;
  - СРП – сборно-разборные;
  - НСП – неразборные специальные.

# Универсальные безналадочные приспособления



Тиски

1-рычаг; 2-подвижная губка; 3-неподвижная губка; 4-планка; 5-рукоятка; 6-кран; 7-поршень; 8-шток; 9-пневмоцилиндр; 10-корпус; 11-основание

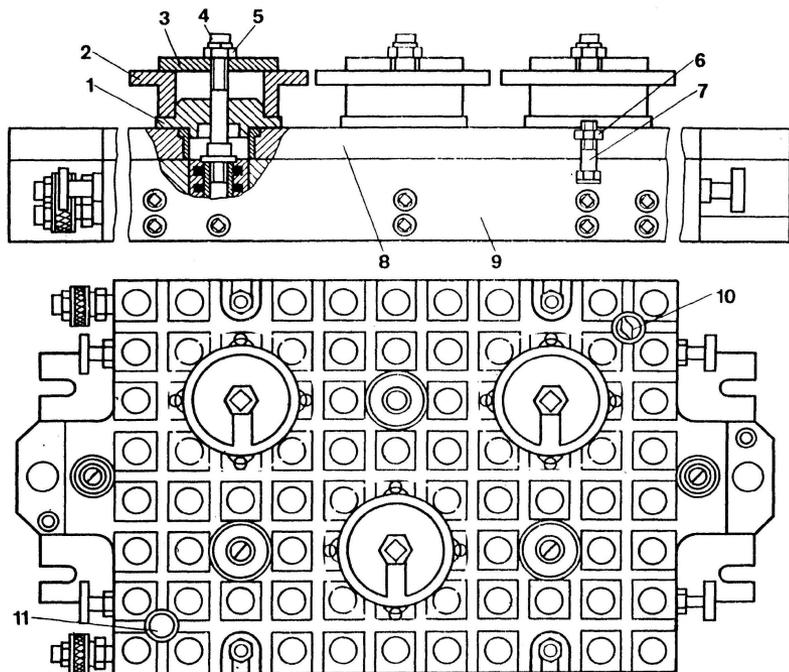


Патрон самоцентрирующий трехкулачковый

1-корпус; 2-спираль; 3-зубчатое колесо; 4-отражатель; 5-основной кулачок; 6-сменный кулачок

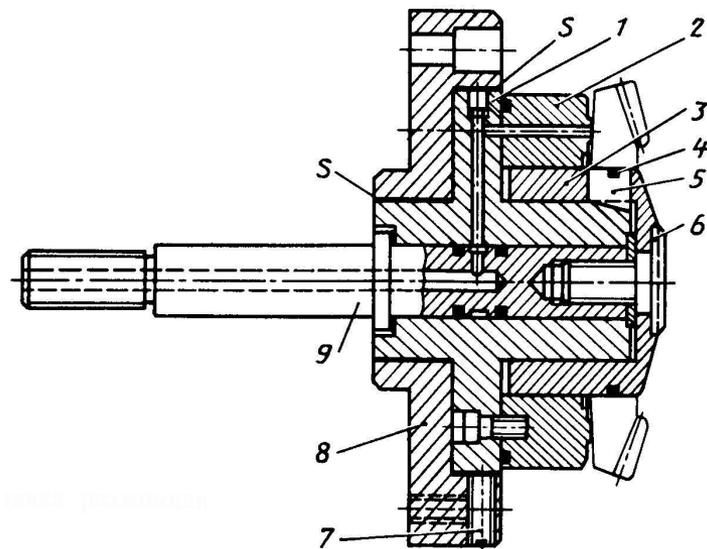
Конструкционно законченные устройства с постоянными элементами для базирования и закрепления. Изготавливаются станкостроительными заводами и входят в комплект оснастки к станкам. Эксплуатируются до полного физического износа.

# Универсальные наладочные приспособления



Универсальный стол

1-фланец центрирующий; 2-заготовка; 3-шайба быстросъемная;  
4-шпилька; 5,6-гайки; 7-болт; 8-плита; 9-стол гидравлический;  
10-палец цилиндрический; 11-палец ромбический



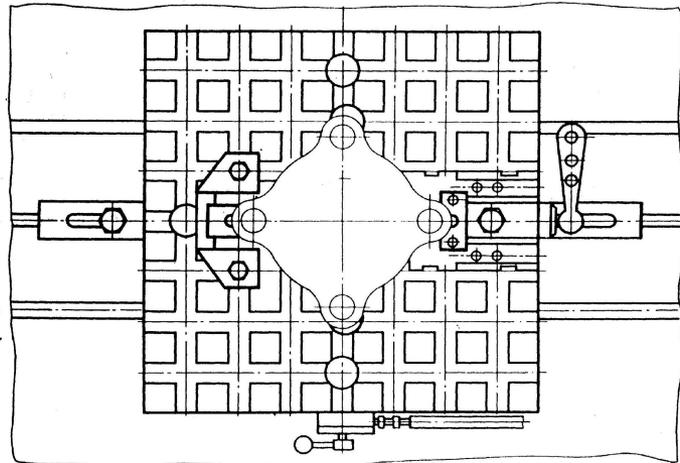
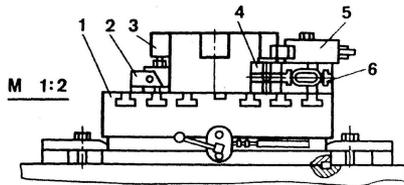
Оправка разжимная кулачковая

1-корпус; 2-упорное кольцо; 3-обойма; 4-кольцевая пружина;  
5-кулачки; 6-винт; 7-регулирующие винты; 8-переходник; 9-хвостовик

Аналогичны УБП, но состоят из универсального базового агрегата и сменных наладочных элементов (установочных и зажимных).

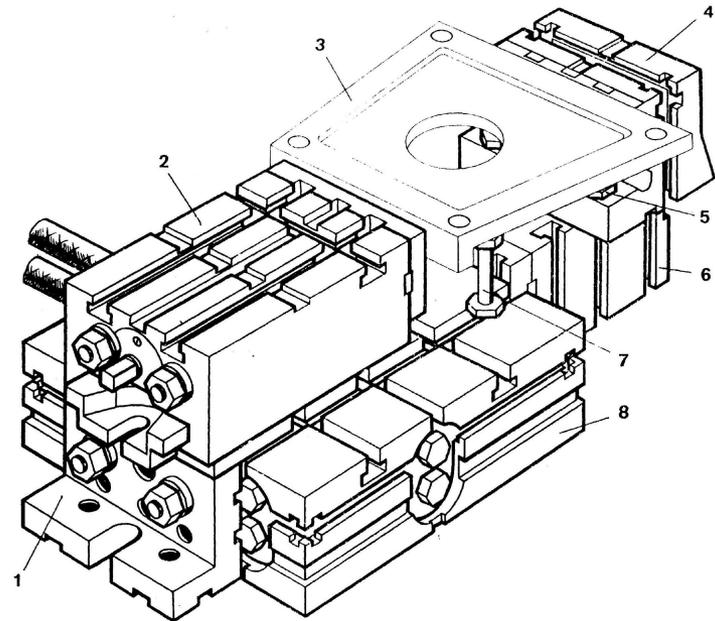
Используются для заготовок с различной конфигурацией и разными схемами базирования

# Универсально-сборные приспособления



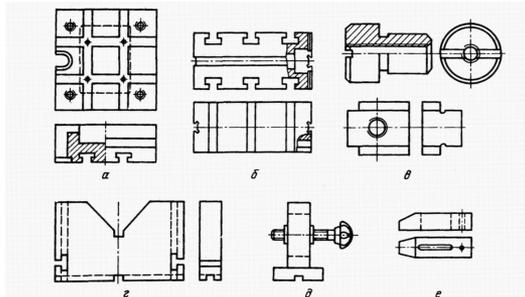
Стол для установки муфты

1-пневмостол; 2-зажим кулачковый; 3-заготовка; 4-призма; 5-подвижная призма; 6-опора



УСП для установки крышки

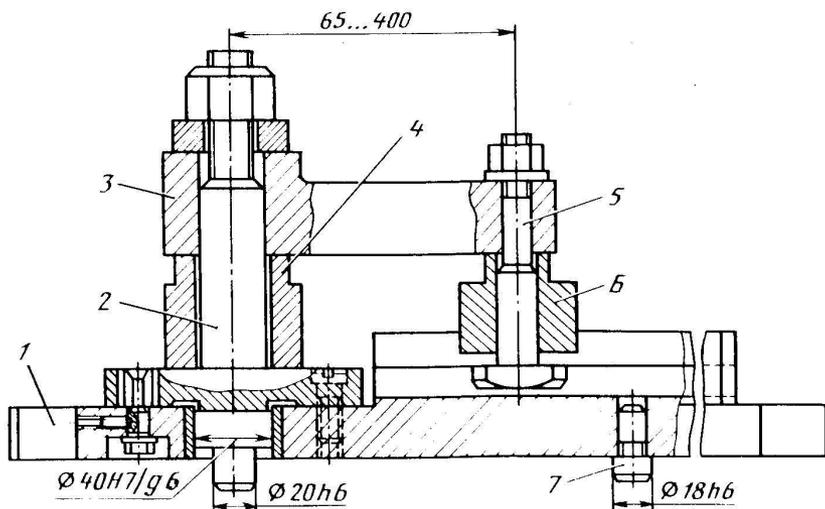
1-угольник; 2-губка подвижная; 3-заготовка; 4-губка неподвижная; 5, 6-опоры; 7-опора регулируемая; 8-гидроблок



Некоторые детали УСП: а-базовые; б-корпусные; в-установочные; г-направляющие; д-прижимные

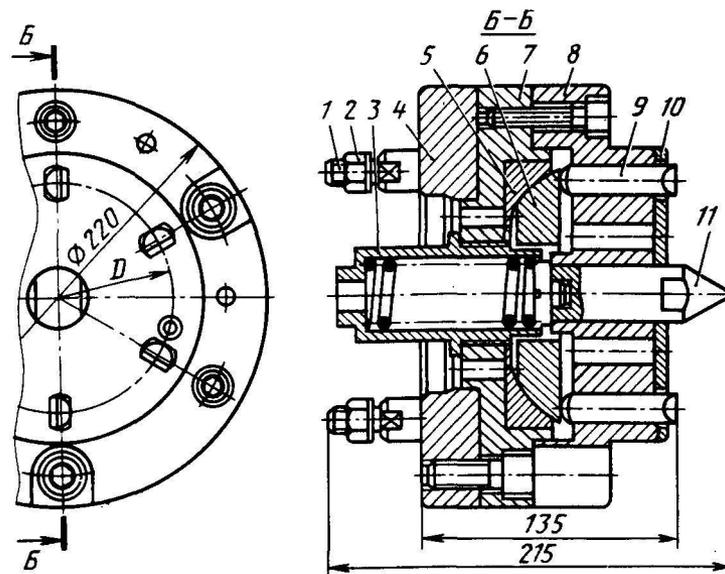
На 100% состоят из стандартизованных элементов (деталей, узлов, механизмов). Различают УСП-8, УСП-12, УСП-16 – по ширине Т-образного паза. Точность деталей – 5...7 квалитет,  $R_a=0,32...0,16$  мкм. Время освоения – 2...4 часа с точностью по 8...10 квалитету. Срок службы – 10...20 лет.

## Специализированные наладочные приспособления



Приспособление для обработки контуров заготовок

1-плита; 2-сменная оправка; 3-заготовка; 4,6-опоры;  
5-штырь; 7-центрирующий штырь



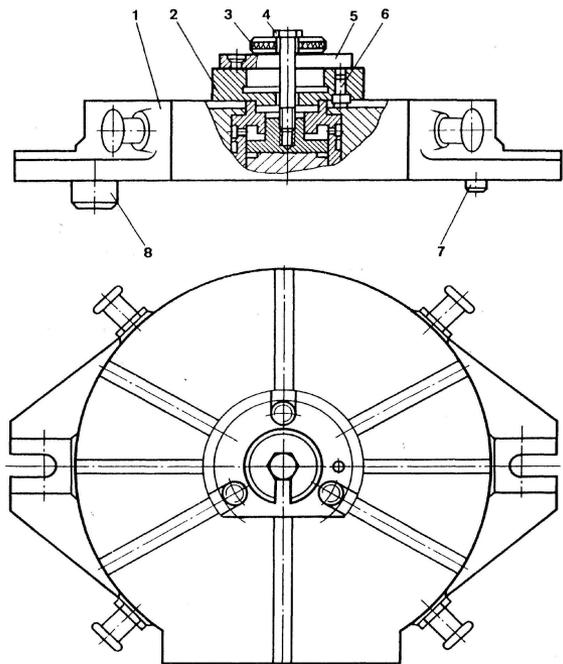
Поводковый переналаживаемый патрон с торцевыми кулачками

1-шпильки; 2-гайки; 3-стакан; 4-переходной фланец; 5-подпятник; 6-пята;  
7-переходник; 8-корпус; 9-кулачки (штырьки); 10-сменная крышка;  
11-плавающий центр

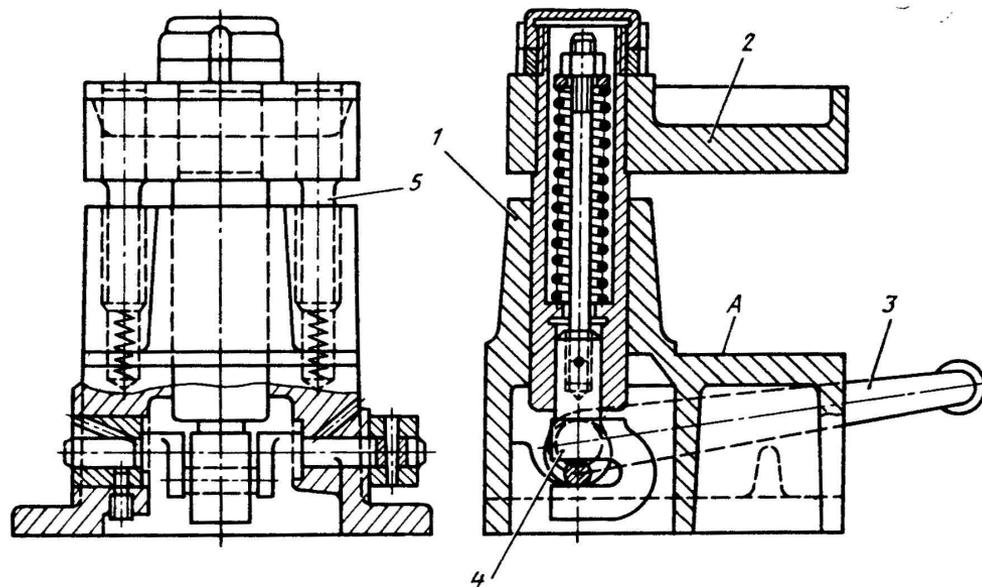
Аналогичны УНП, но базовый агрегат и сменные наладочные элементы – специализированные, разработанные на предприятии. Для заготовок с одинаковыми схемами базирования и закрепления. Точность деталей – 6...7 квалитет,  $R_a=0,63...0,32$  мкм. Время освоения (с изготовлением и установкой сменных наладок) – 15 часов с точностью по 8...9 квалитету.

Срок службы – 10...15 лет.

## Сборно-разборные приспособления



Приспособление для установки крышки  
1-плита; 2-наладка; 3-шайба; 4-болт; 5-заготовка;  
6,7-базирующие пальцы; 8-центрирующий палец

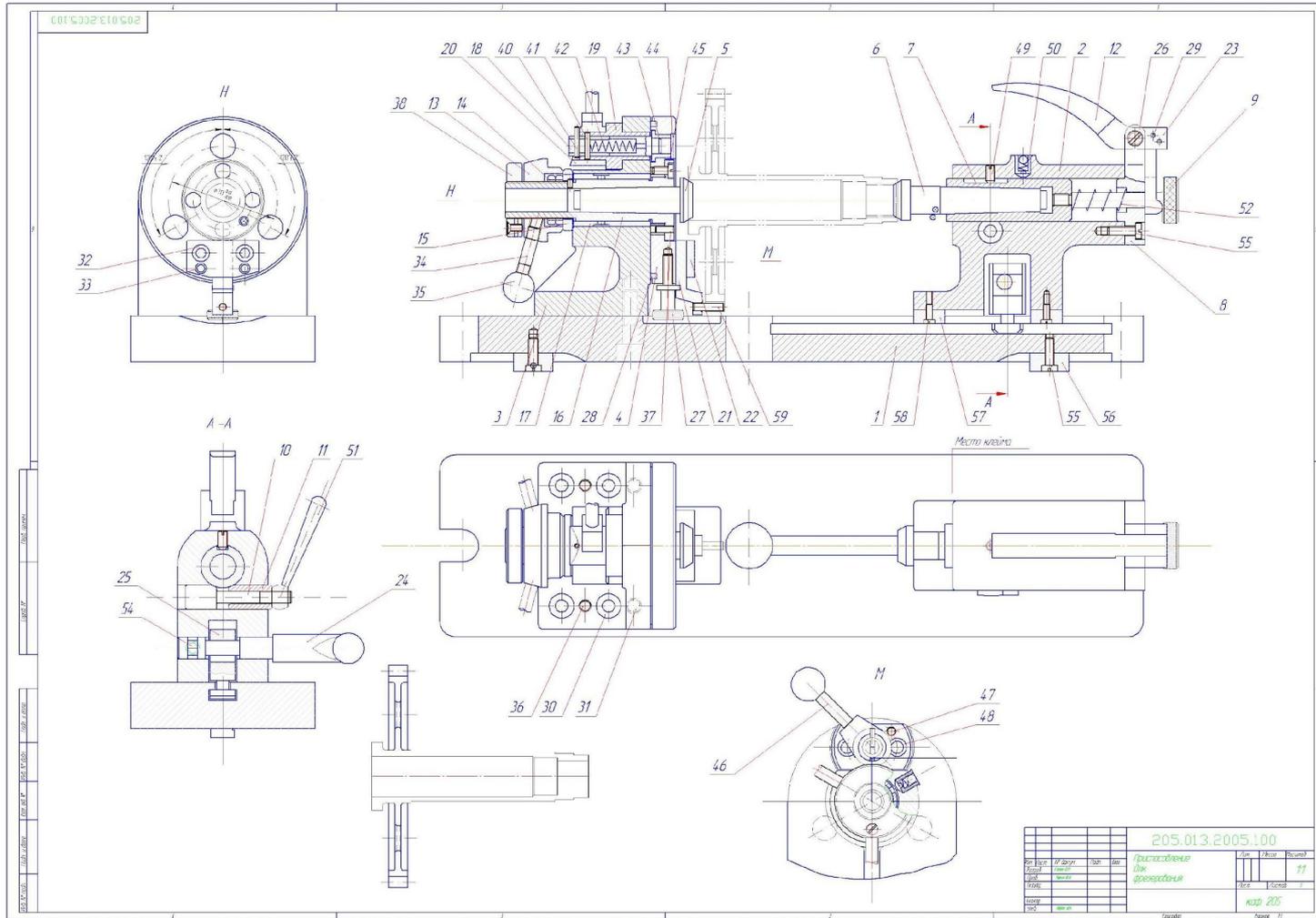


Стандартизированный базовый элемент скальчатого кондуктора  
1-корпус; 2-крышка – кондукторная плита - прижим; 3-рукоятка; 4-пружинно-кривошипный механизм; 5-скалки - направляющие

Используют стандартизованные сборочные единицы и детали, поставляемые централизованно.

