

Проектирование технологической оснастки в вертолетостроении

Преподаватель:

доцент каф. ПЛА

Наумов Александр Викторович

Лекция 1.

Технологическая оснастка.

Классификация

Летательный аппарат как объект производства

Большая номенклатура и много детальность планера

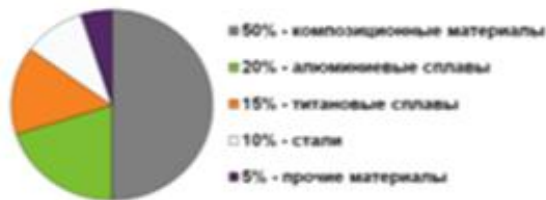


Схема устройства вертолета Ми-8МТВ-5

Летательный аппарат как объект производства

Большая номенклатура используемых материалов

Проект БОИНГ 787 DREAMLINER



Проекты SSJ 1XX и IRCUT MS 21

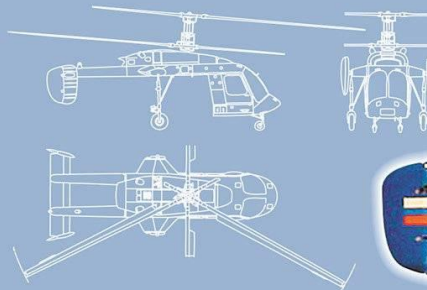


Летательный аппарат как объект производства

Широкое кооперирование производства

КА-266, ЕДИНСТВЕННЫЙ В МИРЕ ЛЕГКИЙ ВЕРТОЛЕТ МОДУЛЬНОГО ТИПА

ЭКИПАЖ	1-2
МАКС. ВЗЛЕТНАЯ	3400 КГ
КРЕЙСЕРСКАЯ СКОРОСТЬ	195 КМ/Ч
МАКС. СКОРОСТЬ	210 КМ/Ч
ДАЛЬНОСТЬ ПОЛЕТА	600 КМ
ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОТОЛОК	2600 М
СКОРОПОДЪЕМНОСТЬ	636 М/МИН



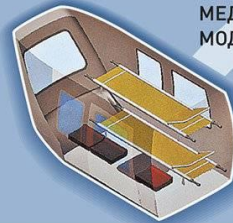
VIP-МОДУЛЬ

Оборудован четырьмя или пятью аварийстойкими креслами и одним-двумя столиками. По желанию заказчика в модуле могут установить телефон, комплект спецсвязи, кондиционер, бытовые приборы.



ПАССАЖИРСКИЙ МОДУЛЬ

Больше всего подходит к воздушному такси. Кабина вмещает до 7 человек. Такой модуль легко превратить в транспортный отсек, куда уместится 620 килограммов груза. Его вертолет может перебросить на расстояние 600 км.



МЕДИЦИНСКИЙ МОДУЛЬ

По комплектации мало отличается от обычной «скорой помощи». Зато его можно быстро переоборудовать в кабину для доставки врачей или транспортный отсек для перевозки медицинского оборудования.

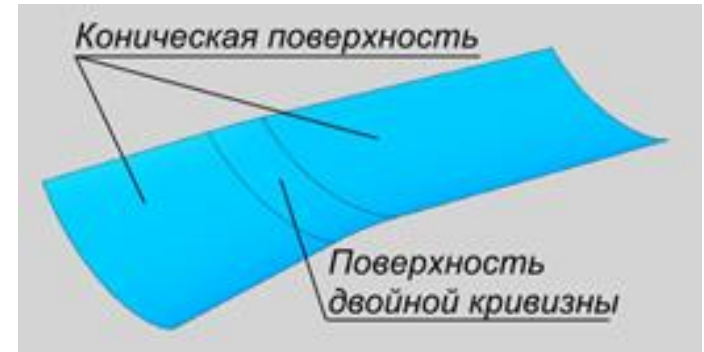


ТРАНСПОРТНО-СПАСАТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ

Рассчитан на экстренную эвакуацию 2-3 человек. Кроме того, в этом модуле предусмотрено размещение комплекта специальных инструментов и средств спасения людей на воде.

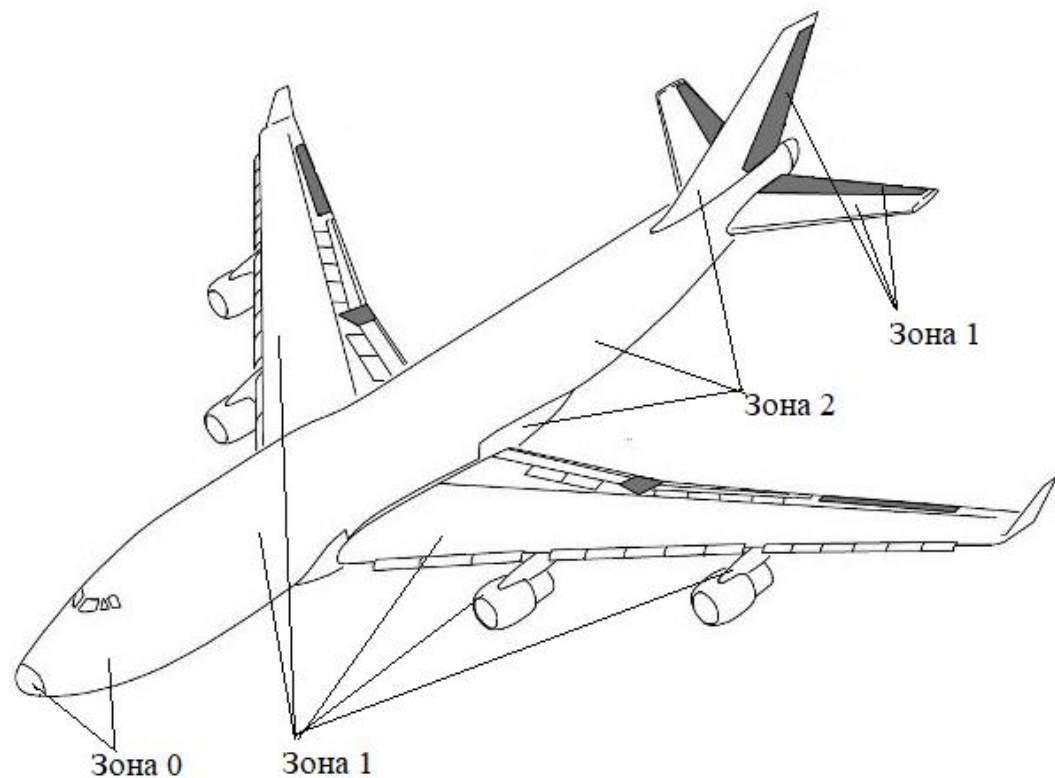
Летательный аппарат как объект производства

Сложность пространственных форм

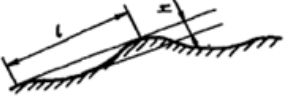
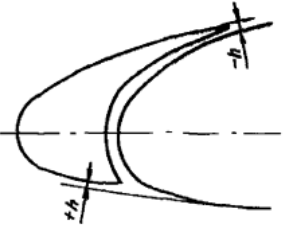

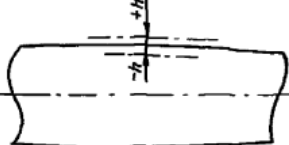


Летательный аппарат как объект производства

Высокие требования к качеству ЛА в целом и его отдельным элементам

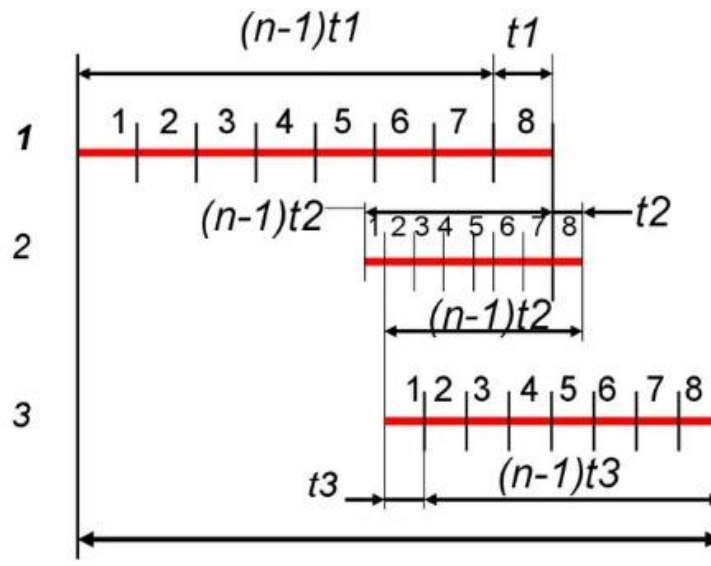


Зоны допусков для фюзеляжа самолета

		Зона 1	Зона 2	Зона 3
Волнистость		0,001	0,002	0,003
Уступ между задней кромкой предкрылка и носком крыла, мм		+0,1 -0,2		+1,0 -1,0
Отклонение от теоретического контура, мм				
агрегатов крыла оперения			±1,0	
фюзеляжа мотогондолы			±2,0	

Специфика производства летательного аппарата

- Большая трудоемкость монтажно-сборочных и регулировочно-испытательных работ с большим объемом ручного труда
- Частая смена объектов производства
- Большой объем работ по подготовке производства