Их можно дорабатывать без влияния на повторное использование (сверлить базовые и крепежные отверстия, обрабатывать сопрягаемые поверхности и т.п.). Сменные наладочные элементы изготавливает потребитель. Время освоения (с изготовлением и установкой сменных наладок) – 20...25 часов с точностью по 8...9 качеству. Широко применяются на станках с ЧПУ. Срок службы – 10...15 лет.

# Неразборные специальные приспособления



Необратимые конструкции, составные части которых не предназначены для повторного использования. Служат для оснащения конкретных ТО и используют до снятия изделия с производства. Время освоения средней сложности – 100 часов с точностью по 8...9 качеству.

## 1.4. Элементы приспособлений

Трудности проектирования и конструирования приспособлений различного назначения достаточно легко преодолеваются общностью их структуры, что позволяет разделить любую конструкцию на отдельные части (элементы) по функциональному назначению.

Элемент – это деталь, узел, механизм или устройство, выполняющие определенную функцию в приспособлении. Различают следующие основные группы элементов:

- установочные ;
- зажимные;
- силовые приводы;
- элементы, направляющие инструмент;
- корпуса;
- вспомогательные механизмы и устройства;
- вспомогательные детали и устройства.

Каждая группа удовлетворяет определенным конструктивным требованиям, поэтому при проектировании приспособлений нет необходимости рассматривать все множество конструктивных решений, а достаточно изучить и выполнять правила проектирования каждой группы элементов.

При этом в – зависимости от назначения приспособления конструкция может состоять из всего комплекса элементов или только из отдельных групп элементов.

## 1.5. Общие требования к приспособлениям

Каждое требование к приспособлению, также как к отдельному элементу, должно выполняться простейшими методами. Поэтому предъявляемые требования определяют круг задач, решаемых при проектировании. Из общих требований основными являются следующие:

- Обеспечение заданной точности выполняемой ТО (выбором схемы базирования и закрепления; точностью элементов, определяющих положение детали относительно инструмента; неизменностью положения приспособления и отсутствием вибраций; точностью установки на станке).
- Повышение производительности труда (механизацией и автоматизацией рабочих приемов закрепления и открепления, смены позиций; упрощение формообразования поверхностей и наладки; рациональное размещение инструмента).
- Экономическая целесообразность (снижением себестоимости выполняемой операции; расширением технологических возможностей оборудования).
- Удобство при эксплуатации - эргономичность (удобством установки и снятия детали; простотой установки приспособления на станке; легкостью очистки от стружки и грязи; отсутствием съемных, легко теряющихся деталей).
- Хорошая ремонтноспособность (унификацией и стандартизацией элементов; блочной сборкой конструкции; доступностью смены быстроизнашивающихся деталей).
- Облегчение труда рабочего (сокращением числа рабочих приемов и тяжелых работ).
- Обеспечение безопасности работы (применением механизмов с самотормозящимися звеньями и блокировочными устройствами).

## 2. Установочные элементы

### 2.1. Расчет приспособления на точность

Условие обеспечения точности при выполнении ТО:  $1,2\delta_{\Sigma} \leq T_A$ , суммарная погрешность  $\delta_{\Sigma}$  операции не должна превышать заданный допуск  $T_A$  на соответствующий размер. Ожидаемая

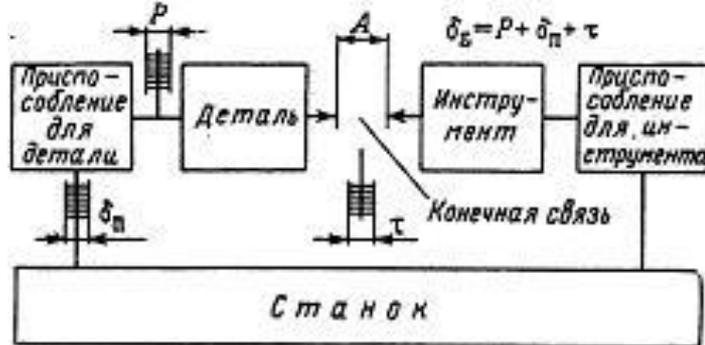


Рис. 2.1.

величина  $\delta_{\Sigma}$  для систематических погрешностей имеет вид:  $\delta_{\Sigma} = P + \delta_n + \tau$ , где  $P$  – погрешность установки детали в приспособление;  $\delta_n$  – погрешность установки приспособления на станке, а  $\tau$  – погрешность, связанная с методом обработки (рис. 2.1). При проектировании приспособления необходимо обеспечить выполнение условия:  $P_{доп} \leq T_A - \delta_n - \tau$ , где  $P_{доп}$  – допустимая погрешность установки детали в приспособление.

Расчет приспособления на точность сводится к определению ожидаемой погрешности установки  $P$ , которая не должна превышать допустимую погрешность  $P_{доп}$ , т.е.  $P_{доп} \geq 1,2 P$ . Величина  $P$  в общем случае складывается из погрешностей базирования –  $\omega_b$ ; закрепления –  $\omega_z$  и изготовления приспособления –  $\omega_{пр}$ . Учитывая, что погрешности в технологической системе имеют случайный характер условие обеспечения точности принимает следующий вид:

$$P_{доп} = (T_A^2 - \delta_n^2 - \tau^2)^{0,5} \geq 1,2 P = 1,2(\omega_b^2 + \omega_z^2 + \omega_{пр}^2)^{0,5}.$$

Расчет приспособления на точность проводится в следующей последовательности:

1. Определяется допустимая для проектируемой ТО погрешность установки –  $P_{доп}$ ;
2. Вычисляется погрешность базирования –  $\omega_b$  для выбранной схемы базирования;
3. Определяется погрешность закрепления –  $\omega_z$  для принятой схемы закрепления;
4. Назначаются допуски на конструктивные элементы деталей приспособления, задается допустимая величина их износа и рассчитывается величина  $\omega_{пр}$ .
5. Проводится проверка условия обеспечения точности приспособления.

## 2.2. Погрешность базирования - $\omega_{\delta}$

**Базирование** – придание требуемого в ТО положения заготовки относительно выбранной системы координат, т.е. положения измерительной базы относительно инструмента.

**Погрешность базирования** –  $\omega_{\delta}$  возникает при несовмещении измерительной (ИБ) и установочной (УБ) баз заготовки и определяется проекцией расстояния между предельными положениями измерительной базы заготовки на направление получаемого в ТО размера.

$\omega_{\delta}$  – обязательно относится к выполняемому размеру при данной схеме базирования.

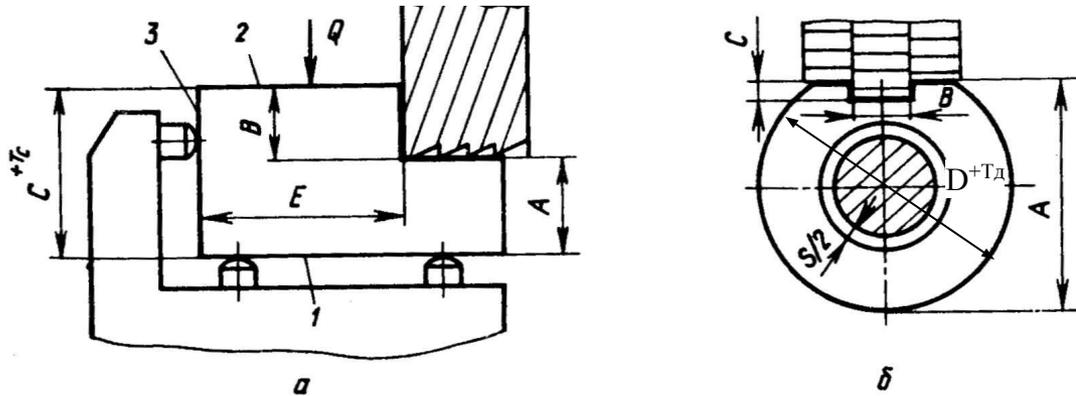


Рис. 2.2. Схемы определения погрешности базирования:

а – призматической заготовки; б – заготовки с центральным отверстием

Например: 1) Фрезеруется прямой паз (рис. 2.2а) на заготовке высотой  $C+Tc$ . Технологическая база – УБ поверхность 1.  $\omega_{\delta A} = 0$ , т.к. базы измерительная и технологическая совпадают.  $\omega_{\delta B} = Tc$ , т.к. предельные положения измерительной базы 2 при обработке партии заготовок будут колебаться в этих пределах.

2) Втулка (рис. 2.2б) базируется отверстием на цилиндрический палец.  $\omega_{\delta A} = 0,5Td$  при посадке на палец без зазора. При посадке с зазором  $s$  –  $\omega_{\delta F} = 0,5Td + s$ . Погрешность базирования для размеров, определяющих взаимное положение поверхностей, которые обрабатываются мерным или настроенным инструментом всегда равны нулю, т.е.  $\omega_{\delta B} = \omega_{\delta C} = 0$ .

Для уменьшения  $\omega_{\delta}$  следует: совмещать технологические и измерительные базы; выбирать рациональные размеры и расположение установочных элементов; устранять или уменьшать зазоры при базировании по отверстию или в отверстие.

## 2.3. Погрешность закрепления - $\omega_3$

Погрешность закрепления  $\omega_3$  – это разность предельных смещений измерительной базы в направлении получаемого размера под действием силы закрепления. Она возникает при ручном приводе в стыке деталь-установочные элементы, т.к. контактные деформации в других сопряжениях приспособления очень малы. При использовании силового привода для закрепления  $\omega_3 = const$  и может быть учтена при настройке.

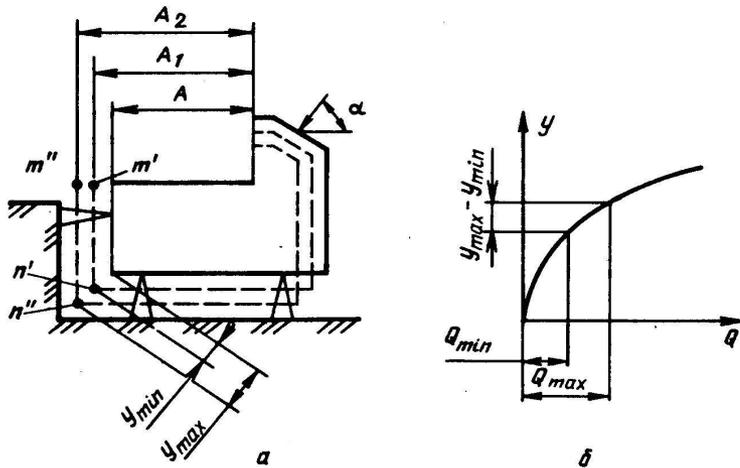


Рис. 2.3. Схема появления погрешности закрепления

Например: Фрезеруется угловой паз (рис. 2.3а) шириной  $A$ . Под действием силы зажима  $Q$  установочная база детали смещается. Изменение  $Q$  от  $Q_{min}$  до  $Q_{max}$  вызовет смещение опорной плоскости  $mn$  от  $m'n'$  до  $m''n''$ . Т.к.  $mn$  является и измерительной базой размера  $A$ , то согласно определения  $\omega_3$ :  $\omega_3 = (y_{max} - y_{min}) \cos \alpha$ , где  $\alpha$  - угол между направлением получаемого размера и направлением силы  $Q$ ,  $y_{max}$  и  $y_{min}$  - смещение измерительной базы в направлении действия  $Q$ .

Зависимость контактных деформаций для жестких стыков (рис.2.3б) имеет вид:  $y = cQ^n$ , где  $c$  и  $n$  - коэффициенты, учитывающие вид контакта, материал и шероховатость поверхности детали. При обработке партии заготовок и сила зажима, и величина коэффициентов изменяются от  $max$  до  $min$ , что приводит к образованию поля рассеяния величины  $\omega_3$ . Для уменьшения  $\omega_3$  следует: применять силовые пневмо- или гидроприводы; повышать жесткость стыка опора-деталь; улучшать однородность поверхностного слоя детали; увеличивать жесткость опор, воспринимающих силу зажима.

## 2.4. Погрешность приспособления - $\omega_{пр}$

Погрешность приспособления  $\omega_{пр}$  – вызывается неточностью приспособления и определяется суммой погрешностей, возникающих при изготовлении и сборке приспособлений -  $\omega_{ус}$  и при износе установочных элементов -  $\omega_{из}$ , т.е.  $\omega_{пр} = (\omega_{ус}^2 + \omega_{из}^2)^{0,5}$ .

Погрешность  $\omega_{ус}$  - характеризует неточность (допуск) изготовления установочных элементов, ориентирующих деталь в приспособлении; неточность посадочных и опорных поверхностей корпуса; неточность настроечных и направляющих элементов для режущего инструмента; неточность делительных и копировальных устройств и т.п. При использовании одного приспособления для обработки партии заготовок - это систематическая погрешность, а нескольких - случайная. Технологические возможности изготовления приспособлений обеспечивают величину  $\omega_{ус}$  в пределах 5...20 мкм.

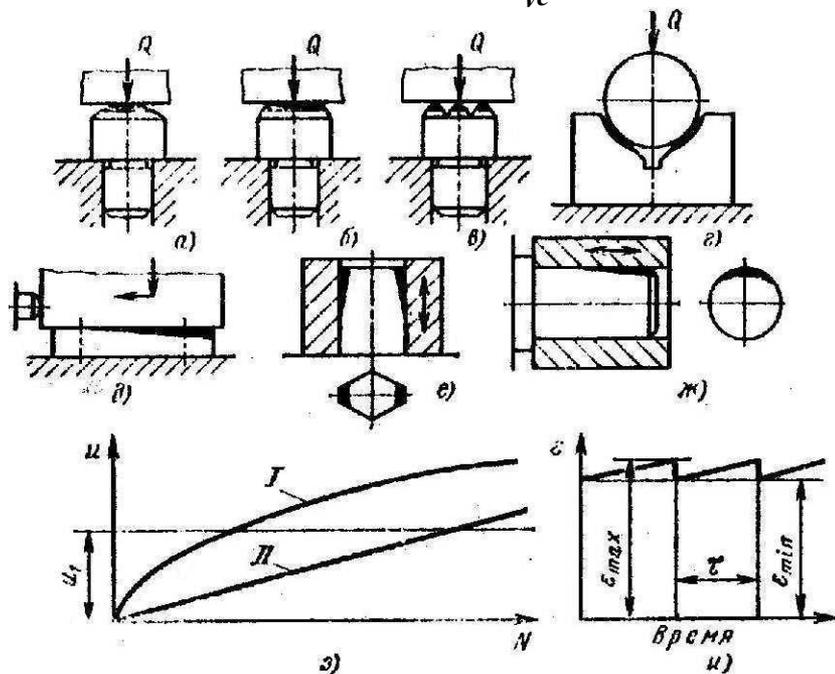


Рис. 2.4.

Погрешность  $\omega_{из}$  - определяется износом установочных элементов (рис. 2.4), который может заметно увеличить неточность приспособления. Наиболее сильно изнашиваются точечные опоры, боковые поверхности призм, ромбические пальцы. Менее интенсивно изнашиваются опорные пластины и круглые пальцы. Величина износа в справочниках представлена в виде зависимости  $U = \beta N^n$ , где  $N$  - число контактов опоры с деталями,  $n=0,4...0,6$  и  $\beta$  - константа, зависящая от типа опоры.

## 2.5. Назначение установочных элементов

Базирование детали в приспособлении достигается при контакте ее баз (в виде поверхностей, линий или точек) с установочными поверхностями приспособления (опорами), выполненными или на корпусе приспособления, или в виде отдельных элементов, жестко соединенных с корпусом. При этом *плотный (неотрывный) контакт между опорами и базами детали, обеспечиваемый с помощью сил зажима, определяет заданную ориентацию детали (рис.2.5а) в пространстве станка.* В зависимости от условий обработки может требоваться полная (с шестью опорными точками (рис.2.5а,б,в)) или неполная (не менее трех точек (рис.2.5г,д)) ориентация деталей. Для базирования нежестких деталей часто возникает необходимость увеличения числа опорных точек сверх шести (рис.2.5е). Лишние (вспомогательные) опоры

вводятся в контакт с базами детали только после базирования и закрепления по основным опорам.

### *Общие требования к опорам*

1. Число и расположение опор обеспечивают требуемую ориентацию и устойчивость детали.
2. Опора имеет небольшую поверхность контакта, но не портит базовые поверхности детали.
3. Конструкция опор - жесткая и жестко закреплена в корпусе приспособления.
4. Рабочие поверхности опор имеют высокую износостойкость.
5. Конструкция опор должна обеспечивать их быструю замену при износе и повреждении.