Классификация приспособлений

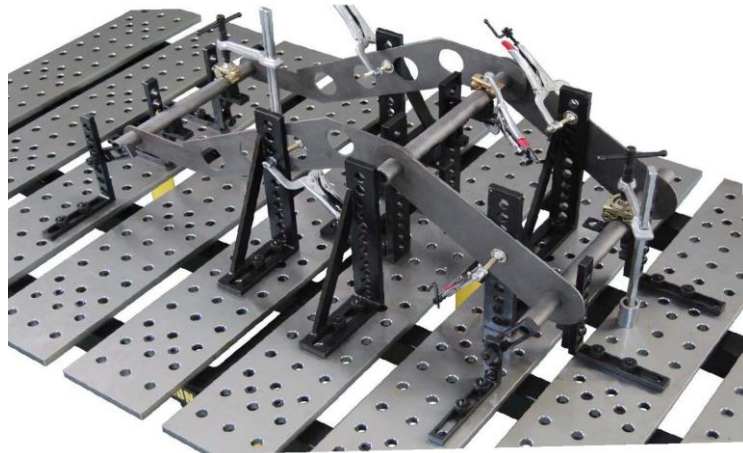


Примеры станочных приспособлений



Примеры инструментальной оснастки

Классификация приспособлений



Пример сборочного приспособления



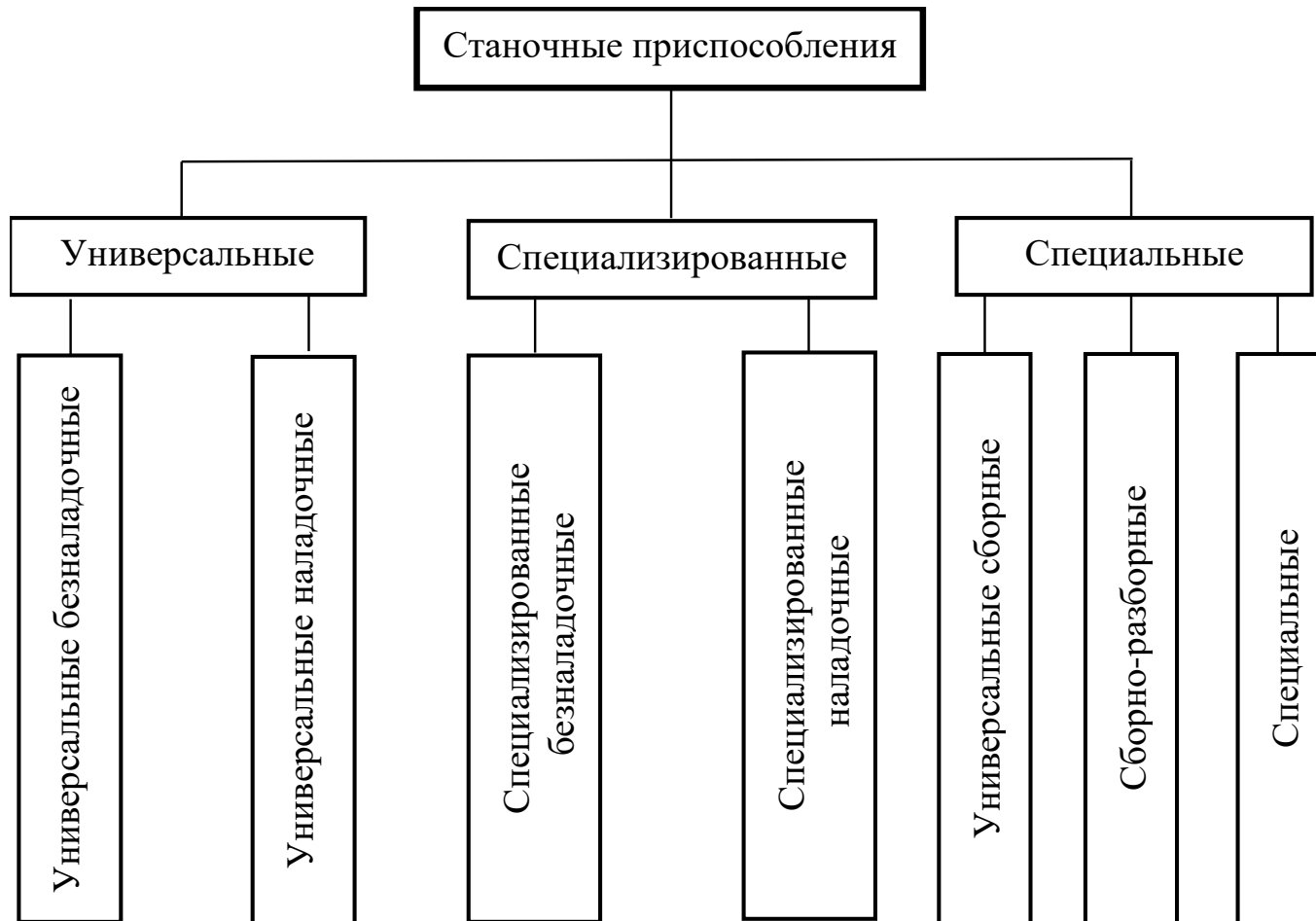
Примеры контрольно-измерительного приспособления



Пример приспособления для захвата

Классификация приспособлений

По степени специализации

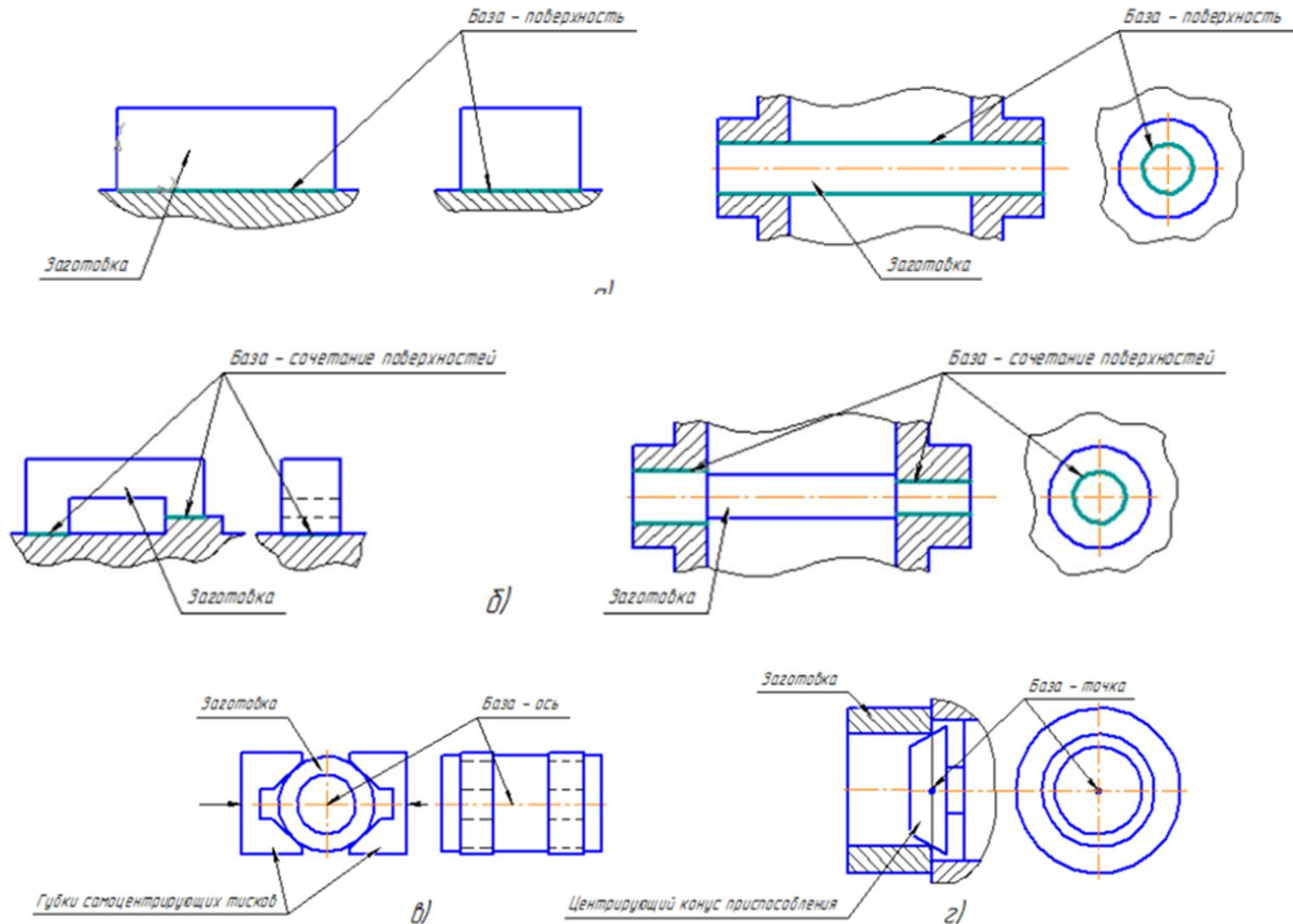


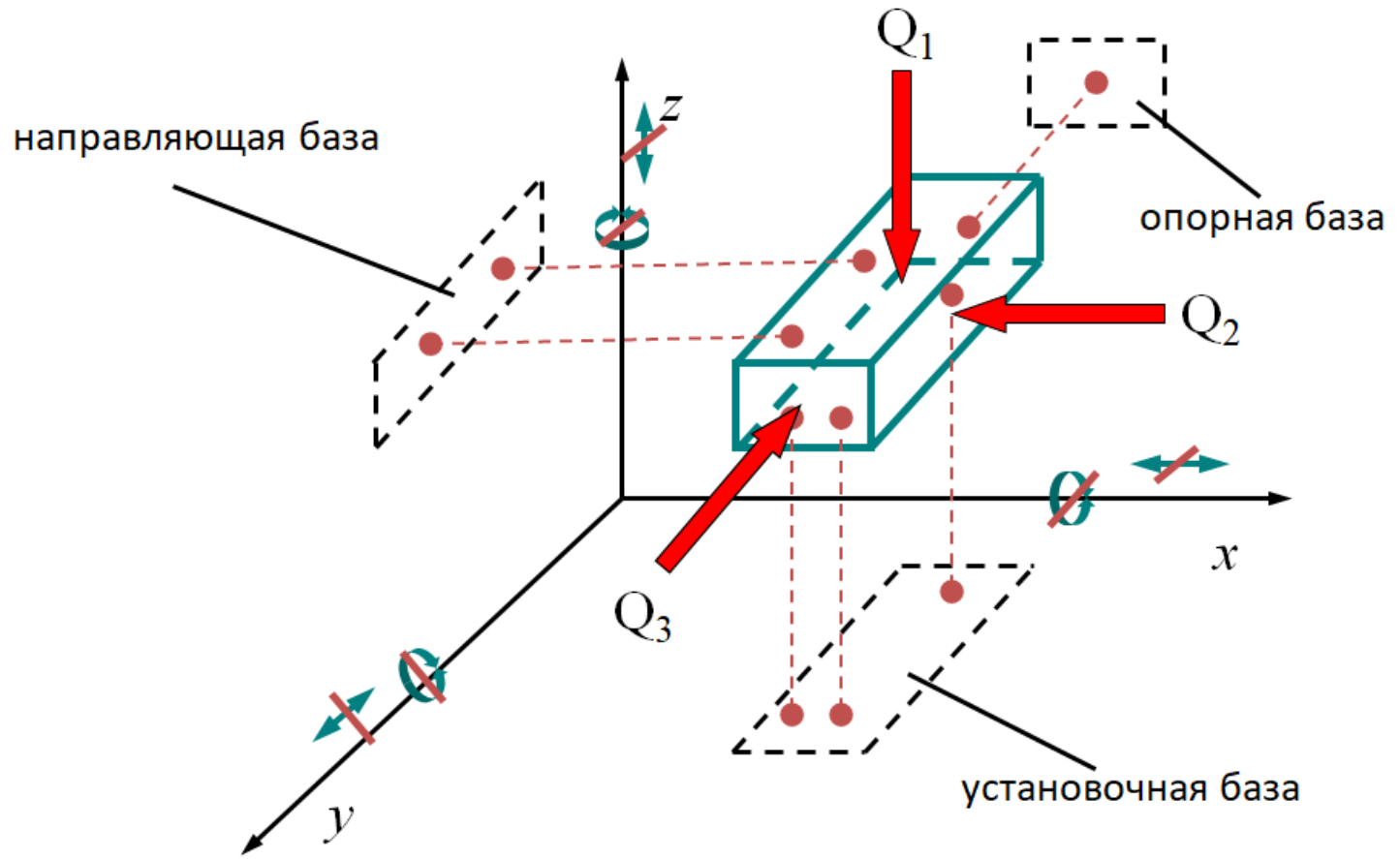
Лекция 2

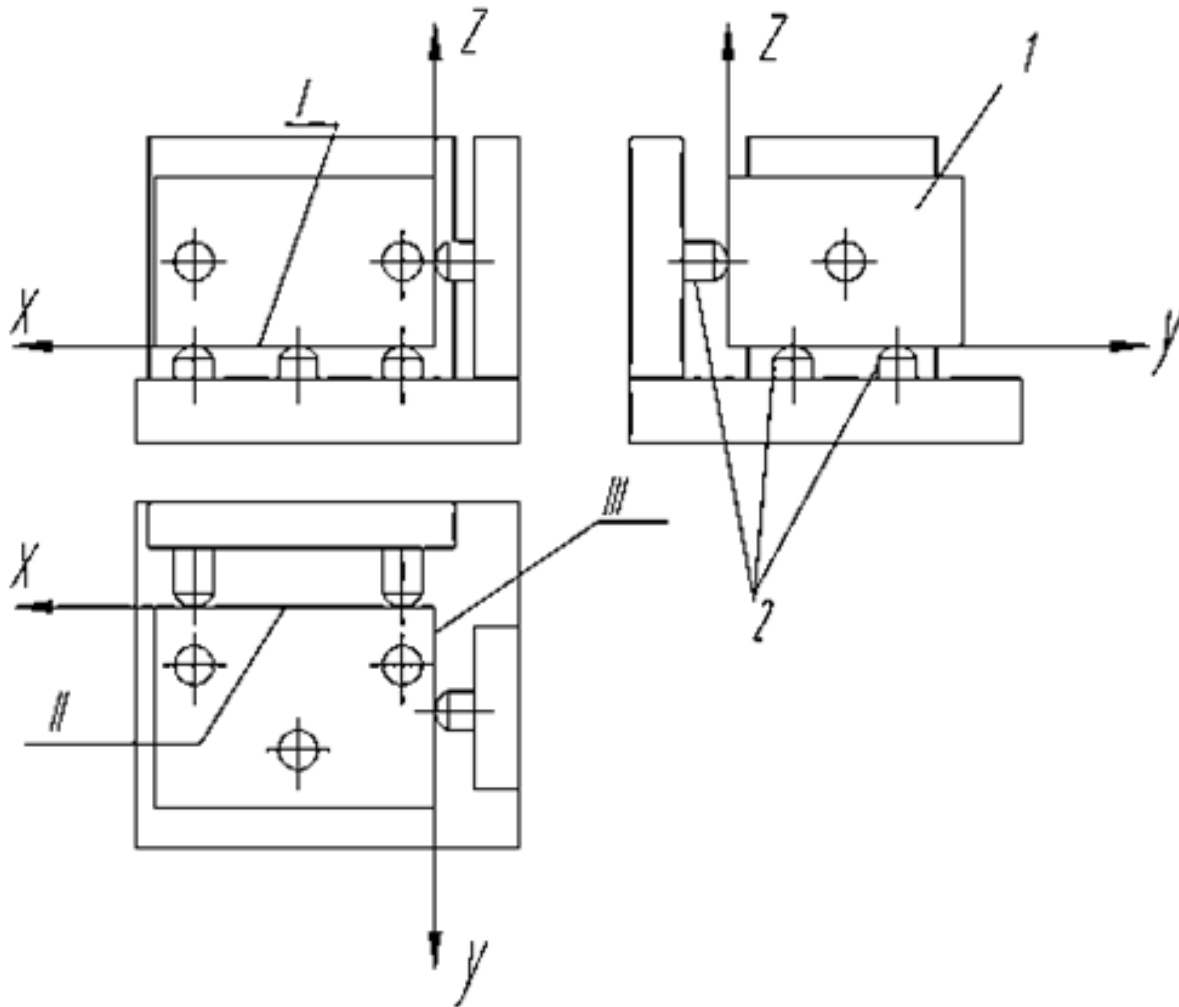
Лекция 3

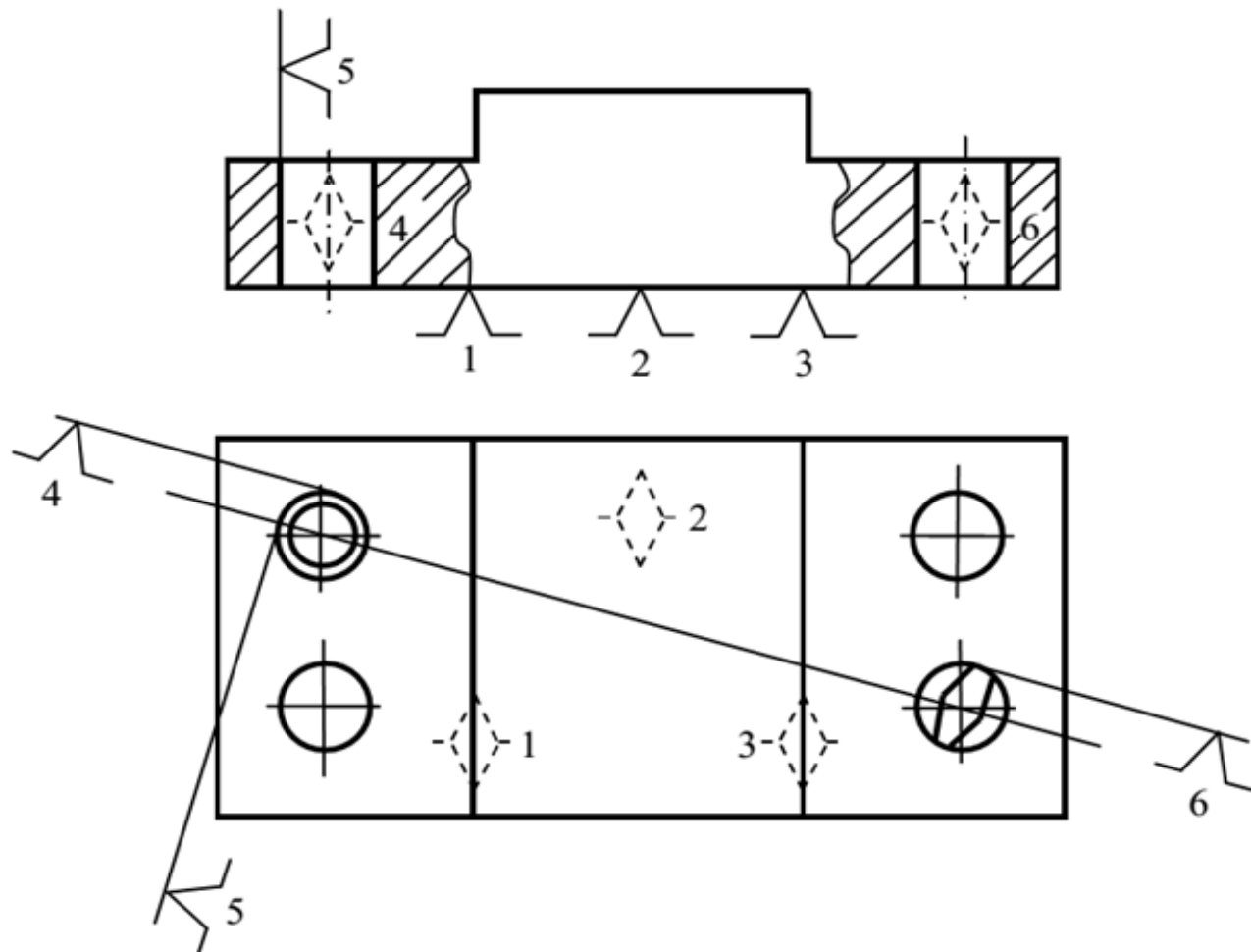