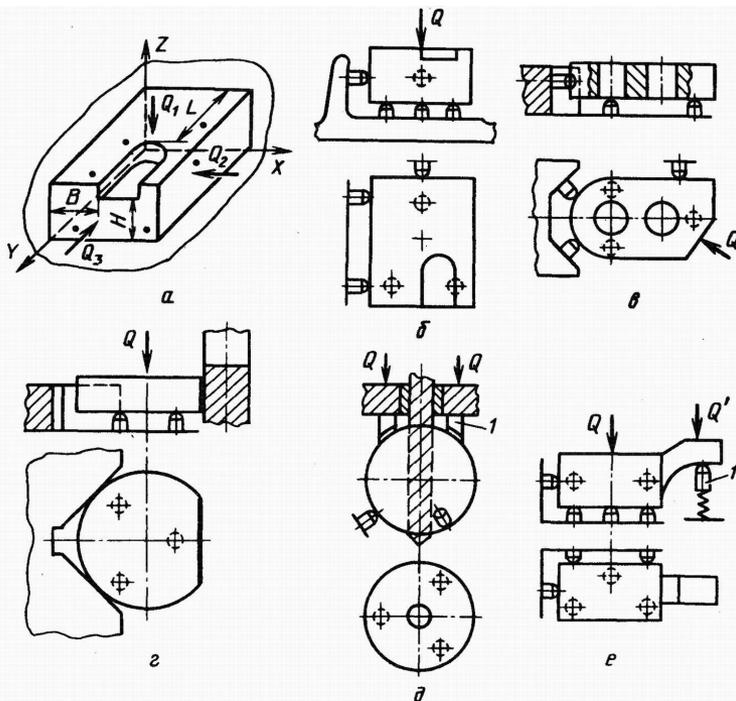


Рис. 2.5.

## 2.6. Базирование по плоским поверхностям

*Базирование плоской базы* - это совмещение ее с заданной плоскостью, выполненной на корпусе приспособления или на опоре. Теоретическая схема базирования - на рис. 2.6.

На выбор вида установочной поверхности опоры оказывает состояние базовой поверхности детали. Различают грубую (поковка, отливка) и чистую (обработанную) базы.

*Грубая база* соприкасается со сплошной установочной поверхностью в трех точках и образует опорный треугольник случайным (неблагоприятным) образом (рис. 2.7). Поэтому места контакта базы с приспособлением выбирают заранее, для чего в нужных местах корпуса закрепляют штыри со сферической (рис. 2.9б) или рифленой (рис. 2.9в) головкой.

*Чистая база* допускает использование протяженных участков установочной плоскости, на которых прерывают среднюю часть (рис. 2.8а) для жестких крупногабаритных деталей, делают промежутки (рис. 2.8б) для нежестких деталей и для точной базы детали установочную (рис. 2.8в)

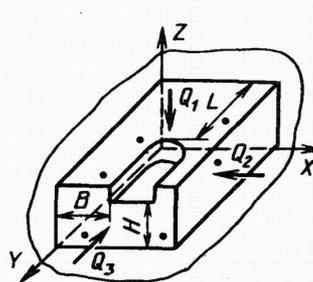


Рис. 2.6.

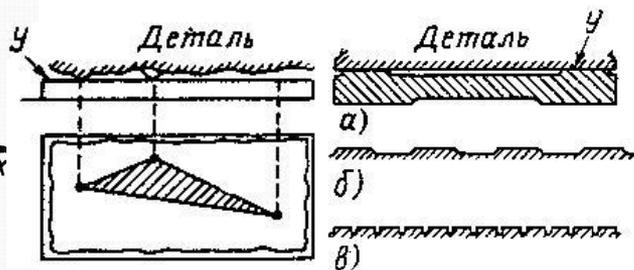


Рис. 2.7.

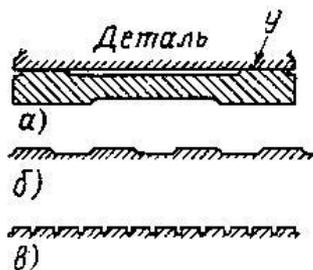


Рис. 2.8

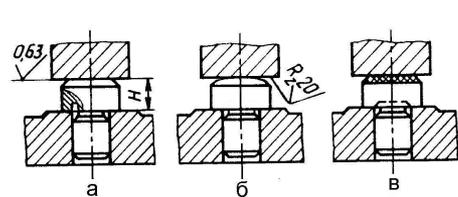


Рис. 2.9. Опорные штыри

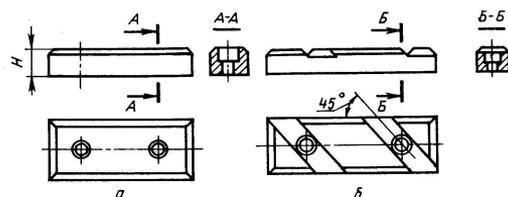


Рис. 2.10. Опорные пластины

поверхность прерывают канавками.

Наиболее часто для чистых баз применяют опорные пластины - плоские (для вертикальной базы (рис. 2.10а)) и с косыми пазами (для горизонтальных баз (рис. 2.10 б)), а также опорные штыри с плоской (рис. 2.9а) головкой. Отверстия под штыри в корпусе приспособления выполняются сквозными для сопрягаемой посадки Н7/н6 или Н7/р6. Опорные площадки в корпусе должны слегка выступать - для обработки за один проход.

## Продолжение Базирование по плоским поверхностям

*Сблокированные* (рис. 2.11а) и *плавающие опоры* (рис. 2.11б) - применяются в качестве основных и вспомогательных опор для обеспечения благоприятного треугольника базирования или для повышения жесткости установки. Эти опоры, контактируя с заготовкой в двух или трех точках, заменяют собой один опорный штырь.

*Регулируемые (винтовые) опоры* (рис. 2.12) используют как основные при установке заготовок по грубой базе (когда партии заготовок отличаются друг от друга по величине припуска) или при выверке заготовок по разметке, а также как вспомогательные - для увеличения жесткости.

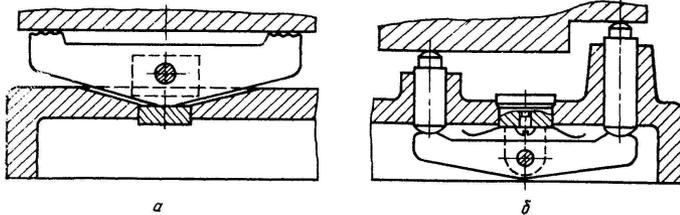


Рис. 2.11.

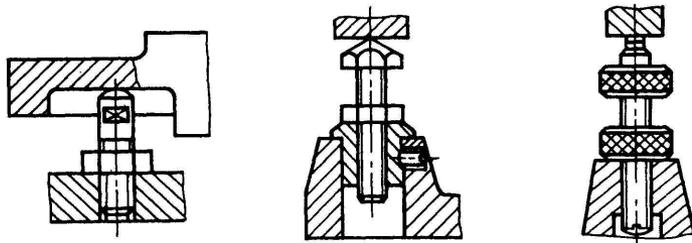


Рис. 2.12

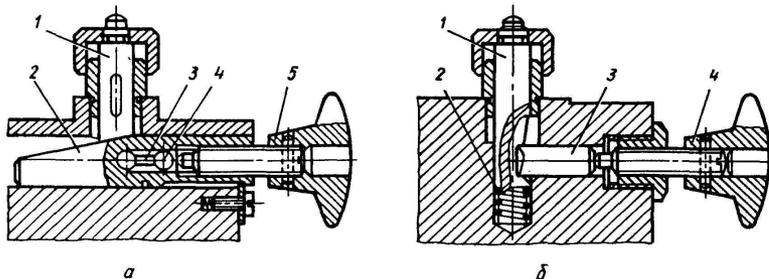


Рис. 2.13.

*Подводимая (клиновья) опора* (рис.2.13а) применяется при значительных силах, действующих вдоль штыря 1. Она подводится к базе заготовки после установки и закрепления детали на основных опорах.

*Самоустанавливающаяся (пружинная) опора* (рис.2.13 б) несколько выступает над основными опорами при отсутствии заготовки. При установке под тяжестью заготовки штырь 1 сжимает пружину 2, оставаясь в контакте с базой. Фиксация опоры осуществляется с помощью сухаря 3 при вращении винта 4.

*Погрешность закрепления* определяется эмпирически и зависит от формы опорной поверхности и свойств материала заготовки, например, для гладкой опоры:

$$y = (0,4 + 0,012F + 0,004Rz - 0,0016HB)(0,1q)^{0,7}$$

## 2.7. Базирование по наружному цилиндру и торцу

*Базирование цилиндрической поверхности* - это совмещение ее оси с некоторой заданной линией в приспособлении. Для данного случая имеется две теоретических схемы базирования.

При  $l/d \geq 1$  (рис. 1.14а) - на двух образующих цилиндра создаются по две опорные точки, торец 5 не дает перемещаться вдоль оси X, а точка 6 - вращаться вокруг этой оси.

При  $l/d < 1$  (рис. 2.14б) - опорные точки на коротких образующих цилиндра не обеспечивают устойчивого положения заготовки, поэтому установочной базой является торец заготовки, несущий три точки. Две точки на цилиндре и шестая аналогична 1-ой схеме.

*Установочные элементы* - призмы, втулки и самоцентрирующие устройства.

*Призма* (рис. 2.15) - это опора с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями пересекающимися под углом  $\alpha$ . Направление оси X при креплении призмы к корпусу винтами 1 обеспечивают штифты 2. Обычно  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\alpha = 60^\circ$  - при больших силах резания;  $\alpha = 120^\circ$  - для деталей с неполной цилиндрической поверхностью.

*Во втулку* (рис. 2.16) базируются детали, обработанные по 7...9 квалитетам. Между втулкой и деталью необходим гарантированный зазор  $s$ . Закрепление - осевой или поперечной силой.

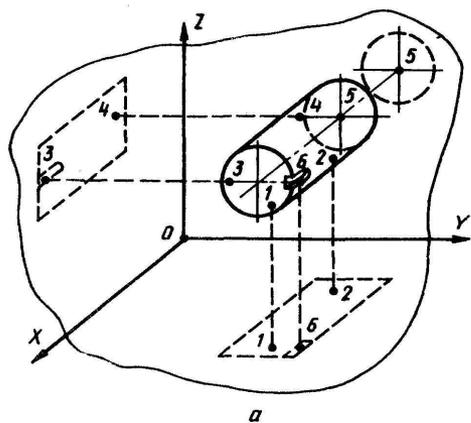


Рис. 2.14.

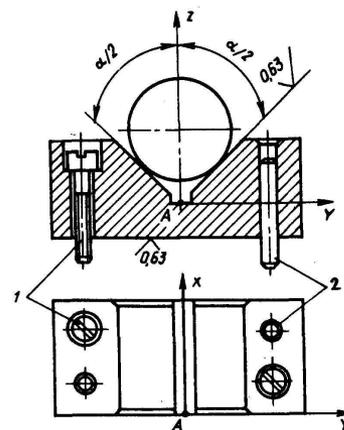
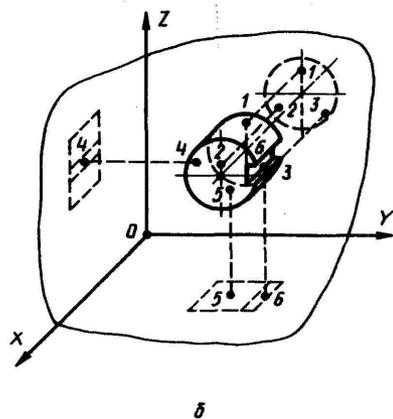


Рис. 2.15

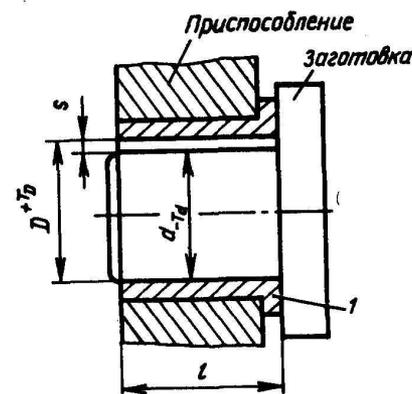


Рис. 2.16.

## Продолжение    Базирование по наружному цилиндру и торцу

*Самоцентрирующие устройства* - это устройства (рис.2.17) опорные поверхности которого могут одновременно с равным перемещением приближаться к оси устройства или удаляться от него. К ним относятся различные виды патронов: спиральные, цанговые, мембранные, гидропластовые.

*Погрешность базирования самоцентрирующих устройств* равна нулю.

*Погрешность базирования оси цилиндра при установке во втулку* определяется величиной максимального зазора  $S_{max} = T_D + T_d + s = \omega_{\delta}$ . Кроме того, в пределах  $S_{max}$  возможен перекося  $a$  оси базы, который равен:  $a = \arctg(S_{max}/l)$ . Уменьшение этой погрешности достигается при использовании разрезной втулки (рис. 2.18), отверстие которой вытачивается без гарантированного зазора, после чего втулка разрезается.

*Погрешность базирования при установке на призму* возникает потому, что УБ (рис. 2.19б) детали диаметром  $D$  проходит через точки F-F, а для детали диаметром  $D - T_D$  - через точки F<sub>1</sub>-F<sub>1</sub>. Если необходимо фрезеровать лыску (рис. ба), то для размера B<sub>1</sub> -  $\omega_{\delta} = 0,5 T_D [1/\sin(\alpha/2) - 1]$ , для размера B<sub>2</sub> -  $\omega_{\delta} = 0,5 T_D / \sin(\alpha/2)$ , для размера B<sub>3</sub> -  $\omega_{\delta} = 0,5 T_D [1/\sin(\alpha/2) + 1]$ .

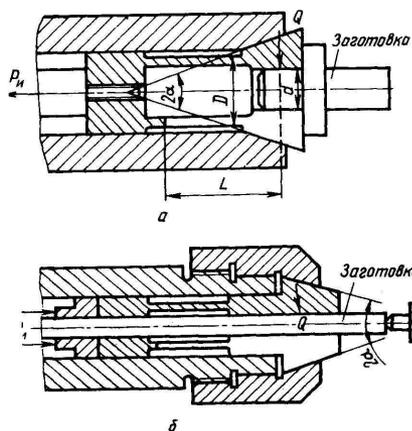


Рис.  
2.17.

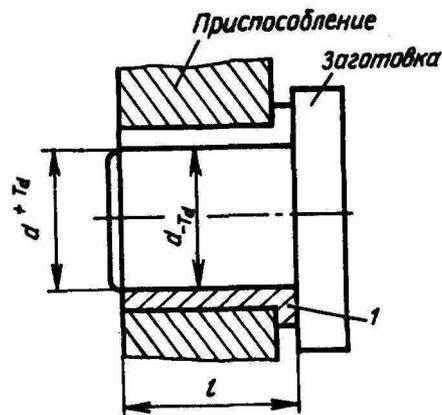


Рис. 2.18.

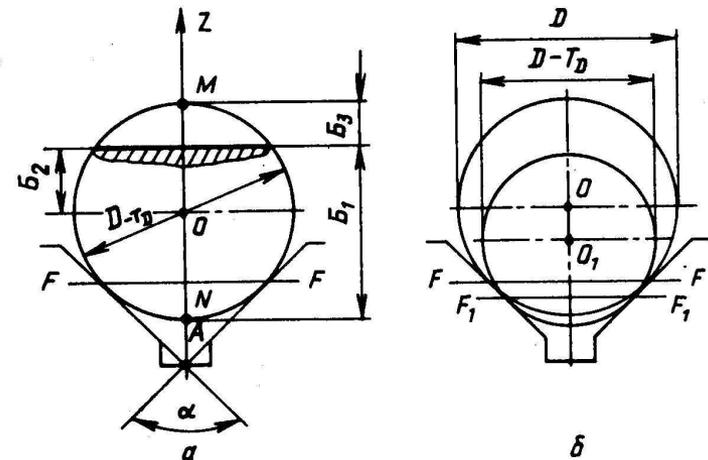


Рис. 2.19

## 2.8. Базирование по внутреннему цилиндру и торцу

Схемы базирования для данной установки аналогичны предыдущей (рис.2.14). Реализуются они для заготовок с базовыми отверстиями, обработанными по 6...9 качеству.

Установочные элементы в виде оправок (рис.2.20) и пальцев (рис.2.21).

Конструкции оправок имеют две разновидности: жесткие и разжимные. Конические оправки (конусность 1/2000...1/4000) центрируют и удерживают за счет расклинивающего действия, но нет фиксации детали по длине. Оправки с натягом позволяют подрезать торцы в размер, так как напрессовка осуществляется с упором в кольцо. Оправки с зазором - более часто применимы. Проворачивание заготовки устраняется затяжкой или шпонкой, если таковая имеется. Для консольно расположенных заготовок широко применяются разжимные оправки с прорезями, сухарями и гидропластом.

Конструктивные разновидности пальцев приведены на рис. 2.21. Они изготавливаются с буртами (рис. а,в) и без буртов (рис. б, г) из стали У7А и 20Х. Для облегчения установки детали на пальцах снимается фаска. Погрешность базирования для данной схемы определяется аналогично базированию во втулку - величиной максимального зазора  $S_{max} = T_D + T_d + s = \omega_{\delta}$ .