Базы и базирование заготовок

Базирование и базы









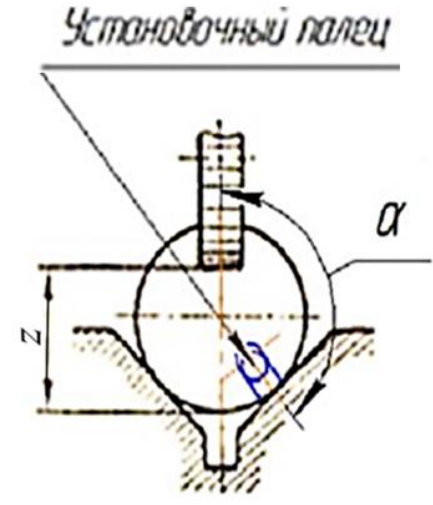
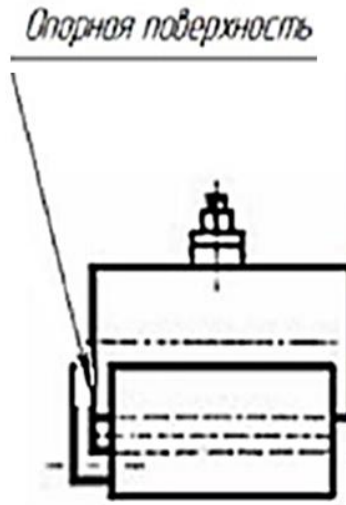
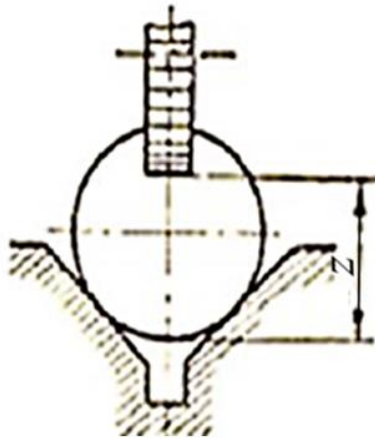
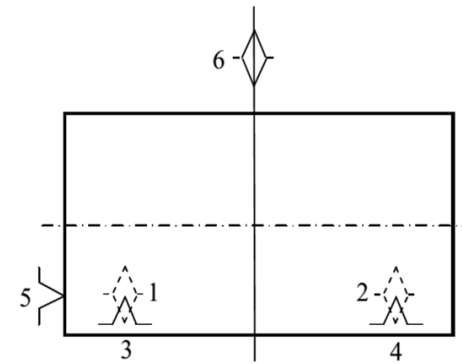
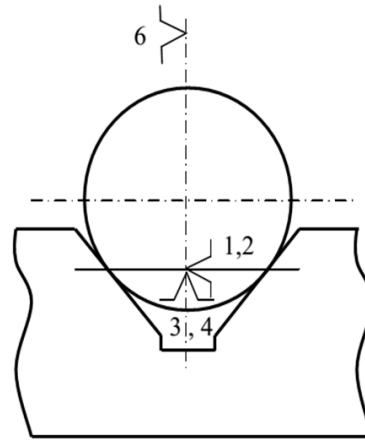
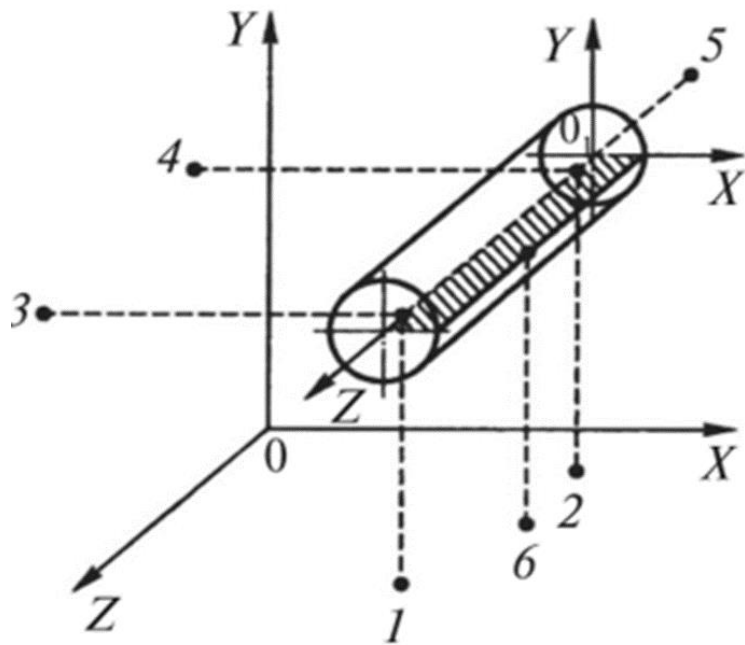


Схема базирования на эскизе заготовки

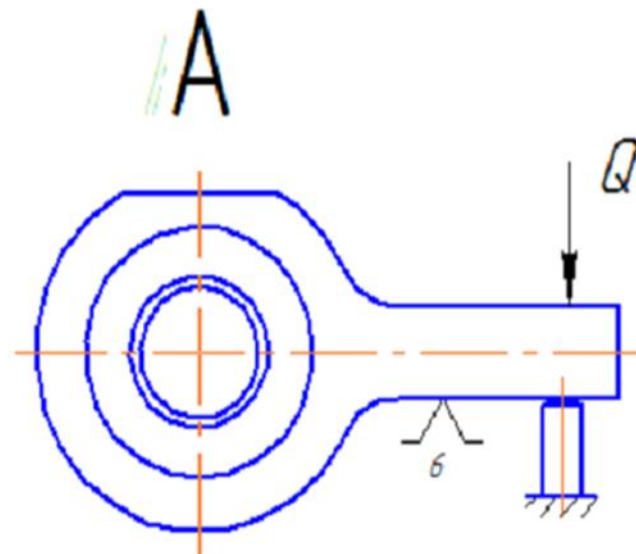
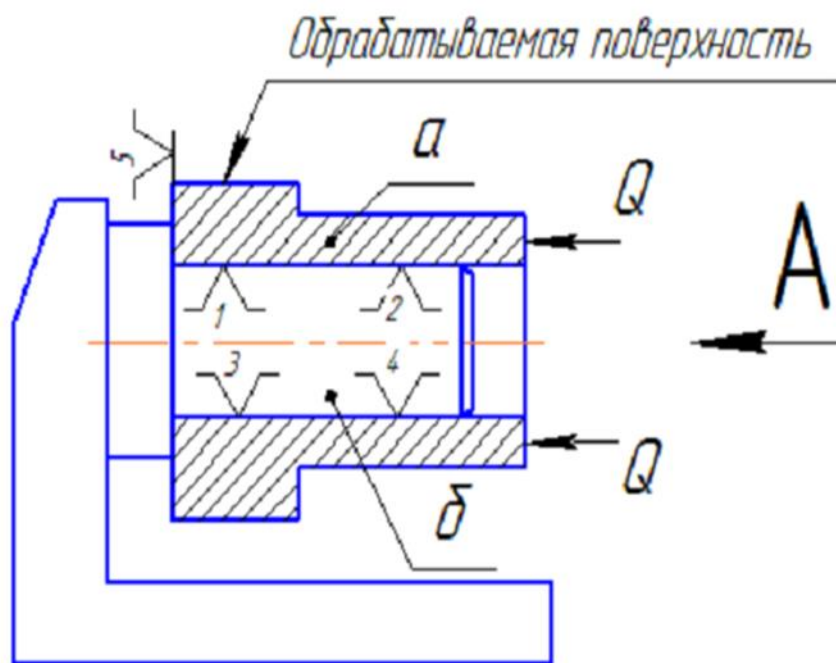
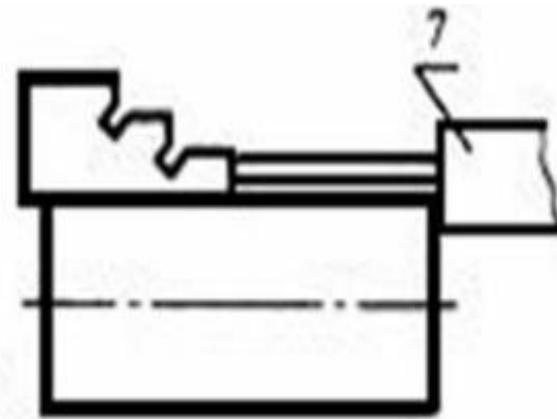
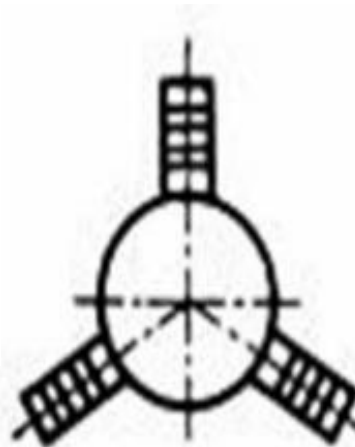
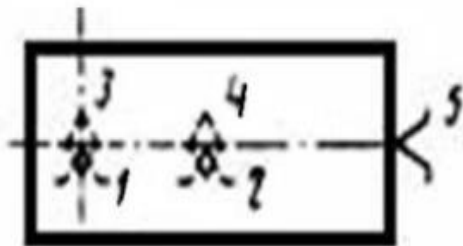
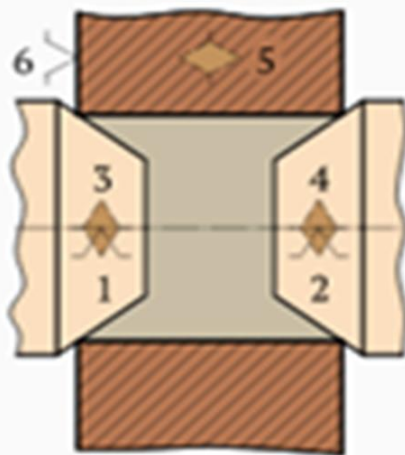
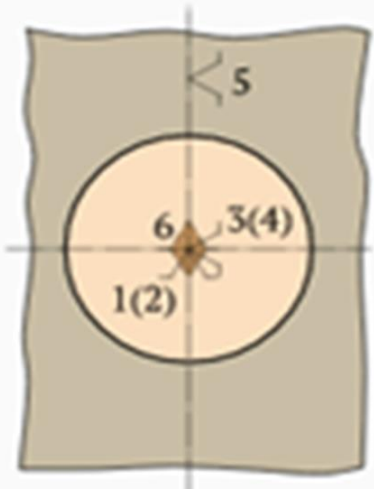
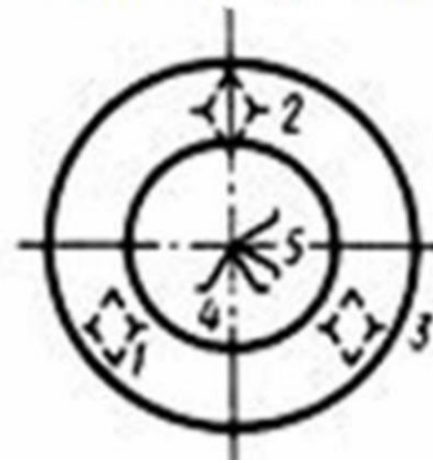
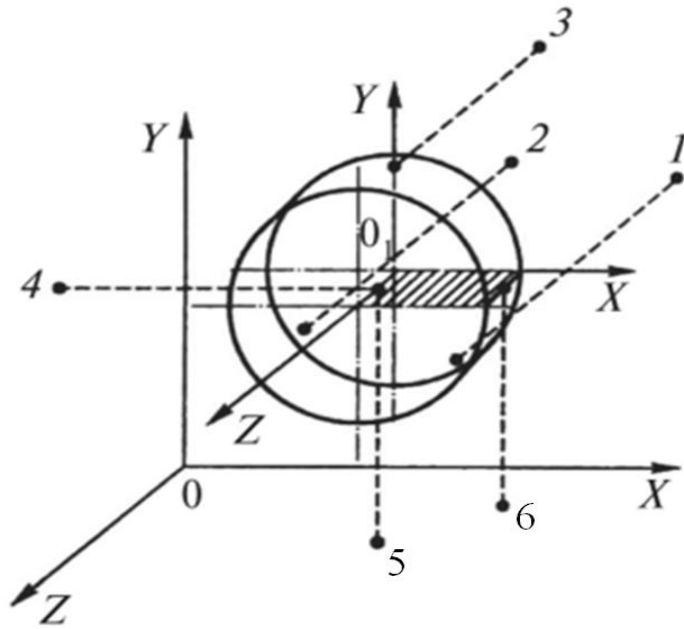
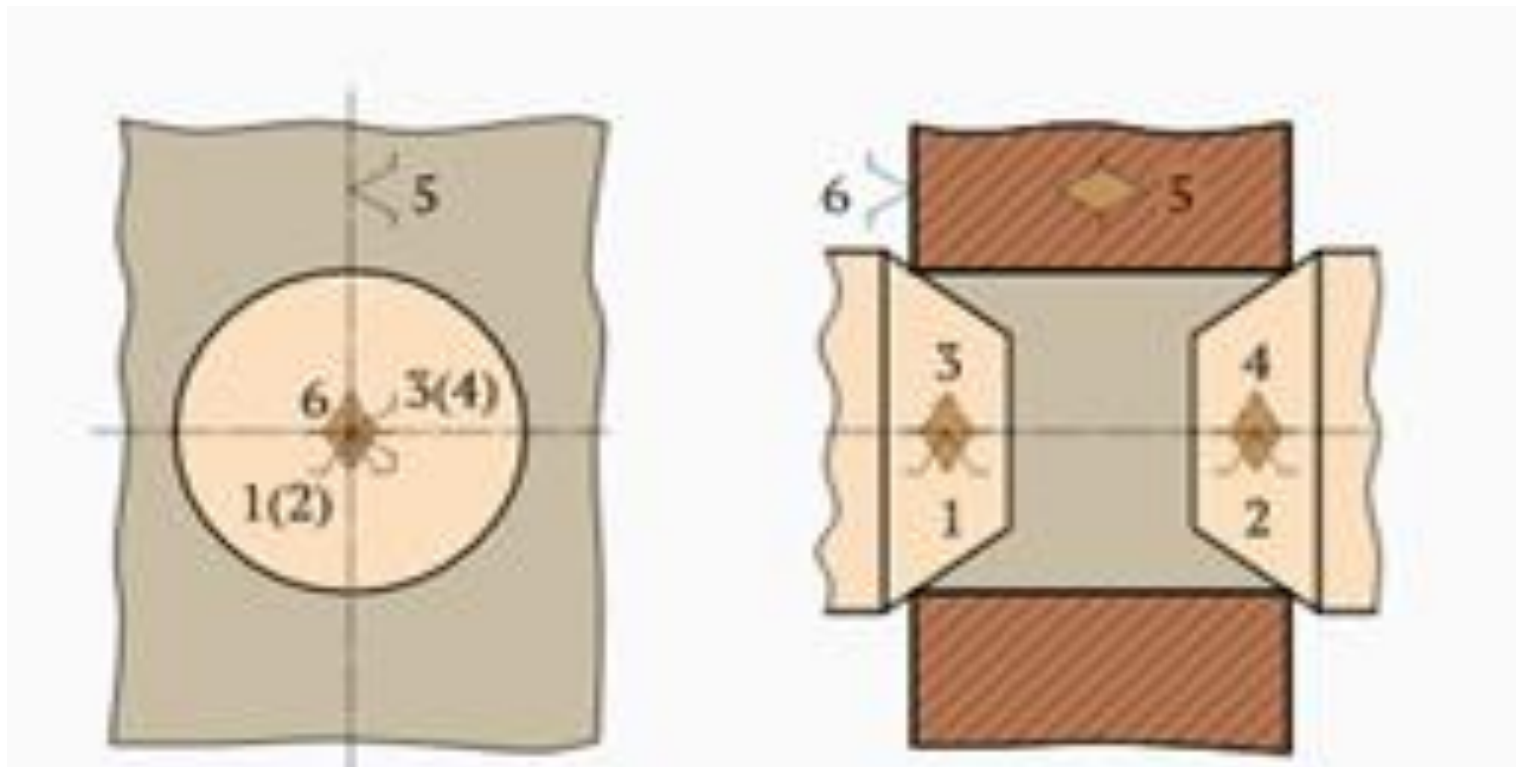
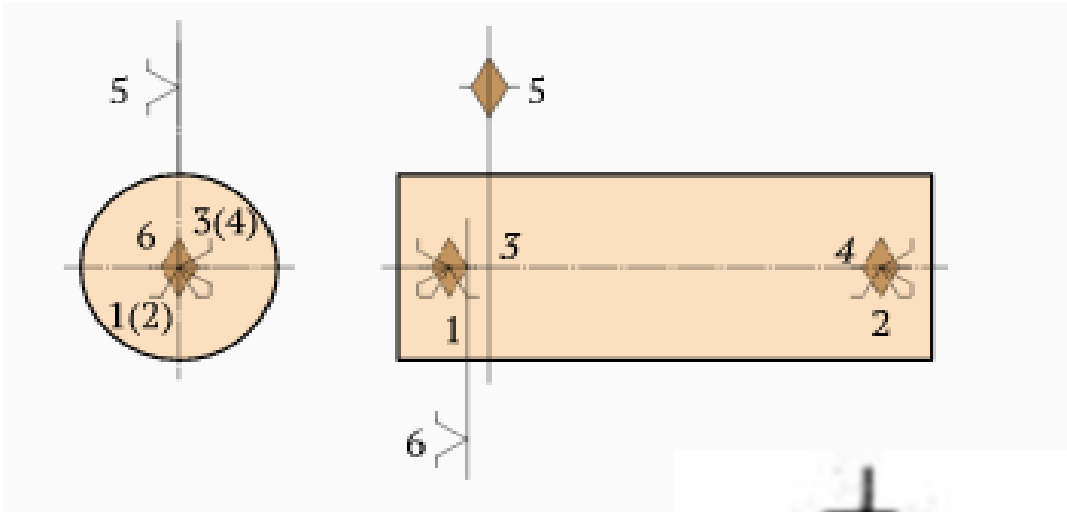