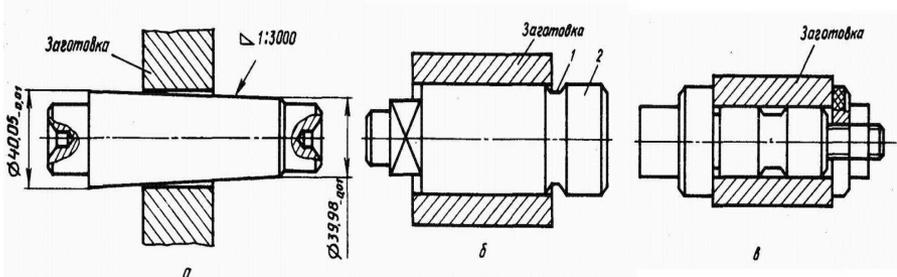


Рис. 2.20. Жесткие оправки: а - коническая; б - под запрессовку; в - с гарантированным зазором

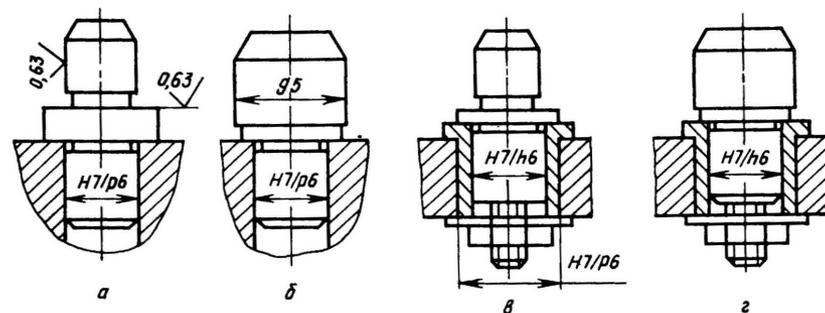


Рис. 2.21. Установочные пальцы: а, б - постоянные; в, г - сменные

## 2.9. Базирование по двум отверстиям и плоскости

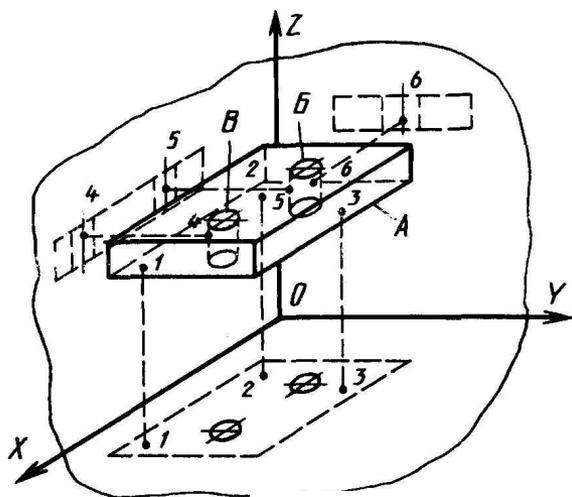
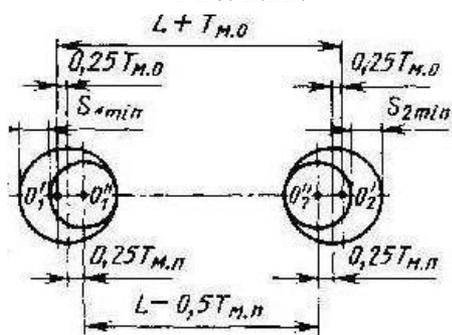


Рис. 2.22.



а

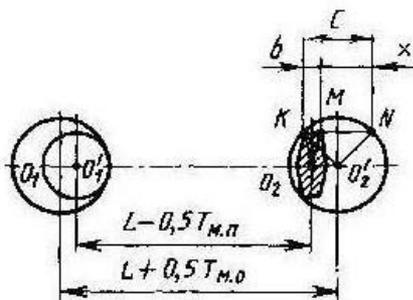


Рис. 2.23.

Данная *схема базирования* (рис. 2.22) используется при обработке корпусов, плит и для установки приспособлений-спутников. Ее отличает простота конструкции; свободный доступ инструментов к детали; простота передачи и фиксации на поточных линиях; обеспечение принципа постоянства баз. *Установочные элементы* - опорные пластины и два неподвижных или выдвигных пальца. *Условие установки на два цилиндрических пальца* определяется для наихудшего случая (рис. 2.23а), когда расстояние между отверстиями максимально -  $L+0,5T_{м.о.}$ , а между пальцами минимально -  $L+0,5T_{м.п.}$ . Зазоры в сопряжениях  $S_{1min}$  и  $S_{2min}$  также минимальны. Тогда оси пальцев сблизится на  $0,25T_{м.п.}$ , а оси отверстий разойдутся на  $0,25T_{м.о.}$ , каждый от номинального положения осей. Однако общее перемещение не будет превышать величину  $0,5S_{1min} + 0,5S_{2min}$ . Следовательно условие установки имеет вид:  $S_{1min} + S_{2min} \geq T_{м.о.} + T_{м.п.}$ . Так как допуски на межцентровое расстояние существенно шире допусков на отверстия и пальцы, то приходится размер одного пальца значительно уменьшать или использовать ромбический палец. Установка на цилиндрический и ромбический пальцы позволяет увеличить зазор (рис. 2.23б) на величину  $X \approx S_{2min}(d_2/b)$ , где  $d_2$  - диаметр второго пальца, а  $b$  - ширина ленточки. Тогда условие установки имеет вид:  $S_{1min} + S_{2min}(d_2/b) \geq T_{м.о.} + T_{м.п.}$ . Т.е. чем меньше  $b$ , тем шире допуск на межцентровое расстояние заготовки. Следует помнить, что уменьшение  $b$  может вызвать сильный износ пальца.

## 2.10. Базирование на центровые гнезда и конические фаски

Схема базирования (рис. 2.24) по центровым отверстиям позволяет совместить ось заготовки с осью центров и тем самым свести к нулю погрешность базирования для всех размеров измеряемых от оси. Недостаток - необходимость обработки у заготовки дополнительных поверхностей - центровых отверстий.

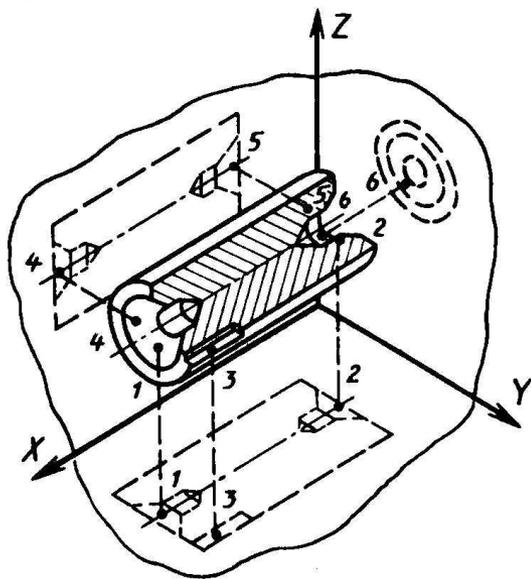


Рис. 2.24.

Установочными элементами для данной схемы являются жесткие (рис. 2.25) и вращающиеся (рис. 2.26) центры. Жесткие центры: конические (рис. 2.25а), срезанные (рис. 2.25б) и с тремя ленточками (рис. 2.25в) могут устанавливаться как в шпиндель станка, так и в пиноль задней бабки. Поводковые центры (рис. 2.22а) передают вращение на деталь, их ставят только в шпиндель, а вращающиеся центры (рис. 2.22а), - только в пиноль задней бабки. Центры изготавливают из стали У7А, У10А и подвергают термообработке до твердости HRC 54...59. Износостойкость повышают наплавкой твердого сплава.

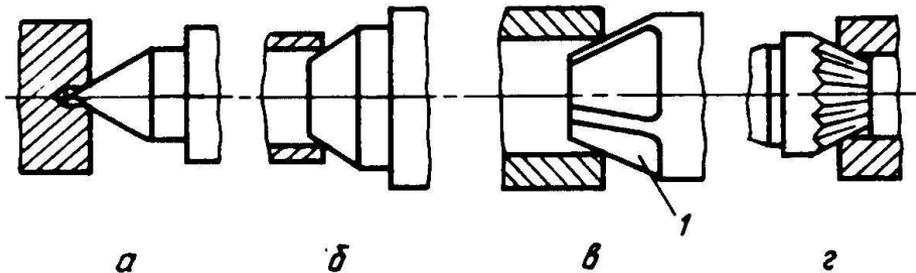


Рис. 2.25.

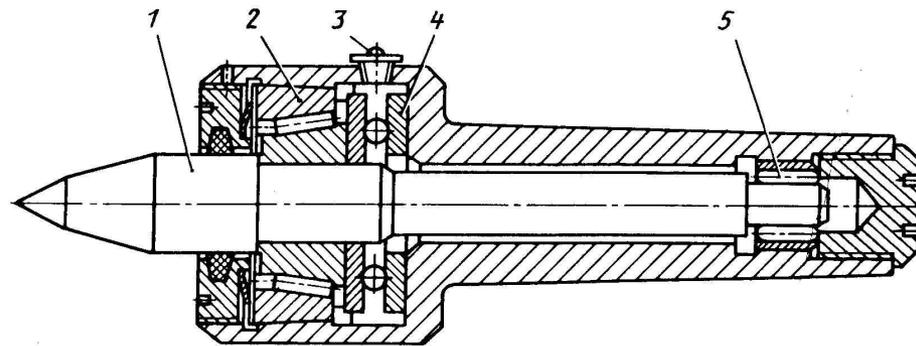


Рис. 2.26.

## 2.11. Примеры расчетов точности приспособления

**Пример 1.** Обеспечить чистовое обтачивание (рис. 2.27) наружного  $\varnothing 55e8$  с биением не более  $0,05$  мм относительно отверстия  $\varnothing 30H7(+0,021)$  на оправке диаметром  $30h6(-0,013)$ .

1. Выполнение размера  $\varnothing 55e8$  не зависит от приспособления и обеспечивается методом обработки диаметра.
2. Суммарная погрешность биения определяется  $\delta_{\Sigma} = P + \delta_n + \tau$ , где  $P = 1,2(\omega_{\delta}^2 + \omega_3^2 + \omega_{np}^2)^{0,5}$ ,  $\delta_n$  - погрешность установки приспособления на станке, а  $\tau$  - влияние метода обработки на биение.
3. Погрешность, связанная с методом обработки, определяемая жесткостью технологической системы, деформациями и износом инструмента -  $\tau = 0,01$  мм ( по справочнику).
4. Погрешность  $\delta_n = 0$ , т.к. базирование в центрах не смещает ось оправки.
5. Погрешность  $\omega_{\delta}$  - равна наибольшему зазору между диаметрами заготовки и оправки:
 
$$\omega_{\delta} = S_{max} = ES + ei = 0,021 + 0,013 = 0,034 \text{ мм}$$
6. Погрешность  $\omega_3 = 0$ , т.к. усилие зажима действует вдоль оси.
7. Погрешность  $\omega_{np}$  складывается из погрешности изготовления оправки  $\omega_{изг} = 0,001$  мм (биение опорной поверхности относительно центровых гнезд) и погрешность износа  $\omega_u = 0,015$  мм (износ, задаваемый в технических требованиях на приспособление).
8. Суммарная погрешность:  $\delta_{\Sigma} = 1,2(\omega_{\delta}^2 + \omega_3^2 + \omega_{np}^2)^{0,5} + \delta_n + \tau = 1,2(0,034^2 + 0,016^2)^{0,5} + 0,01 = 0,055$  мм

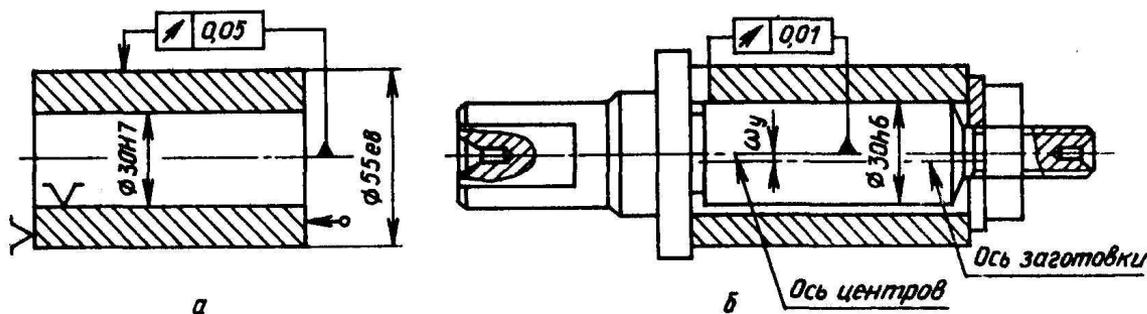


Рис. 2.27.

9. Проектируемое приспособление не обеспечивает заданную точность, т.к.  $\delta_{\Sigma} = 0,055 > T = 0,05$  мм.

*Необходимо использовать коническую оправку, оправку с запрессовкой или разжимную оправку.*

**Пример 2.** Произвести расчет на точность приспособления для фрезерования лыски (рис. 2.28) на заготовке  $\varnothing 80h10(^{-0,12})$ , которая базируется и закрепляется в призме с углом  $\alpha=90^\circ$ .

Допуск на размер  $20h11(\pm 0,065)$  составляет  $T=0,13$  мм.

1. Погрешность, связанная с методом обработки, определяемая жесткостью технологической системы, деформациями и износом инструмента -  $\tau=0,02$  мм ( по справочнику).
2. Погрешность  $\omega_\phi$  - цилиндрической заготовки в призму с углом  $\alpha=90^\circ$  определяется по формуле  

$$\omega_\phi=0,5 T_D [1/\sin (\alpha/2)+1]=0,5 \times 0,12(1/\sin 45^\circ+1)=0,145$$
 мм
3. Погрешность  $\omega_3 = 0$  , т.к. усилие зажима действует вдоль оси заготовки.
4. Погрешность установки призмы на два штифта  $\delta_n = 0,002$  мм (по справочнику).
5. Погрешность  $\omega_{np}$  складывается из погрешности изготовления призмы  $\omega_{изг}=0,001$  мм (точность шлифования базовых поверхностей призмы с углом  $90^\circ$ ) и допустимая погрешность износа  $\omega_u=0,01$ мм (задаваемая в технических требованиях на приспособление).
6. Погрешность:  $\delta_\Sigma=1,2(\omega_\phi^2+\omega_3^2+\omega_{np}^2)^{0,5}+\delta_n+\tau=1,2(0,145^2+0,011^2)^{0,5}+0,002+0,02=0,196$  мм.
7. Проектируемое приспособление не обеспечивает заданную точность, т.к.  $\delta_\Sigma=0,196>T=0,13$ мм.
8. В данной ситуации целесообразно не усложняя конструкцию приспособления изменить вариант нанесения операционного размера (на рис. 2.28 - показан штриховой линией). Тогда погрешность базирования равна:  $\omega_\phi=0,5 T_D / \sin (\alpha/2)=0,5 \times 0,12 / \sin 45^\circ=0,085$  мм и при прочих

равных условиях результирующая погрешность будет определяться:  

$$\delta_\Sigma=1,2(0,085^2+0,011^2)^{0,5}+0,002+0,02=0,125$$
 мм.

*В этом случае приспособление обеспечивает точность*

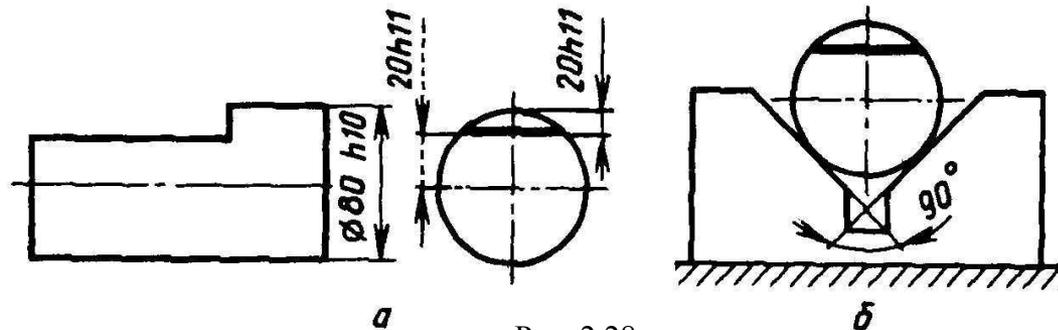


Рис. 2.28.

# 3. Зажимные элементы

## 3.1. Назначение зажимных элементов и требования к ним

Основное назначение зажимных устройств - обеспечение надежного контакта заготовки с установочными элементами и создания жесткого закрепления ее в процессе обработки. Это позволяет вести обработку с заданной точностью и производительностью. Заготовку можно не закреплять когда ее масса велика, а силы резания малы или направлены так, что прижимают заготовку к установочным элементам и не вызывают ее смещение.

Все зажимные устройства делятся на три группы. Первая группа (рис. 3.1а) - исходное усилие  $P_{и}$ , создаваемое приводом, преобразуется силовым механизмом в усилие закрепления  $Q$  и через контактный элемент передается заготовке. Приводы достаточно разнообразны: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, механические и т.д. Вторая группа (рис. 3.1б) - это устройства с ручным приводом. К третьей группе относятся устройства, в которых усилие  $Q$  создается за счет вакуума или магнитного поля.

Требования к зажимным устройствам : 1.) простота в конструкции, надежность в работе, удобство в обслуживании; 2.) неизменность положения заготовки, достигнутое при базировании; 3.) отсутствие деформации заготовки и смятие ее поверхности; 4.) равномерный зажим заготовок; 5.) минимум затрат сил и времени на закрепление; 6.) отсутствие воздействия сил резания на зажимное устройство.

*Место приложения  $Q$*  : не должна опрокидывать или сдвигать заготовку (ставятся упоры); быть максимально приближенной к месту обработки.

*Направление приложения  $Q$*  : перпендикулярно поверхности установочного элемента или прижимать к двум поверхностям; на установочный элемент с большей площадью; совмещать с направлением веса для тяжелых заготовок и силой резания для легких.



Рис. 3.1. Зажимные устройства  
П - привод; СМ-силовой механизм;  
К- контактный элемент;  $P_{и}$ -исходное  
усилие;  $Q$ -усилие закрепления;  
 $q$ -распределенная нагрузка

## 3.2. Определение силы зажима $Q$

Силы, действующие на заготовку в процессе обработки, различны по величине направлению и точке приложения. Это - силы резания, силы тяжести, центробежные и инерционные силы. Их величина зависит от режимов резания, механических свойств материала, прерывистости резания, затупления инструмента и т.п. Силы и моменты, создаваемые ими, оказывают воздействие на заготовку: они стремятся повернуть заготовку относительно установочных элементов (рис. 3.2), сдвинуть заготовку с установленного положения в приспособлении (рис.3.3), вырвать заготовку из зажимного устройства (рис.3.4).

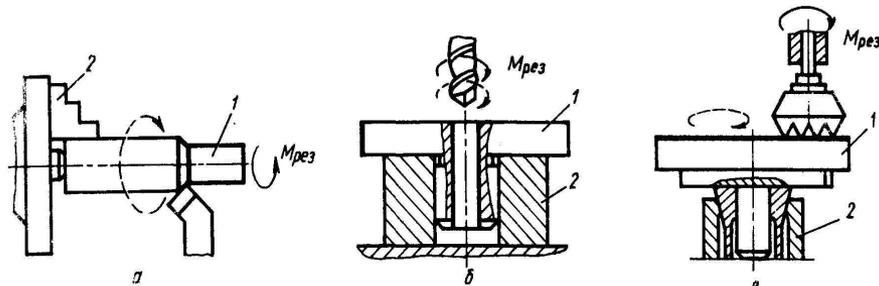


Рис. 3.2.