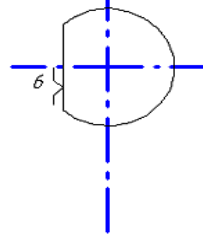
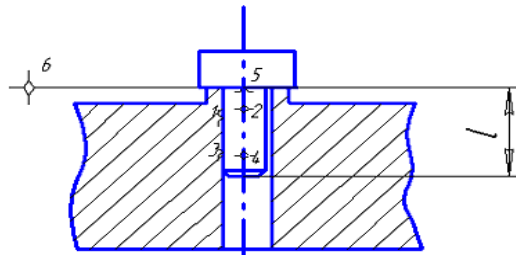
Схема базирования на эскизе заготовки



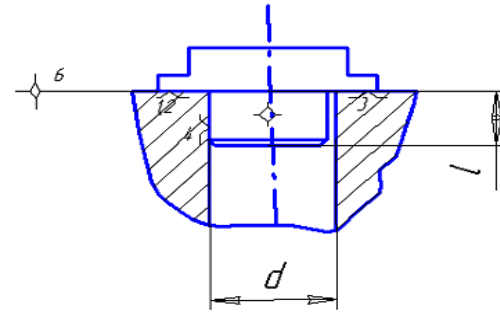
Базирование корпусной детали в конусах по главному отверстию



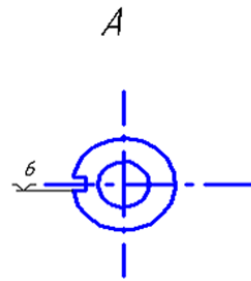
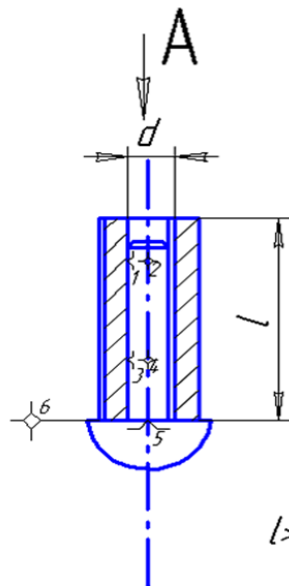




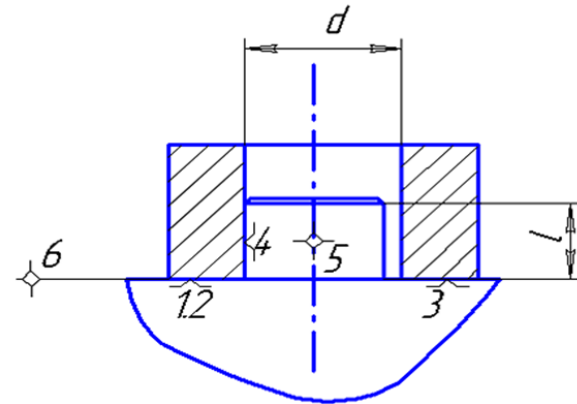
a) $l < (1.5 - 2) * d$



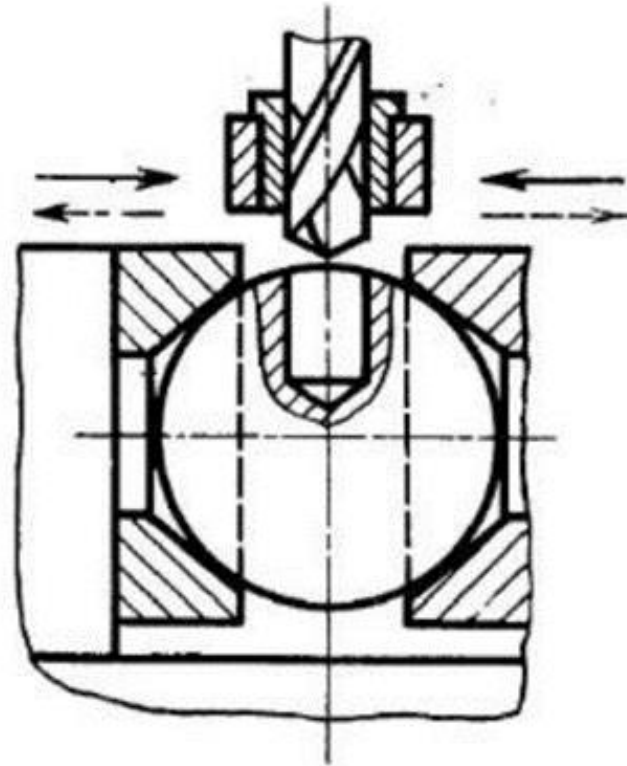
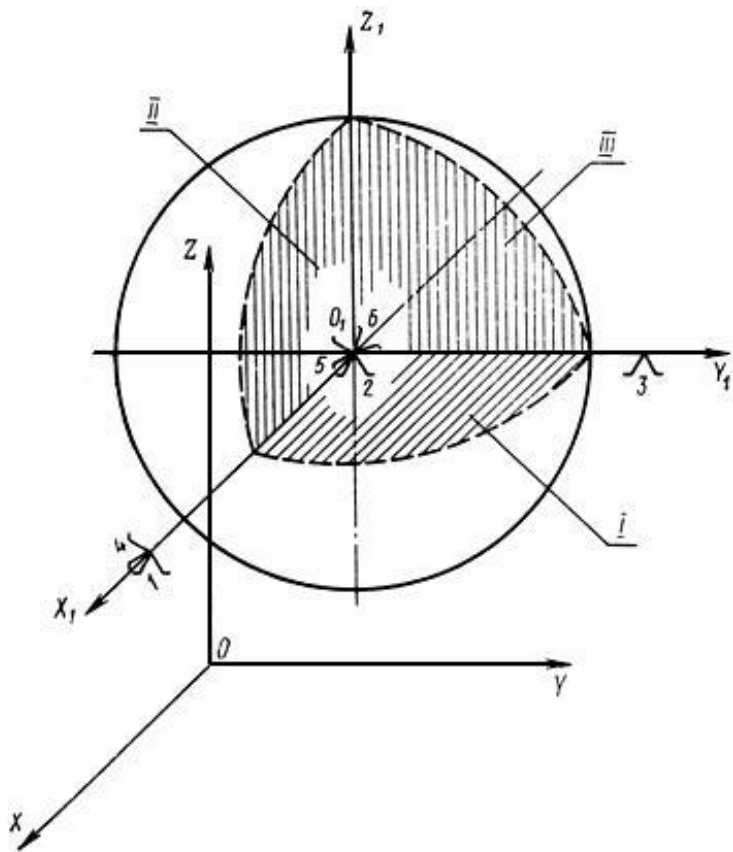
b) $l < 1/3 * d$