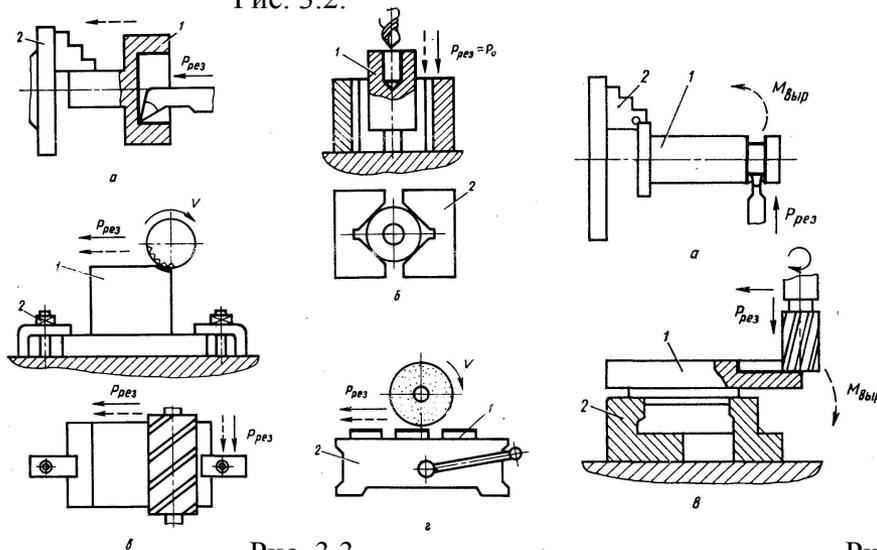


Рис. 3.3.

Величину действующих сил и моментов определяют по нормативам, формулам теории резания и по законам физики применительно к конкретному виду обработки. Учитывая, что в реальных условиях действительные силы и моменты существенно отличаются от расчетных, вводится понятие коэффициента надежности закрепления -  $K$ , на который умножается величина силы резания. Величина  $K$  определяется как произведение первичных коэффициентов, учитывающих качество баз, затупление инструмента, прерывистость резания, стабильности зажима, удобство ручного привода, площади баз.

Рис. 3.4.

## Продолжение 3.2. Определение силы зажима $Q$

Исходные данные для расчета силы зажима  $Q$  являются:

- схема базирования заготовки;
- величина, направление и место приложения сил, возникающих при выполнении ТО;
- схема закрепления заготовки.

Расчет силы зажима сводится к решению уравнений статики из условия равновесия заготовки под действием внешних сил в следующей последовательности:

1. Составляется расчетная схема для самого неблагоприятного положения режущего инструмента.
2. Устанавливается направление возможного перемещения или поворота заготовки.
3. Определяется величина проекций всех сил на направление перемещения.
4. Записываются уравнения сил и моментов для выбранной расчетной схемы.
5. Решаются уравнения статики и рассчитывается величина зажимного усилия  $Q$ .

### Примеры расчета силы зажима $Q$

Пример 1. При фрезеровании плоскости (схема базирования и закрепления на рис. 3.5) заготовки длиной  $l$ , она может поворачиваться относительно точки  $O$  и сдвигаться в осевом направлении. Уравнение моментов из условия равновесия с учетом коэффициента  $K$  имеет вид:  $Q \cdot a + F \cdot l = K (P_z \cdot b + P_r \cdot l)$ , где  $P_z, P_r$  - силы резания;  $F = f \cdot Q$  - сила трения;  $f$  - коэффициент трения между заготовкой и зажимными устройствами.

Тогда  $Q = K (P_z \cdot b + P_r \cdot l) / (a + f \cdot l)$ ,  
Осевая сила  $P_o$  стремится сдвинуть заготовку. Удерживают ее силы трения между заготовкой и зажимными устройствами. Уравнение сил с учетом коэффициента надежности закрепления  $K$  имеет вид:

$$Q \cdot f + Q \cdot f' = K \cdot P_o, \text{ откуда } Q = K P_o / (f + f'),$$

где  $f'$  - коэффициент трения между заготовкой и опорами.

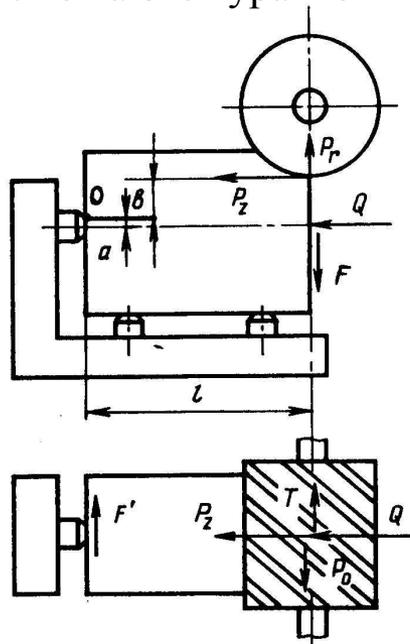


Рис. 3.5.

## Продолжение 3.2. Определение силы зажима $Q$

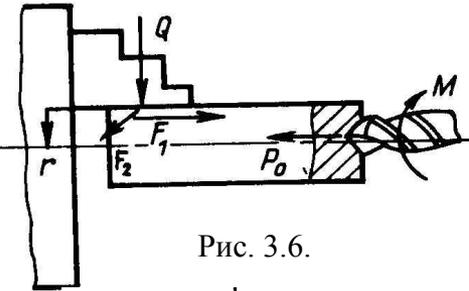


Рис. 3.6.

**Пример 2.** При сверлении отверстия в заготовке (рис. 3.6), закрепленной в трехкулачковом патроне, она может перемещаться вдоль кулачков под действием силы  $P_0$  и провертываться в кулачках под действием момента  $M$ . Пусть  $f_1$  - коэффициент трения при перемещении в кулачках, а  $f_2$  - при проворачивании. Уравнение сил:  $3F_1 = 3f_1 Q = KP_0$ , откуда  $Q = KP_0 / (3f_1)$ . А уравнение моментов:  $3F_2 r = 3f_2 r Q = KM$ , откуда  $Q = KM / (3f_2 r)$ . Из полученных двух значений усилия зажима выбирают наибольшее.

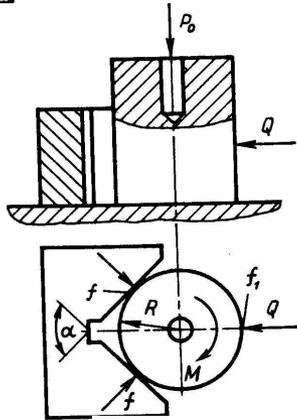


Рис. 3.7.

**Пример 3.** На заготовку в призме при сверлении (рис. 3.7) действует момент  $M$  и осевая сила  $P_0$ . Уравнение моментов:  $f_1 R Q + f R Q / \sin(\alpha/2) = KM$ , откуда  $Q = KM / [f_1 R + f R / \sin(\alpha/2)]$ . Если заготовка сдвигается под действием осевой силы  $P_0$  вдоль призмы, то  $Q = KP_0 / [f_1' + f' / \sin(\alpha/2)]$ .

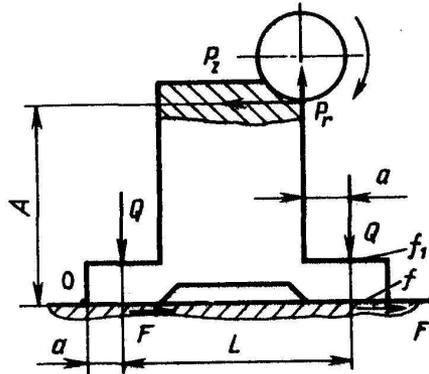


Рис. 3.8.

**Пример 4.** При фрезеровании паза (рис. 3.8) заготовка крепится двумя прихватами. Сила резания стремится сдвинуть заготовку и оторвать ее от опоры, поворачивая вокруг точки  $O$ . Сдвигу препятствуют силы трения, возникающие между опорой и заготовкой, а также между прихватами и заготовкой. Уравнение сил имеет вид:

$Qn(f+f_1) = KP_z$ , откуда  $Q = KP_z / n(f+f_1)$ , где  $n$  - число прихватов,  $f$  - коэффициент трения при сдвиге относительно опоры;  $f_1$  - прихвата. Уравнение моментов:  $Qa + Q(a+L) = K[P_z A + P_r (L-a)]$ . Окончательно имеем:  $Q = K [P_z A + P_r (L-a)] / (2a+L)$ .

### 3.3. Элементарные зажимные устройства

Для обеспечения требуемой величины усилия зажима  $Q$  конструктор приспособления выбирает тип зажимного устройства, его основные размеры и рассчитывает исходное усилие  $P_u$ , которое требуется для создания силы  $Q$  и которое определяется через передаточное отношение  $i$  для выбранного зажимного устройства:  $i = Q/P_u$ . Величина этого соотношения характеризуется конструктивными параметрами устройства. При этом передаточное отношение комбинированных устройств определяется произведением, входящих в него простых.

#### 3.3.1. Винтовые зажимы

имеют широкое распространение. Они просты, недороги, компактны, надежны в работе, создают значительную  $Q$  при небольшом моменте на приводе, имеют большой ход, обеспечивают самоторможение, позволяющий закреплять заготовки со значительными отклонениями размеров.

Непосредственный зажим осуществляется либо винтом (рис. 3.9а), либо гайкой (рис. 3.9.б).

Номинальный диаметр резьбы  $d$  определяется из условия обеспечения прочности болта или шпильки:

$$d = 1,4(Q/\sigma)^{0,5}, \quad \text{где } \sigma - \text{допустимое напряжение растяжения сжатия материала болта (шпильки).}$$

Исходное усилие  $P_u$  на рукоятке длиной  $l$  определяется с учетом угла наклона резьбы  $\alpha$ , трения в резьбовой паре  $\phi_{np}$  и трения в контакте пяты - заготовка  $M_{mp}$ :  $P_u = Qr_{cp}(tg\alpha + \phi_{np})/l + M_{mp}/l$ , где  $r_{cp}$  - сред. радиус резьбы.

Для устранения смятия заготовки торец зажимного болта оформляется в виде (рис.3.10): сферической, плоской, кольцевой (гайка) или неподвижной пяты. Момент трения для этих вариантов равен:  $M_{mp} = 0$ ;  $M_{mp} = 0,33fQD_H$ ;  $M_{mp} = 0,33fQ(D_H^3 - D_0^3)/(D_H^2 - D_0^2)$ ;  $M_{mp} = 0,33fQRctg(\beta/2)$ , соответственно.

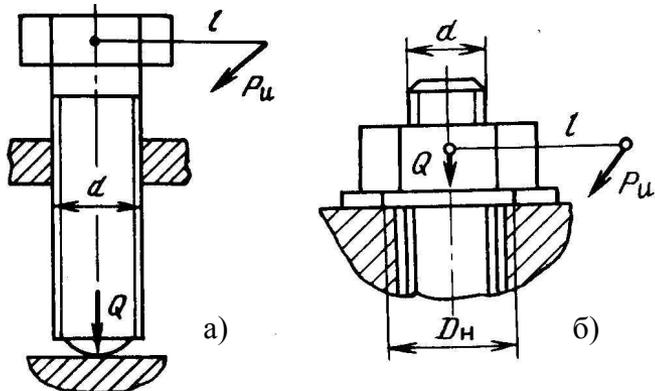


Рис. 3.9.

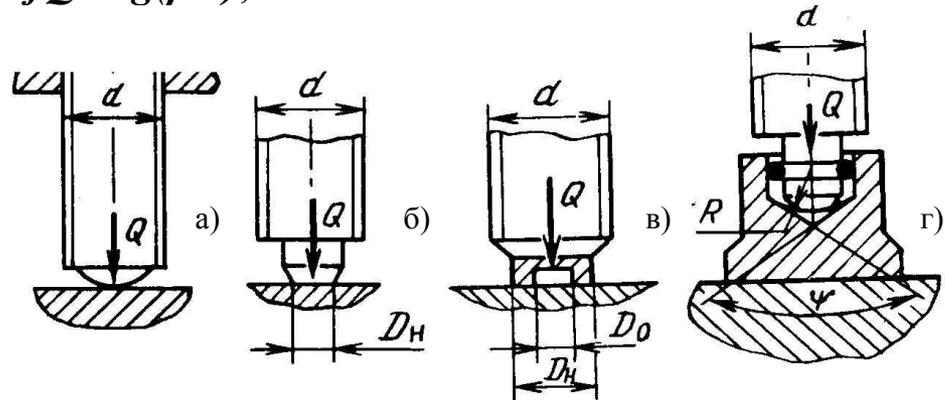


Рис. 3.10.

### 3.3.2. Клиновые зажимы

также широко используются в зажимных устройствах, но чаще в сочетании с другими звеньями механизма зажима. Передаточное отношение  $i$  зависит от угла клина  $\alpha$  и сил трения на поверхности клина:  $\phi$  - между плунжером и клином;  $\phi_1$  - между корпусом и клином. С уменьшением угла  $\alpha$  увеличивается выигрыш в силе при одновременном проигрыше в перемещениях. Исходное усилие для *однососного клина* (рис. 3.11а):

$$P_u = Q[\operatorname{tg}(\alpha + \phi) + \operatorname{tg}\phi_1].$$

Воздействие клина непосредственно на заготовку нежелательно для исключения ее повреждений, поэтому используют промежуточное звено - плунжер 2, на который воздействует клин 1 при его перемещении по корпусу 3 (рис.3.11б). Исходное усилие для *клиноплунжерного механизма*, где  $\phi_2$  - угол трения между плунжером и корпусом:

$$P_u = Q[\operatorname{tg}(\alpha + \phi) + \operatorname{tg}\phi_1] / \{1 - [3l_0 \operatorname{tg}(\alpha + \phi) \operatorname{tg}\phi_2] / a\}.$$

*Эксцентрики* (рис. 3.12) - разновидность клиновых зажимов - объединяющие в одной детали двух элементов - круглого диска радиусом  $(D/2 - e)$  и плоского однососного клина. Применяются при отсутствии толчков и вибраций в процессе обработки. Различают круговые и криволинейные эксцентрики. У круговых эксцентриков плоский клин получается с переменным углом  $\alpha$  в зависимости от угла поворота и усилие зажима для партии заготовок с разными размерами также переменное. А у криволинейных угол -  $\alpha = \text{const}$  и усилие зажима - стабильное.

Исходное усилие для эксцентрика:

$$P_u = Q e [1 + \sin(\alpha' + \phi)] / l$$

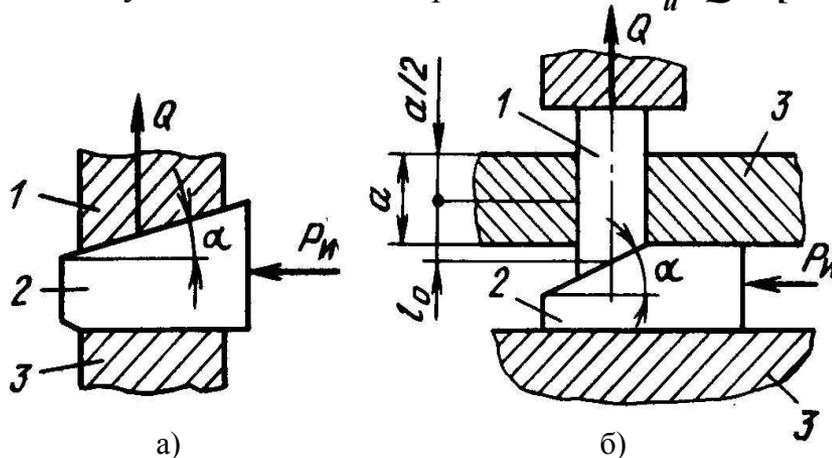


Рис.3.11.

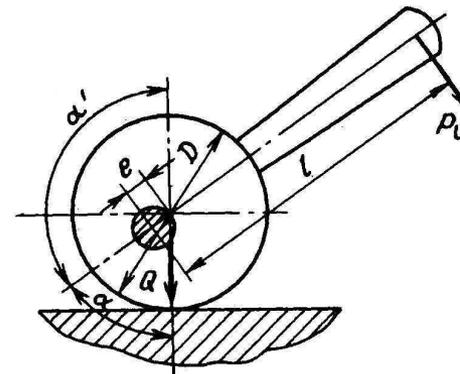


Рис. 3.12.

### 3.3.3. Рычажные механизмы

Применяются в основном в комбинированных зажимных устройствах, т.к. не обеспечивают самоторможение. Они построены на принципе неравноплечного рычага (рис. 3.13) и исходное усилие для них определяется через отношение плеч рычагов с учетом потерь на трение ( $\eta=0,85$ ) в опоре рычага:  $P_u = Ql_1 / [(l_1 + l_2) \eta]$

### 3.3.4. Механизмы с упругодеформируемыми элементами

Цанговые механизмы (рис.3.14а) - разрезные пружинящие втулки, которые могут базировать и закреплять заготовки по внешней или внутренней поверхности. Чаще всего используются для крепления пруткового материала и коротких штучных заготовок с базовой поверхностью, обработанной не грубее 9-го квалитета.. Закрепление заготовки осуществляется толкающей или тянущей силой. Точность от 0,005 до 0,100 мм.

Продольные прорези (рис.3.14б) превращают каждый лепесток цанги в консольную балку, способную упруго деформироваться в радиальном направлении при взаимодействии конуса цанги с конусом корпуса. Число лепестков цанги  $n$  зависит от ее рабочего диаметра : при  $\varnothing$  до 30мм три лепестка; до  $\varnothing$  80 мм - четыре, больше  $\varnothing$  80 - шесть. Цанги изготавливают из стали У8А или 65? С закалкой до HRC 55...62.

Величина исходного усилия определяется с учетом необходимости предварительного сжатия  $Q'$  лепестков на величину радиального зазора  $y$ :  $Q' = 3EJyn/L^3$ , где  $E$  - модуль упругости материала цанги;  $J$  - момент инерции сектора сечения лепестка цанги в заделке.