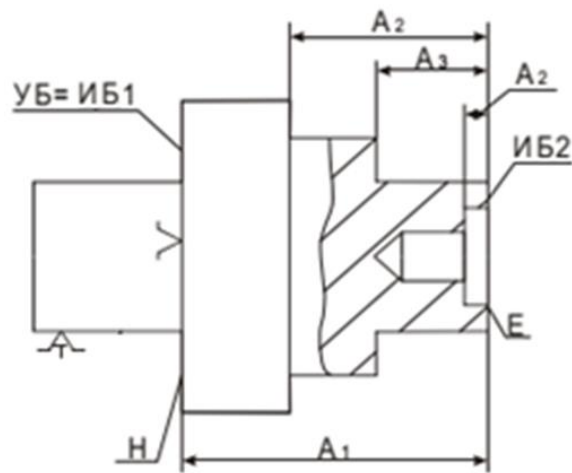
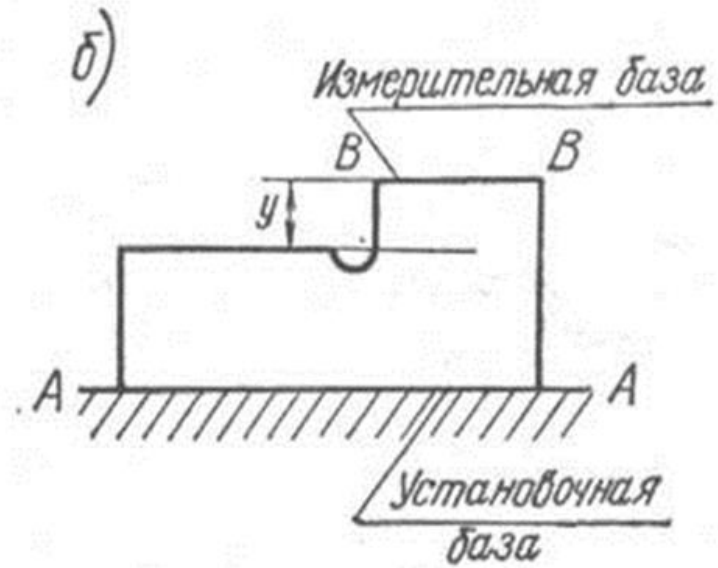
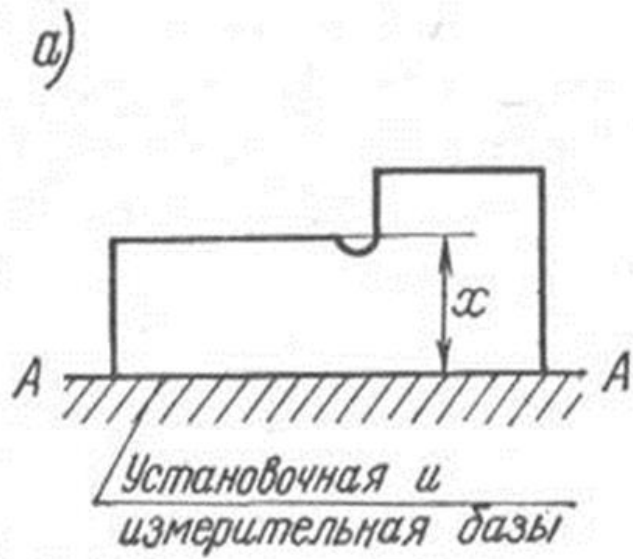


a) $l > (1.5 - 2) * d$

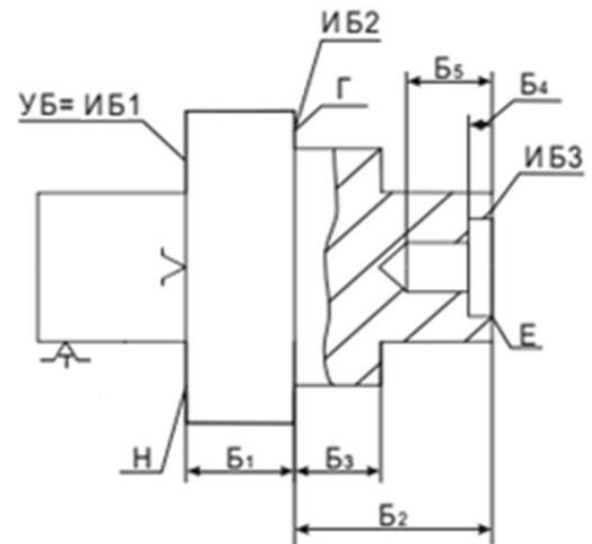


b) $l < 1/3 * d$

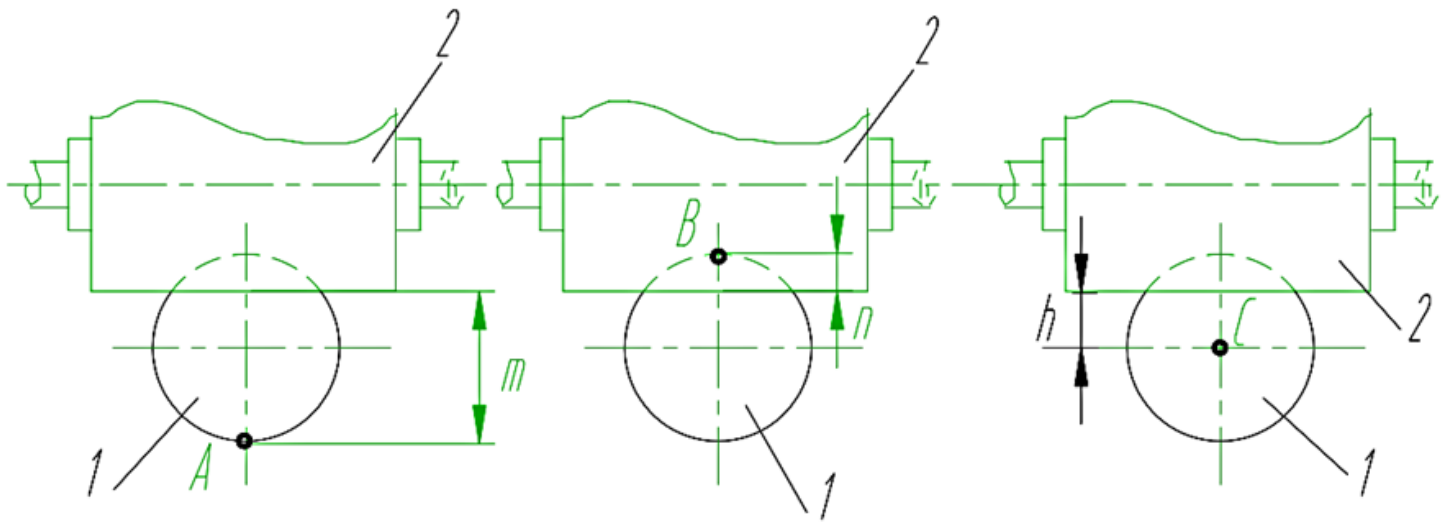
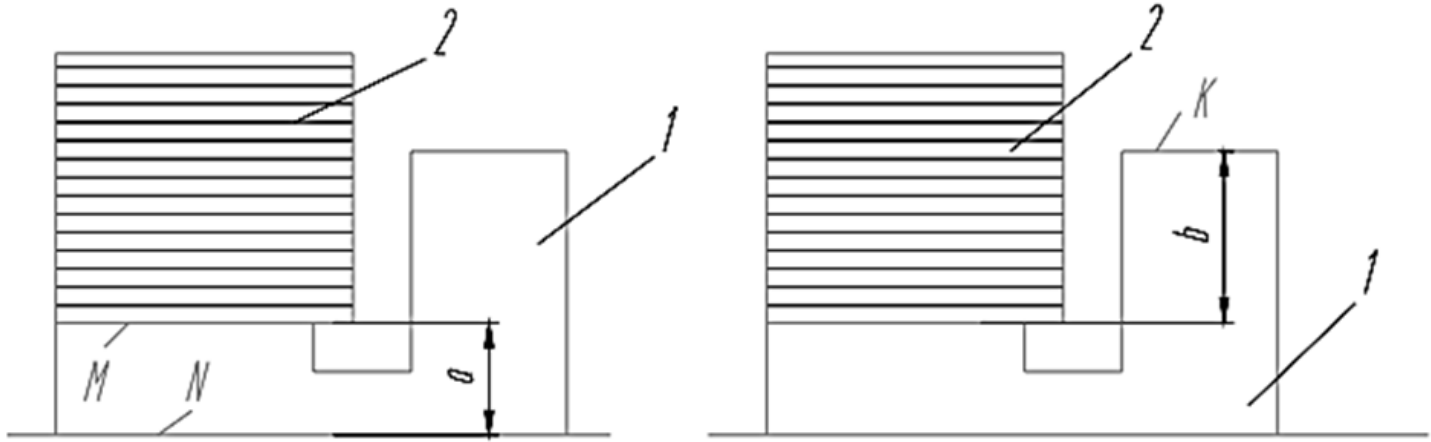




а)

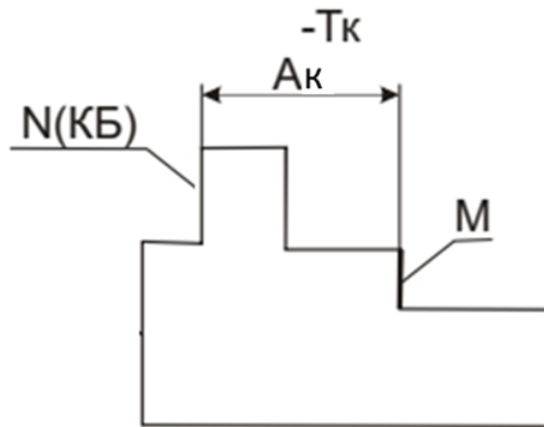


б)



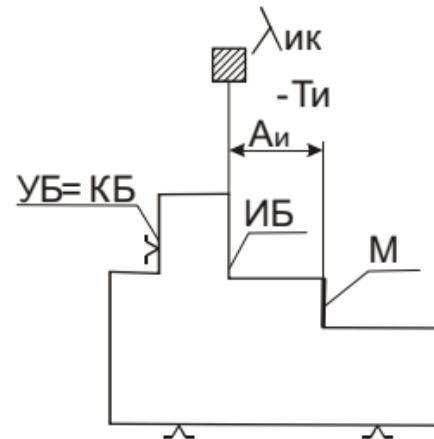
Случаи несовмещения баз

Исходная база не совмещена с конструкторской (ИБ≠КБ)



Деталь

A_k – получаемый (конструкторский, координатный размер);
 T_k - допуск на координатный размер;
 M - обрабатываемая поверхность