Тогда величина исходного усилия:  $P_u = (Q + 3EJyn/L^3) [tg(\alpha + \phi_1) + tg\phi_2]$ , где  $\alpha$  - половина угла конуса цанги;  $\phi_1$  - угол трения между цангой и корпусом;  $\phi_2$  - угол трения между цангой и заготовкой.

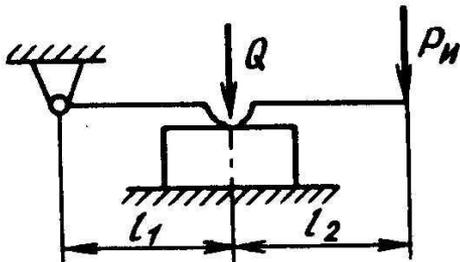


Рис. 3.13.

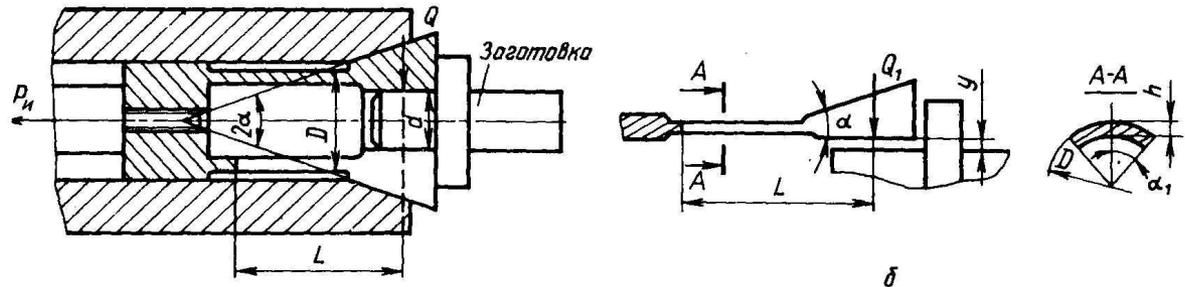


Рис. 3.14.

Механизмы с мембранами (рис.3.15) применяются для базирования и закрепления по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям заготовок типа колец, втулок, обработанных не хуже 7...8 квалитетов. Точность центрирования 3...10 мкм.

Перед установкой заготовки мембрану деформируют усилием  $P_u$ , для создания зазора (рис. 3.15б) и установки заготовки. После снятия усилия  $P_u$  мембрана закрепляет заготовку. Применяются чашечные (а) и рожковые (б) мембраны, изготовленные из стали 65Г, 30ХГС с термообработкой до HRC 40...45

Исходное усилие для рожковой мембраны :  $P_u = 4 \cdot 10^3 \pi B \phi' \sqrt{2 \ln(D/2r)}$  ,

где  $B = Eb^3/[12 \cdot 10^3(1-\mu^2)]$  - цилиндрическая жесткость мембраны единичной ширины;  $\mu = 0,3$  - коэффициент;  $\phi'$  - угол максимального разжима кулачков.

Механизмы с пластинчатыми пружинами (рис.3.16) обеспечивают значительные усилия закрепления при небольших габаритах зажимных устройств. Пружина представляет собой вогнутую шайбу в форме усеченного конуса с несквозными прорезями. При воздействии усилия  $P_u$  происходит приращение на 0,1...0,4 мм наружного (посадочного) диаметра. Базирующие поверхности обрабатываются по 6...10 квалитету. Точность - 0,1...0,03мм.

Исходное усилие для комплекта из пружин :  $P_u = 1,33 \text{tg}(\beta-2) Qn$ , где  $\beta = 10...12^\circ$  - угол прогиба пружины в свободном состоянии.

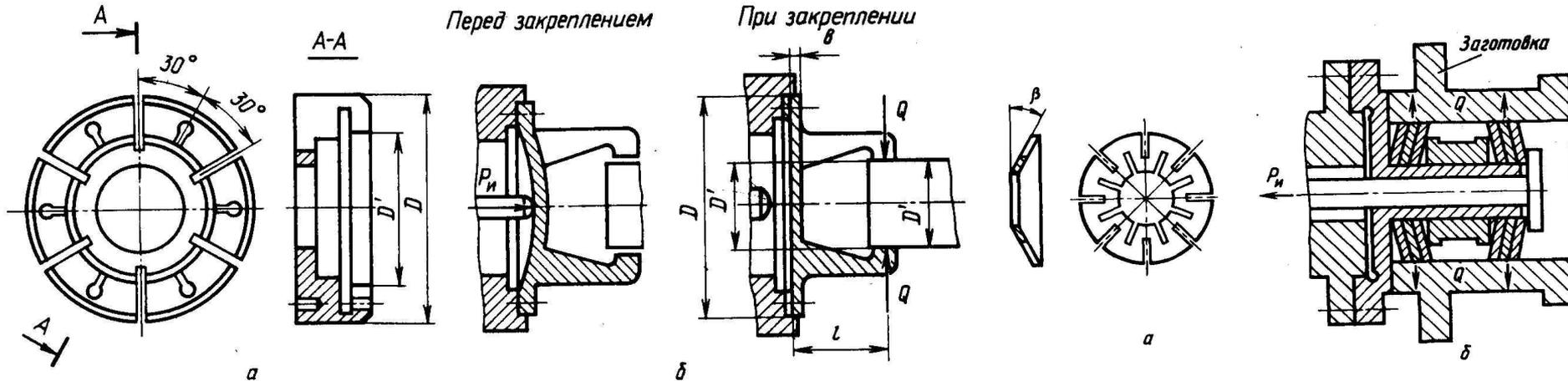


Рис. 3.15.

Рис. 3.16.

Механизмы с гидропластом (рис.3.17) применяются для базирования и закрепления как по наружному, так и по внутреннему диаметру заготовок, обработанных не хуже 7...9 квалитетов. Точность центрирования 10...30 мкм. В корпус 1 приспособления (рис. 3.17б) запрессована тонкостенная втулка 2, изготовленная из стали У7А или 30ХГС с термообработкой до HRC 35...40. Между корпусом и втулкой расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластом 3, в состав которого входят : вакуумное масло, полихлорвиниловая смола, дибутилфтолат, стеарат кальция. С помощью плунжера 4 на гидропласт создается давление, деформирующее тонкостенную часть втулки, которая центрирует и закрепляет заготовку.

Последовательность расчета гидропластовых зажимов:

1. Выбирается посадка для соединения заготовка-втулка перед закреплением . Обычно для Н7...Н9 - f7...g9.
2. Определяется длина тонкостенной части втулки:  $l = (1,0...1,3)l_3$ ,  $l_3$  - длина заготовки.
3. Определяется толщина тонкостенной части втулки по следующим зависимостям: при  $l \leq 0,5D$  -  $h = 0,01D + 0,25$  для  $D \leq 50$  мм;  $h = 0,02D$  для  $D > 50$  мм; при  $l > 0,5D$  -  $h = 0,015D + 0,5$  для  $D \leq 50$  мм;  $h = 0,025D$  для  $D > 50$  мм.
4. Рассчитывается максимальный зазор  $S_{max}$  в свободном состоянии:  $S_{max} = D_{з_{max}} - D_{в_{min}}$ .
5. Рассчитывается допустимая упругая деформация: для 30ХГС -  $\Delta D \approx 0,003D$  мм; для У7А -  $\Delta D \approx 0,002D$  мм.

6. Рассчитывается натяг:  $\delta = \Delta D - S_{max}$ .
7. Определяется гидростатическое давление:
 
$$p = 2\Delta D E h / D^2 \text{ для } l > 0,3D;$$

$$p = 1,25\Delta D E h / D l \text{ для } l < 0,3D.$$

8. Находят зажимное усилие:
 
$$Q = 5 \cdot 10^5 (2h/D)^{1,5} \delta D.$$
9. Определяется сила, удерживающая деталь от осевого перемещения:  $F = fQ$ .
10. Максимальный передаваемый крутящий момент:
 
$$M_{max} = FD/2.$$

11. Находят исходное усилие:  $P_u = \pi d_0^2 p / 4$ .
12. Полученные данные для  $M_{max}$  сравнивают с моментом  $M_{рез}$  от сил резания. Заготовка не будет проворачиваться, если  $M_{max} > K M_{рез}$

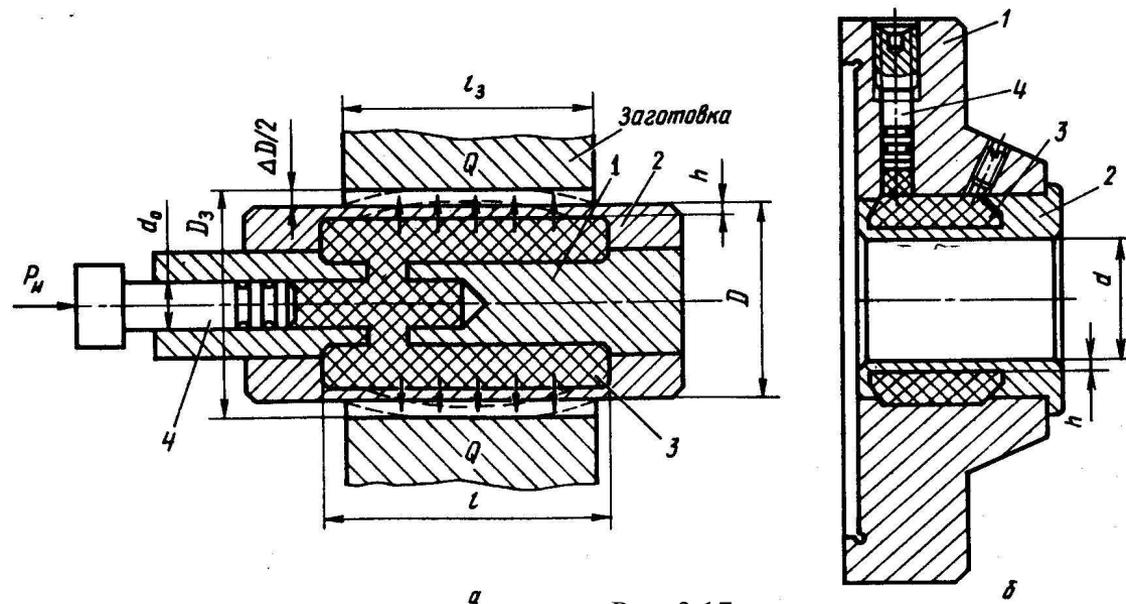


Рис. 3.17.

### 3.4. Сложные зажимные устройства

Состоят из двух или нескольких простых зажимных элементов для того, чтобы осуществить зажим в наиболее благоприятном месте и уменьшить исходное усилие (особенно для ручных зажимов). Наиболее применяемыми в ручных устройствах являются пары: винт-клин; эксцентрик-клин; винт-рычаг; эксцентрик-рычаг, т.к. в этих парах имеется самотормозящийся механизм и он стоит первым к рукоятке зажима. Механизированные зажимы не содержат ни винтовых пар, ни эксцентриков. В них используется комбинации рычагов и несамотормозящихся клиньев: клин-рычаг, рычаг-клин, рычаг-рычаги т.п. Передаточное отношение  $i$  стремятся сделать большим, но из условия обеспечения компактности устройства.

Прихваты - это зажимы, состоящие из рычага в сочетании с винтовым эксцентриковым или клиновым механизмом.

Отодвигаемый винтовой прихват (рис.3.18а), широко применяемый в приспособлениях, состоит из прижимной подпружиненной планки 1, винта 2 и опорной планки 3 с пазом. В исходном положении планка 1 с ослабленным винтом 2 находится в крайнем левом положении. После установки заготовки на опоры планка с винтом передвигается в крайнее правое положение и при вращении винта заготовка закрепляется. Паз в опорной планке 3 предохраняет прихват от поворота.

Эксцентриковый прихват (рис.3.18б) работает также как и винтовой, только крепление осуществляется не с помощью ключа, а поворотом рукоятки эксцентрика.

Боковой прихват (рис.3.19а) осуществляет зажим одновременно в горизонтальной и вертикальной плоскости за счет установки рычага на ось.

Прихват с винтовым домкратом (рис.3.19б), в котором передача усилия на заготовку осуществляется через рычаг 1 вращением рукоятки 2. Для предохранения корпуса от износа вмонтирована переходная резьбовая втулка 3, которая стопорится винтом 4.

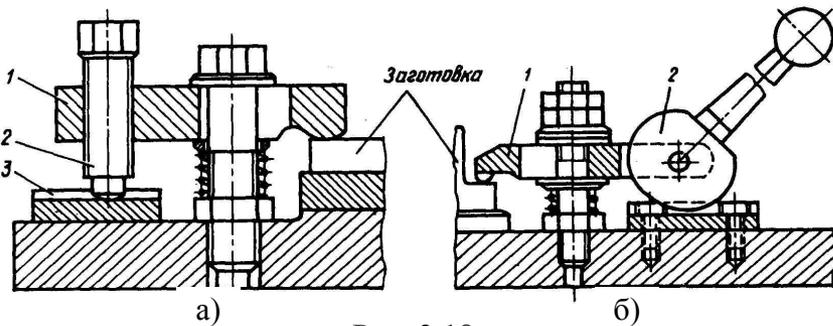


Рис. 3.18.

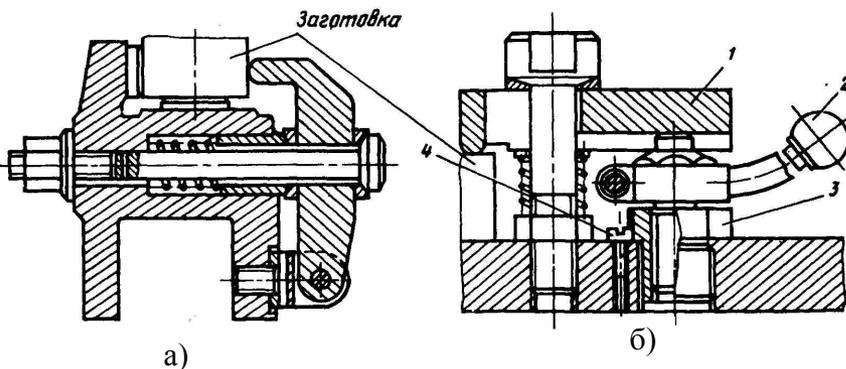


Рис. 3.19.

Многократные зажимы широко используют как для закрепления одной детали в нескольких местах, так и для закрепления нескольких деталей. Они приводятся в действие от одного силового источника и должны обеспечивать равенство зажимных сил, с учетом того, что усилие не может передаваться более чем в два места на одной прямой или в три места - на плоскости. Основными разновидностями многократных зажимов являются последовательные, параллельные и плавающие зажимы.

Последовательные зажимы (рис.3.20) осуществляют последовательное многократное зажатие. В них первый неподвижный сухарь 1 является только установочным элементом (база - полуцилиндр). Следующий сухарь является установочным для второй детали и зажимным элементом для первой и т.д. до последнего зажимного

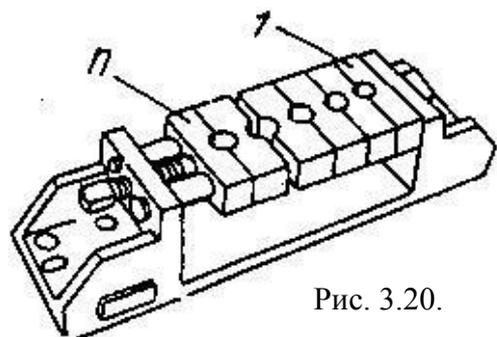


Рис. 3.20.

сухаря. Здесь подвижность мест зажатия компенсируется подвижностью опор, что резко снижает точность установки от 1-го элемента к последнему, а также резко ограничивает количество закрепляемых деталей.

Параллельные зажимы (рис.3.21) характеризуются тем, что сила зажатия распределяется в параллельных направлениях. Компенсация погрешностей взаимного расположения мест зажатия осуществляется с помощью шарнирно-рычажной системы (рис.3.21а) или использования гидропласта (рис. 3.21б). В первом случае исходное усилие распределяется на силы зажима через качалки (по два места на одной прямой). А во втором случае за счет гидропласта, который способен передавать давление по всем направлениям без изменения, исходное усилие через тягу 1, рычаг 2 и плунжеры 3 передает одинаковую силу зажима на все заготовки 4.

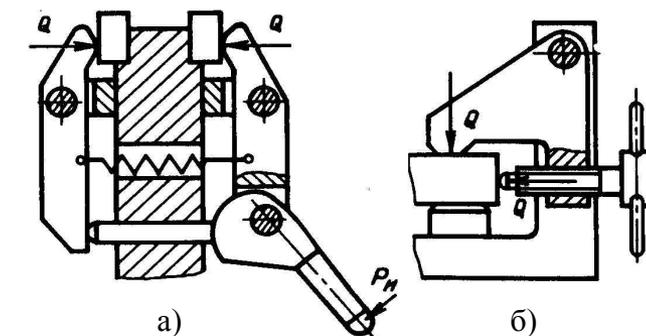


Рис. 3.22

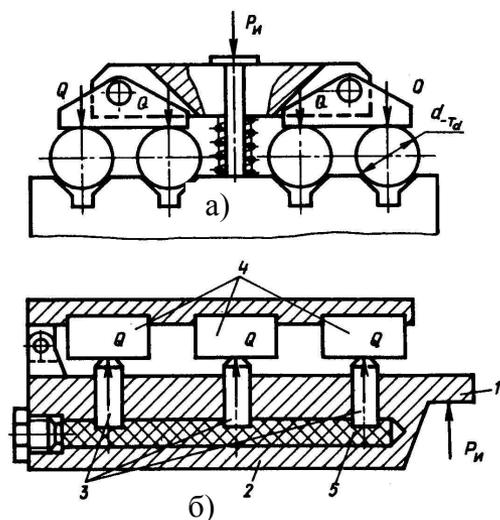
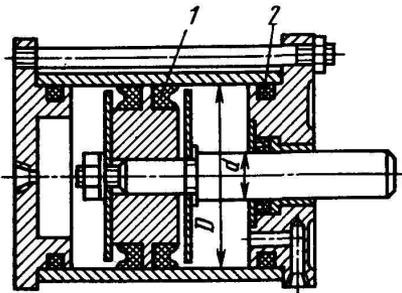


Рис. 3.21.

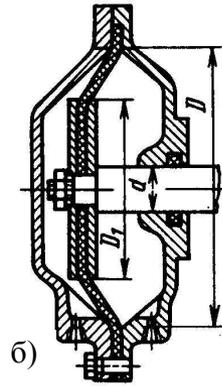
Плавающие зажимы представляют собой двукратные зажимы со встречными (рис.3.22а) или пересекающимися (рис.3.22б) линиями действия сил зажима.

### 3.5. Силовые приводы к зажимным устройствам

*Основное назначение* - создание исходного усилия  $P_{и}$ , необходимого для зажима заготовки силой  $Q$ . Силовой агрегат привода представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую, необходимую для работы зажимных механизмов. Основные преимущества: быстрота действия; стабильность силы зажима  $Q$ ; облегчение труда рабочего. По виду преобразуемой энергии различают: гидравлические, пневматические, пневмогидравлические; электрические; электромагнитные, магнитные; вакуумные; центробежно-инерционные.



а) Рис. 3.23



б)

Пневмоприводы (рис.3.23) используют давление сжатого воздуха (0,4...0,6 МПа). Преимущество: быстродействие (0,5...2 сек), простота конструкции, удобство управления, надежность и стабильность в работе. Недостатки: неплавное перемещение штока; большие габариты; шум при выходе воздуха. Различают поршневые (рис.3.23а) и диафрагменные (рис.3.23б). Ресурс первых -  $10^4$  циклов, вторых -  $6 \cdot 10^5$  циклов.

Гидроприводы (рис.3.24) используют энергию сжатой (4...20 МПа) жидкости (масла). Преимущества: значительно меньшие габариты; выше жесткость; передача усилия сразу на заготовку; проще обеспечить многократный зажим; плавность и бесшумность; рабочая жидкость-смазка. Недостатки: высокая стоимость; повышенные требования по безопасности.

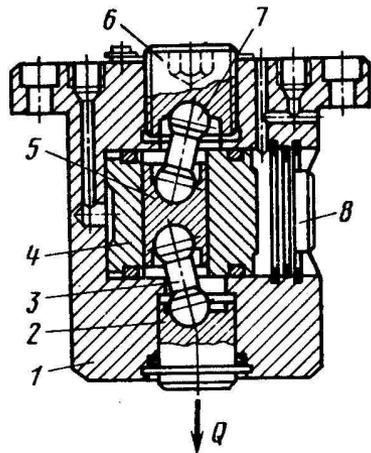


Рис. 3.24

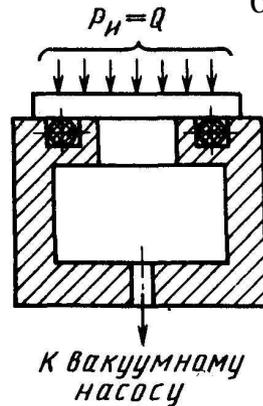


Рис. 3.25

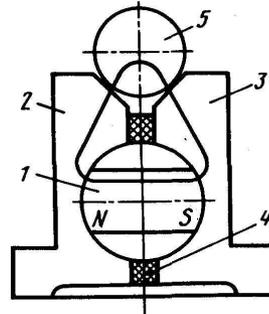


Рис. 3.26

Вакуумный привод (рис.3.25) передает атмосферное давление непосредственно заготовке. Для этого между базой заготовки и установочным элементом ставится уплотнение. (Вакуум - 0,0015...0,03 МПа)

Электромагнитные и магнитные приводы (рис.3.26) используют силу, создаваемую магнитным потоком, проходящим через закрепляемую заготовку. Магнит или электромагнит встраивается в корпус приспособления.

### Продолжение 3.5. Силовые приводы к зажимным устройствам

Пневмогидравлический привод (рис.3.27) преобразует энергию сжатого воздуха в энергию рабочей жидкости, а затем в силу зажима заготовки. Объединяет преимущества пневмо- и гидроприводов.

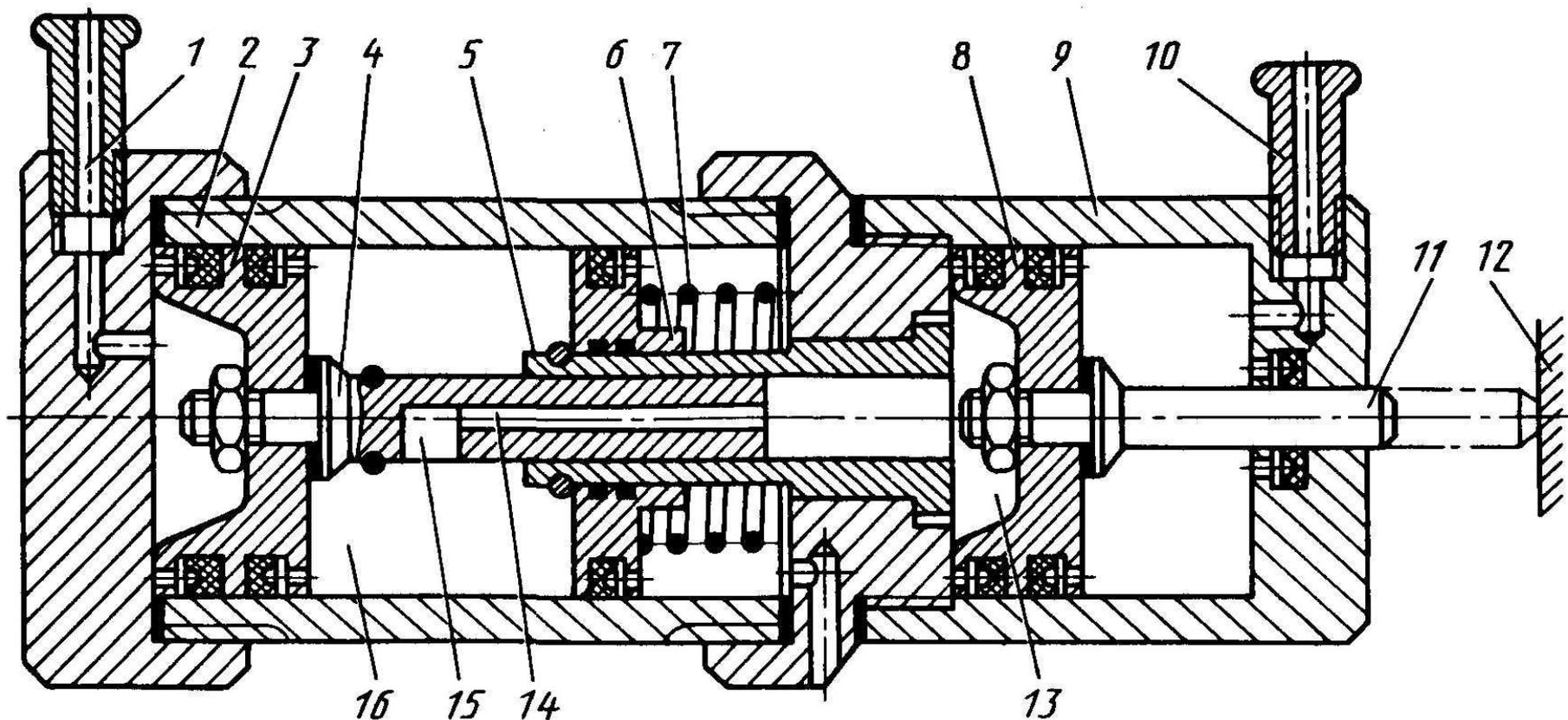


Рис.3.27. Пневмогидравлический привод. 1-штуцер; 2 - цилиндр; 3- поршень; 4- шток; 5-втулка; 6- подвижная шайба; 7-пружина; 8-поршень; 9-гидроцилиндр; 10-штуцер; 11-шток; 12-заготовка; 13- полость гидроцилиндра; 14- канал; 15-окно; 16-полость

*Задание:* Описать работу пневмогидропривода

# 4. Другие элементы приспособлений

## 4.1. Направляющие элементы

К элементам, направляющим инструмент, относят: направляющие втулки, кондукторные втулки и установочные. Направляющие втулки - элементы, исключают увод (отжим) инструмента во время работы, как это представлено на рис.4.1, где втулка 1 обеспечивает направление движения оправки с резцом при расточке отверстия на revolverном станке и существенно повышает жесткость технологической системы. Эти втулки выполняются неподвижными (рис.4.1.а) и вращающимися (рис.4.2 и 4.3). Неподвижные по конструкции проще, однако они быстро нагреваются и изнашиваются. Поэтому на больших скоростях резания всегда применяются вращающиеся втулки, выполненные на подшипниках скольжения (рис.4.2а и 4.3а) или на подшипниках качения (рис.4.2.б и 4.3.б). При этом в корпус приспособления (рис.4.2.а) запрессовывается переходная втулка 2, в которую по подвижной посадке вставлена вращающаяся втулка 2, удерживаемая от осевого перемещения шайбой с гайкой. От попадания стружки трущиеся поверхности защищены козырьком 3. В других вариантах конструкции вращающаяся втулка может устанавливаться

на подшипник скольжения со смазкой (рис.4.3.а) или на конические подшипники (рис.4.3.б), или же на игольчатые подшипники по диаметру, а по торцу на шарики (рис.4.2.б).

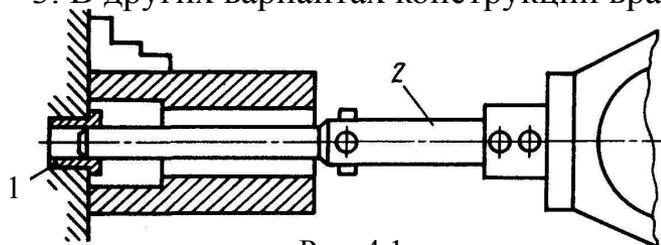


Рис. 4.1

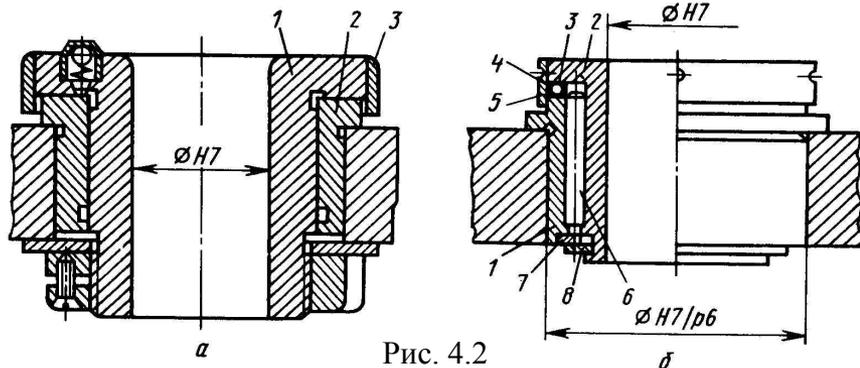


Рис. 4.2

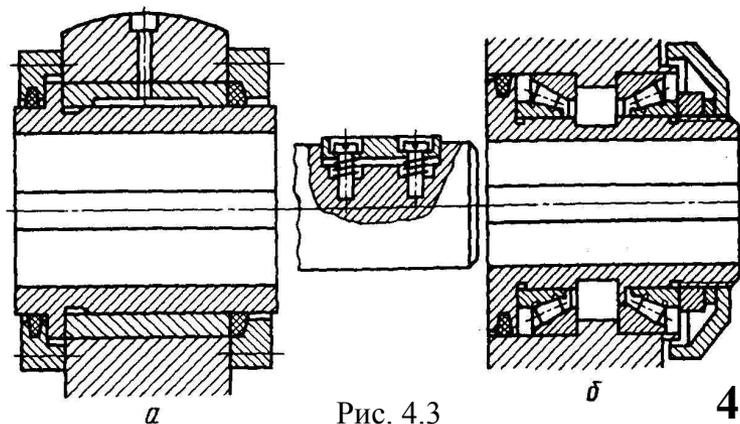


Рис. 4.3

## Продолжение 4.1. Направляющие элементы

Кондукторные втулки - исключают увод инструмента и обеспечивают требуемое положение инструмента относительно приспособления. Применяются при обработке отверстий (рис.4.4) с помощью сверл, зенкеров, разверток и др. Они обеспечивают радиальную жесткость инструмента, исключают необходимость разметки, повышают точность расположения отверстий и производительность труда. Различают три вида стандартных втулок: постоянные, сменные и быстросменные.

Постоянные втулки выполняются без бурта (рис.4.5.а) и с буртом (рис.4.5.б). Применяются при обработке только одним инструментом. В кондукторную плиты запрессовываются по посадке Н7/п6.

Сменные втулки устанавливаются в промежуточные втулки 3 (рис.4.5.в) по посадке Н7/г6 и фиксируются винтами 1. Применяются при необходимости их частой замены из-за износа (через  $10^4 \dots 1,5 \cdot 10^4$  сверлений). Промежуточные втулки запрессовываются в кондукторную плиту по посадке Н7/п6.

Быстросменные втулки устанавливаются в промежуточные втулки (рис.4.5.г) по посадке Н7/г6. Применяются при последовательной обработке одного отверстия несколькими инструментами. При этом для каждого инструмента предусматривается своя кондукторная втулка с одинаковым наружным

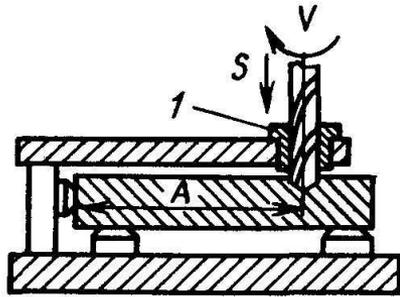


Рис. 4.4

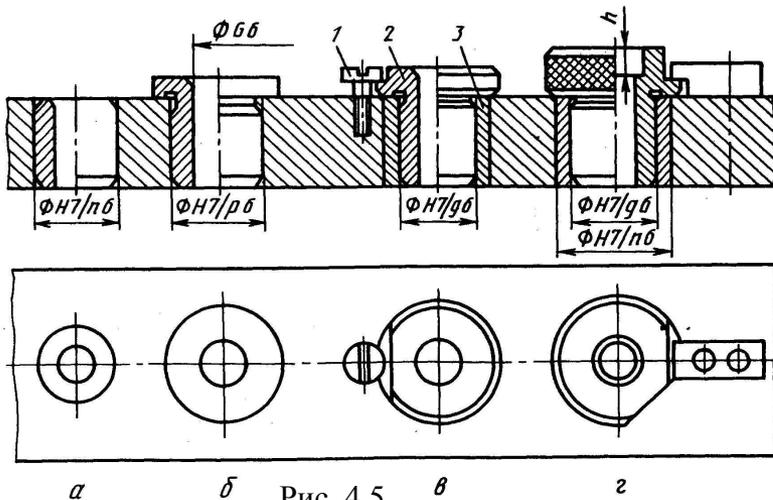


Рис. 4.5

диаметром и внутренним диаметром соответствующего инструмента. Буртик у втулок делается высоким и с накаткой для удобства их замены. На буртике имеется срез и боковой уступ для фиксации втулки по высоте. Во все кондукторные втулки инструмент направляется по подвижной посадке с гарантированным зазором (посадка F7) Высота направляющего отверстия во втулке составляет  $1,5 \dots 2$  диаметра инструмента, для этого в быстросменной втулке предусмотрена выточка глубиной  $h$ . Расстояние от нижнего торца втулки до поверхности заготовки выбирают от  $0,3 \dots 1,0$  диаметра отверстия.

## Продолжение 4.1. Направляющие элементы

Специальные втулки имеют конструкцию, соответствующую особенностям заготовки и операции (рис.4.6.). Однако общие соображения о выборе посадки, высоте, расстоянии до заготовки остаются такими же. На рис.4.6.а показана специальная втулка удлиненной формы для сверления заготовки с уступом, а на рис.4.6.б - втулка для сверления на криволинейной поверхности заготовки. Если для сверления отверстий близко расположенных друг к другу, невозможно разместить две втулки, то применяют втулку с двумя (и более) отверстиями (рис.4.6.в), фиксируя ее положение штифтом.

Вращающиеся кондукторные втулки применяются для направления разверток (рис.4.7.а) и для фиксации осевого (глубины) перемещения инструмента (рис.4.7.б). В последнем случае кондукторная втулка называется упорной, а в ее корпусе устанавливают упорный подшипник.

Установы и шаблоны применяются для ускорения наладки инструмента на настроечный размер. Причем

шаблоны чаще используют для токарных станков. Они могут быть съемными или откидными, шарнирно закрепленными, когда после закрепления резцов их откидывают в нерабочее положение. Установы для настройки на размер фрез (рис.4.8) размещают так, чтобы они не мешали при установке и обработке заготовки, но в тоже время имелся сводный доступ к ним. В процессе наладки станка между установом и фрезой помещают щуп (толщиной 1...3 мм), который должен плотно без защемления входить в зазор. Высотный и угловой установы со схемами настройки на размер показаны на рис.4.8.

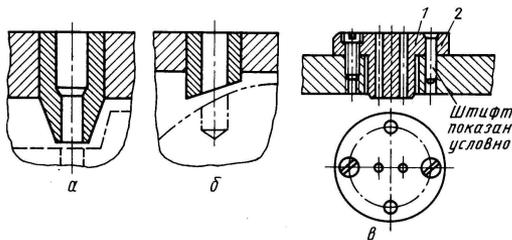


Рис. 4.6

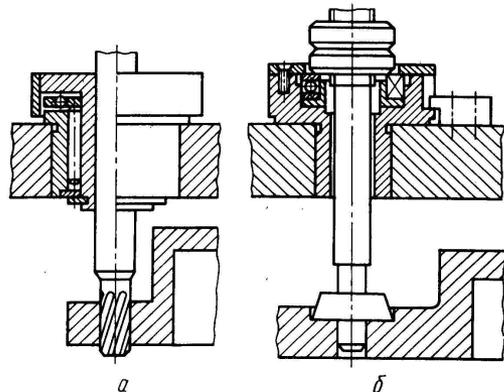


Рис. 4.7

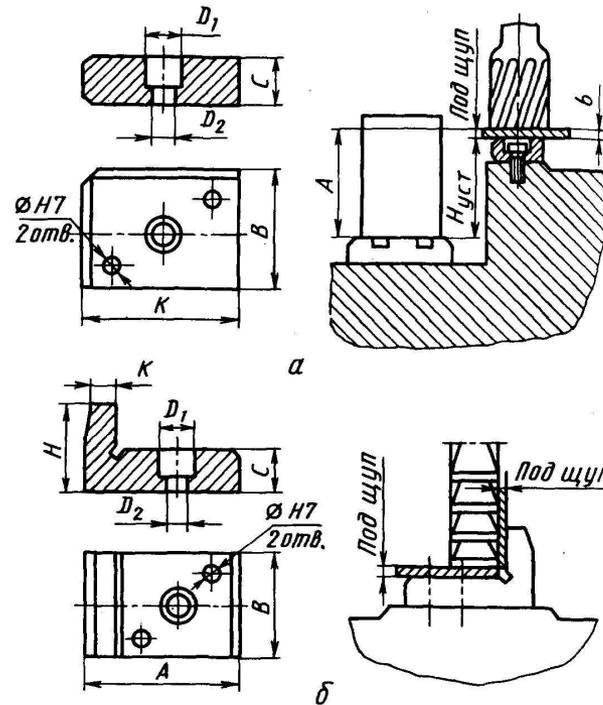


Рис. 4.8

## 4.2. Делительные устройства

применяются для изменения позиции в приспособлении, поворачивая заготовку на заданный угол или перемещая ее на заданное расстояние относительно корпуса. Чаще - первое, поэтому такие приспособления называют поворотными. Используют их на сверлильных и фрезерных станках.

Основные элементы - делительная плита с гнездами (на поворотной части) и фиксатор, размещаемый в корпусе приспособления. По форме гнезд делительные плиты разделяют на две группы: с отверстиями и с пазами В диски 1 с отверстиями (рис.4.9.а) запрессовываются износостойкие втулки 2 с цилиндрическими или коническими (более точными) отверстиями. Делительные диски с асимметричными (тип I) пазами (рис.4.9.б) более эффективны и точны, чем с симметричными (тип II), также как и по сравнению с отверстиями.

Погрешность шага для цилиндрического фиксатора (рис.4.9.в)  $\Delta S = S_1/2 + S_2/2 + e$ , где  $T_1 \leq 0,02\text{мм}$  - отклонение межосевого отклонения соседних втулок;  $e$  - эксцентриситет втулок. Для конических и призматических фиксаторов  $S_1 = 0$ .

Конструкция вытяжного цилиндрического фиксатора (рис.4.10.а) за счет наличия пружины позволяет легко фиксировать диск при его повороте. Реечный фиксатор (рис.4.10.б) требует более четкой фиксации позиции, но точность его выше за счет конусности и упругой втулки 1 с гидропластмассой, которая при повороте винта 3 плунжером 2 повышает жесткость фиксации делительной плиты.

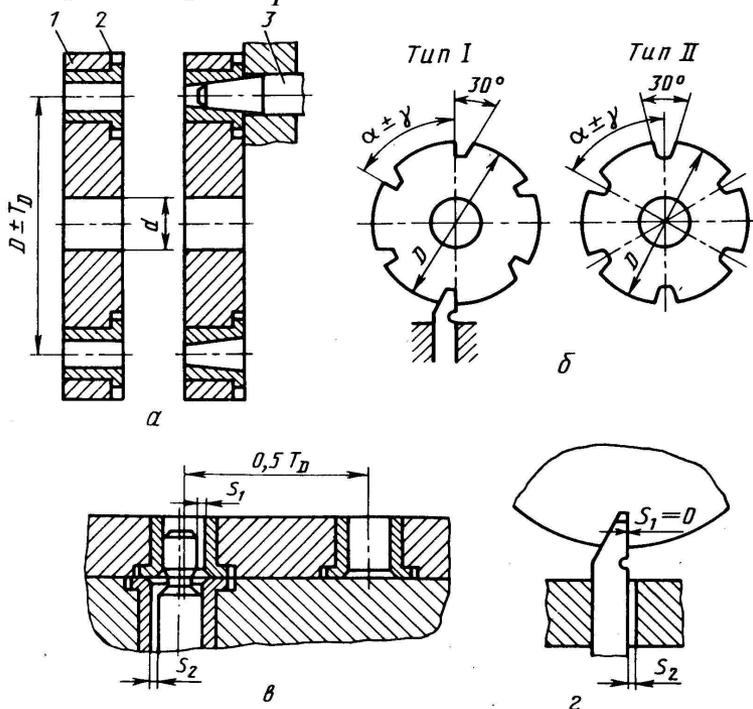


Рис. 4.9

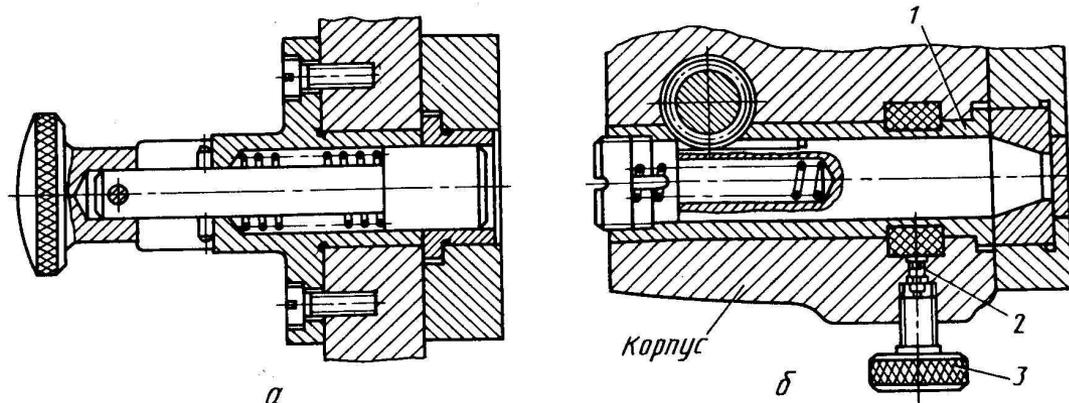


Рис. 4.10

### 4.3. Корпуса приспособлений

Корпус - это часть приспособления, на которой размещены все другие элементы, образуя единую конструкцию. Он воспринимает все силы, действующие на деталь при закреплении и обработке, поэтому он должен удовлетворять следующим требованиям: 1.) достаточная прочность, жесткость и виброустойчивость; 2.) отсутствие износа и изменения геометрических размеров при эксплуатации; 3.) минимальная трудоемкость изготовления и стоимость; 4.) удобство установки и снятия детали, удаление стружки; 5.) удобство установки и закрепления на станке; 6.) наличие установочных поверхностей для ориентации и соединения со станком; 7.) устойчивость приспособления на станке (если оно не крепится); 8.) минимальный вес для приспособлений, перемещаемых в ручную или устанавливаемых на шпиндель станка; 9.) отсутствие острых кромок и заусенцев, наличие антикоррозионных покрытий или краски.

Корпусы сложной формы *изготавливают* литьем (рис.4.11.а) по индивидуальным моделям из чугуна СЧ15-32, повышенной прочности - из стали 35Л или 45Л, облегченные - из сплава АЛ-4, АЛ-9. Корпусы средней и даже сложной формы получают из сварных заготовок с ребрами жесткости (рис.4.11.б), а менее сложных форм, но повышенной прочности и твердости получают ковкой. Корпусы простых форм делают сборными (рис.4.11.в) из отдельных частей, изготовленных из сортового проката и соединенных с помощью винтов и штифтов.

Ориентацию приспособления на станке производят с помощью призматических шпонок как на рис.4.12.

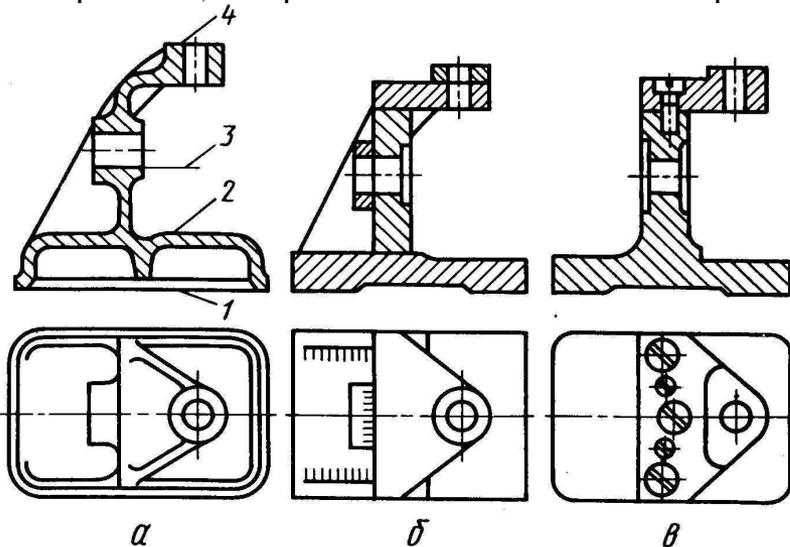


Рис. 4.11

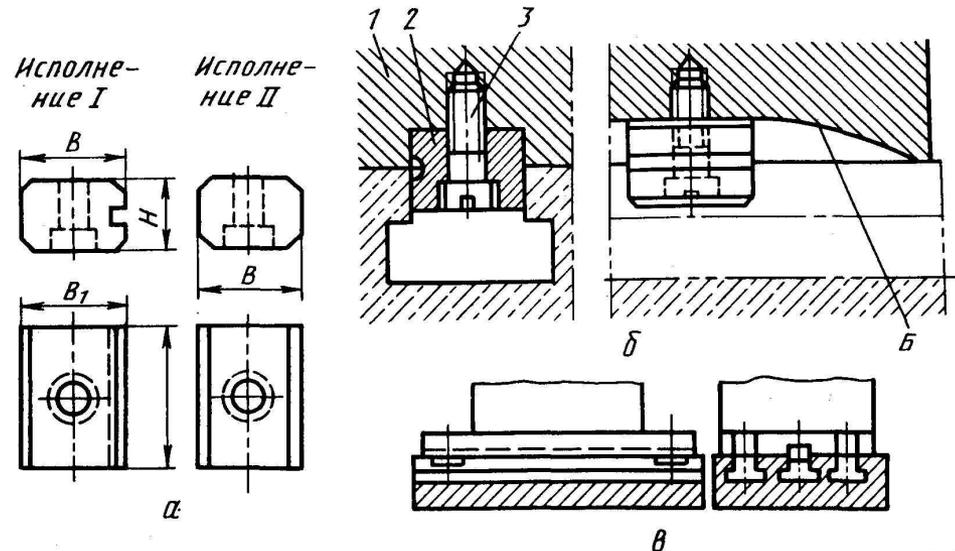


Рис. 4.12

# 5. Методика проектирования приспособлений

## 5.1. Особенности проектирования специальных приспособлений

закljučаются в том, что они проектируются только для выполнения одной операции ТП, и что их проектирует то предприятие, которому они необходимы. Поэтому:

1. Точность и производительность конструкции приспособления должна обеспечиваться при конкретных производственных условиях (точности операции, программы выпуска изделий).
2. Жесткий лимит времени на проектирование приводит к уменьшению объема расчетных работ на прочность, жесткость, износ и экономичность, чем при разработке серийных конструкций.
3. При изготовлении специальных приспособлений широко применяются различные методы пригонки деталей и узлов (совместная обработка деталей, обработка после сборки т.п.).

Для учета перечисленных особенностей проектировщик обязан: четко представлять технологические возможности инструментального цеха, где будет изготавливаться приспособление; ознакомиться с конструкцией и техническими данными оборудования, для которого оно проектируется; выявить на складе наличие нормализованных заготовок, деталей и узлов.

Исходные данные для проектирования приспособления готовит технолог, который разрабатывает ТП. Обычно все исходные данные сведены в задание (заказ) на проектирование. К этим данным относятся:

- рабочие чертежи детали и исходной заготовки, содержащие сведения о форме, размерах и допусках на деталь, припусках и о шероховатости поверхностей;
- операционную карту с эскизом обрабатываемой заготовки в данной операции со схемами базирования и закрепления;
- операционные карты предшествующих операций, по которым обрабатывались базовые поверхности и поверхности, используемые при закреплении в данной операции;
- годовая программа выпуска деталей;
- ГОСТы и нормали на детали и узлы приспособлений, альбомы нормализованных конструкций, паспорта или технические данные на станок, руководящие материалы и справочники для технико-экономических расчетов.

Конструкция приспособления разрабатывается в два основных этапа, тесно связанных друг с другом:

- проектирование приспособления;
- конструирование приспособления.

## 5.2. Последовательность проектирования

Разработка приспособления, как и любого другого изделия - творческий процесс. Для него характерны трудоемкость, многовариантность возможных решений и определенная последовательность выполнения каждого этапа.

1. *Получение и анализ исходных данных.* Определяются условия эксплуатации приспособления и предъявляемые к нему требования.
2. *Определение погрешности базирования.* Для заданной схемы базирования, точности и шероховатости базовых поверхностей выбирается тип установочных элементов, определяются их размеры, количество, взаимное расположение и рассчитывается погрешность базирования.
3. *Выбор схемы приспособления.* По заданной программе выпуска деталей определяется количество позиций в приспособлении и количество одновременно обрабатываемых деталей.
4. *Определение погрешности закрепления.* По заданным режимам резания и выбранной схеме установки составляется схема действия сил на деталь, выбираются точки приложения и направление сил зажима, рассчитывается их величина и погрешность закрепления.
5. *Расчет исходной силы привода.* По силе зажима и числу мест ее приложения выбирается тип зажимного механизма и рассчитываются его конструктивные размеры и исходное усилие  $P_{\text{и}}$  привода.
6. *Выбор силового привода.* По исходному усилию  $P_{\text{и}}$  и регламентированному времени на закрепление и открепление детали выбирается силовой привод, рассчитываются и выбираются по стандартам его размеры.
7. *Выбор направляющих элементов.* Устанавливается тип и размеры элементов для определения положения и направления инструментов.
8. *Проектирование вспомогательных элементов.* Выявляют необходимость вспомогательных элементов, определяют их конструкцию, расположение, максимально используя имеющиеся ГОСТы и стандарты.
9. *Разработка общего вида приспособления.* Определяют общий вид корпуса приспособления, точность его исполнительных размеров.
10. *Расчеты на прочность и износостойкость* нагруженных и движущихся элементов приспособлений.
11. *Технико-экономические расчеты.* Рассчитывается экономическая целесообразность использования разработанной конструкции приспособления.

## 5.3. Последовательность конструирования

Общий вид приспособления (рис.4.13) разрабатывают методом последовательного вычерчивания его элементов в следующем порядке:

1. *Выполняют чертеж обрабатываемой детали.* В трех проекциях на значительном расстоянии друг от друга (чтобы поместились все элементы приспособления) в тонких линиях. Штриховой линией - поверхности обрабатываемые в данной операции.
2. *Наносят на чертеж направляющие элементы.* Кондукторные втулки вычерчивают на требуемом расстоянии от детали и сразу определяют необходимую толщину корпуса или кондукторной плиты в месте установок втулок.
3. *Вычерчивают установочные элементы, соприкасающиеся с базовыми поверхностями детали.*

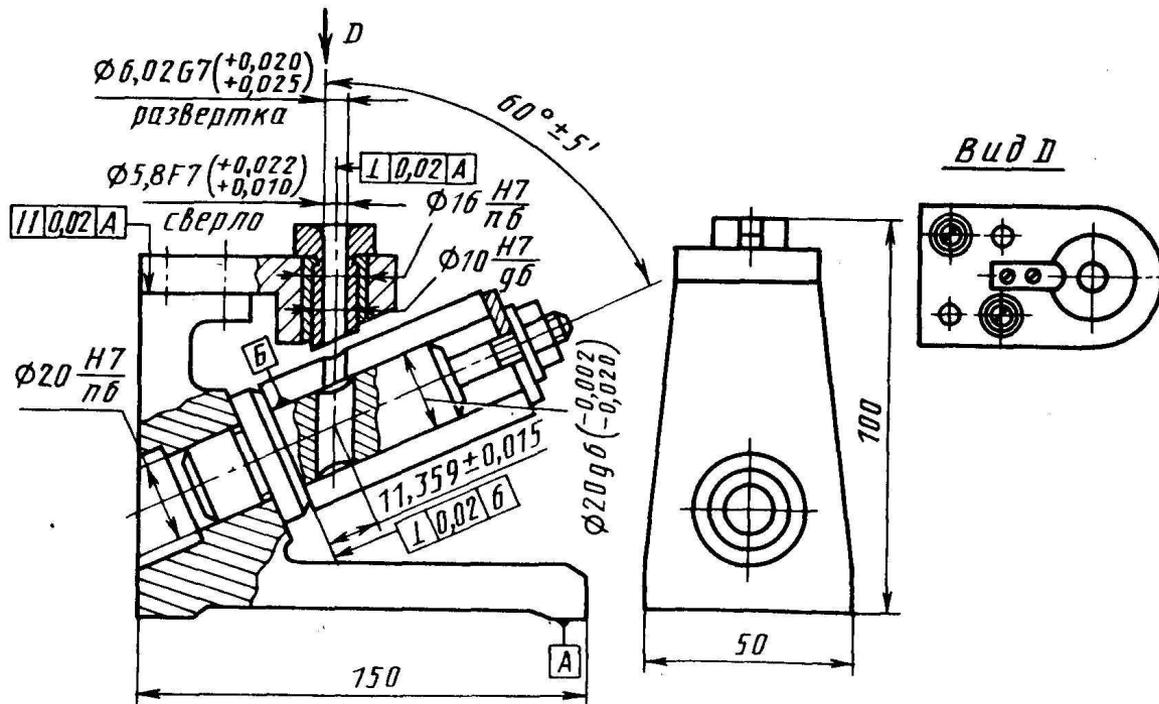


Рис. 4.13

4. *Вычерчивают зажимные элементы, механизмы и приводы.*
5. *Наносят вспомогательные детали и устройства.*
6. *Конструктивно оформляют корпус приспособления с учетом удобного размещения элементов.*
7. *Оформляют чертеж приспособления.* Проставляют размеры и допуски, составляют спецификацию деталей с указанием материала, термообработки, ГОСТов и нормалей. Указывают технические требования к сборке приспособления.