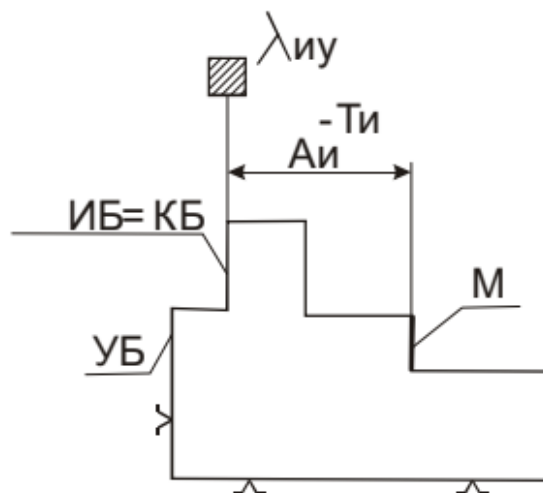
Операционный эскиз

ИБ ≠ КБ

$A_{и}$ - исходный размер;
 $T_{и}$ - допуск исходного размера;
 $\lambda_{ик}$ - погрешность от не совмещения баз ИБ и КБ

$$T_{и} \leq T_k - \lambda_{иу}$$

Исходная база не совмещена с установочной (ИБ = КБ ≠ УБ)



Операционный эскиз

ИБ = КБ ≠ УБ

$A_{и}$ - исходный размер;

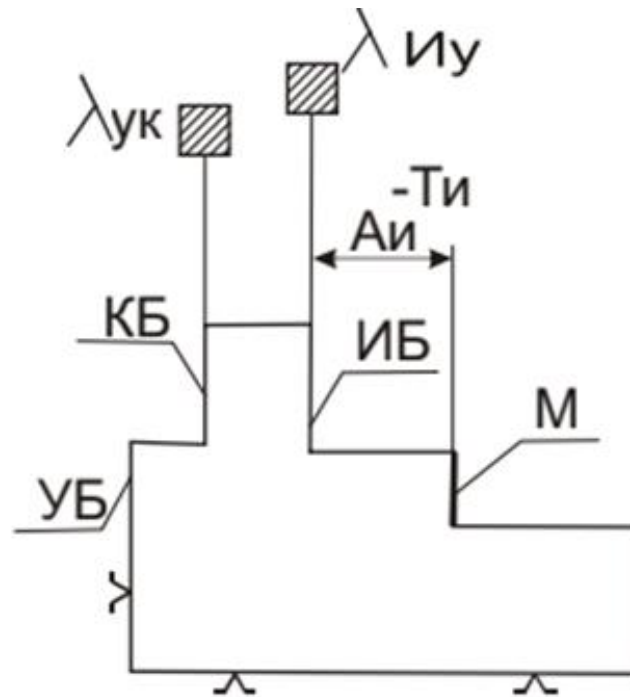
$T_{и}$ - допуск исходного размера;

$\lambda_{иу}$ - погрешность от не совмещения баз ИБ и УБ

$$T_{и} \leq T_{к} - \lambda_{ик}$$

Случаи несовмещения баз

Не совмещение всех трёх баз (ИБ ≠ КБ ≠ УБ)

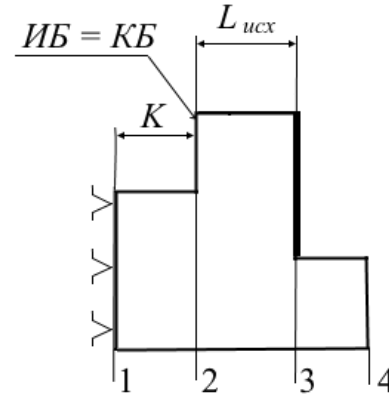
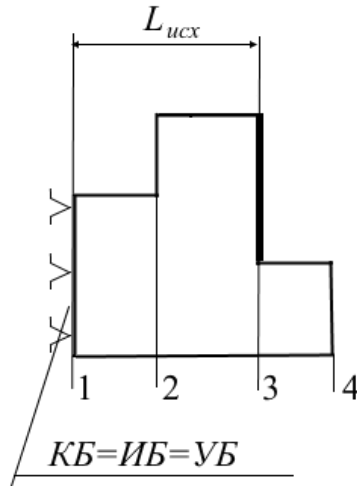
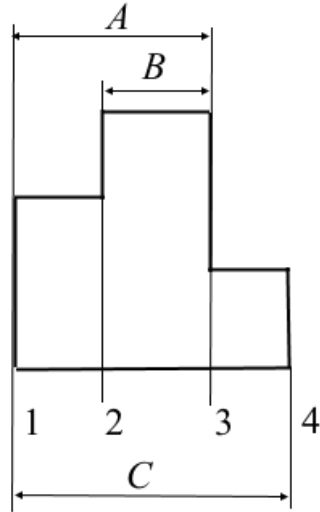


$$T_{и} \leq T_{к} - \lambda_{ук} - \lambda_{иу}$$

Последовательность операций назначения баз и обработки заготовки

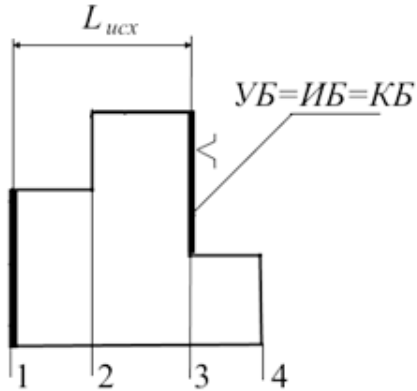
ЗАГОТОВКИ

1.

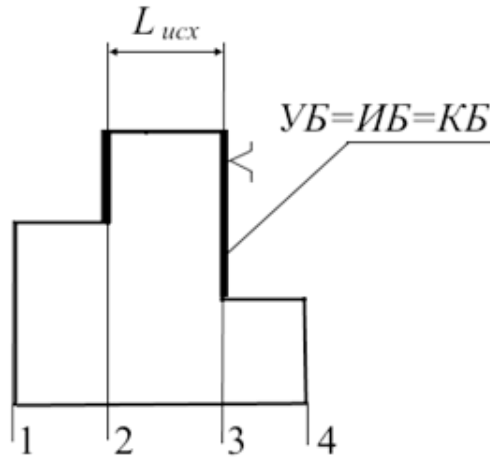


2.

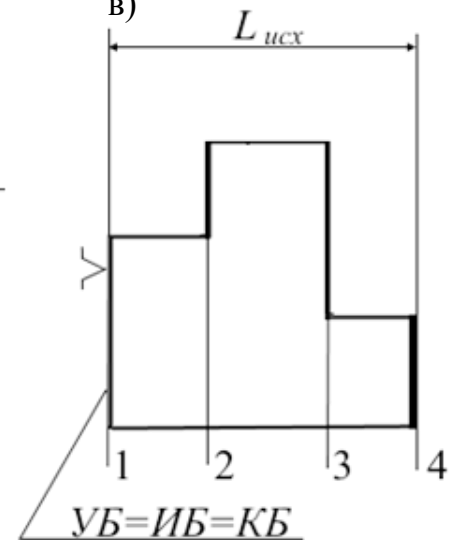
а)



б)

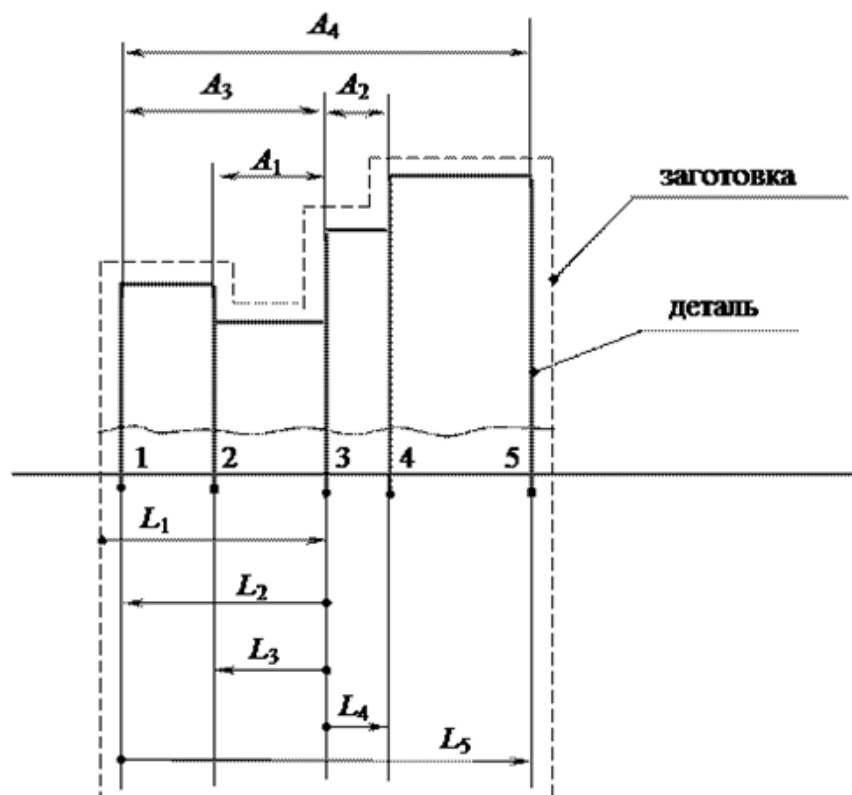


в)

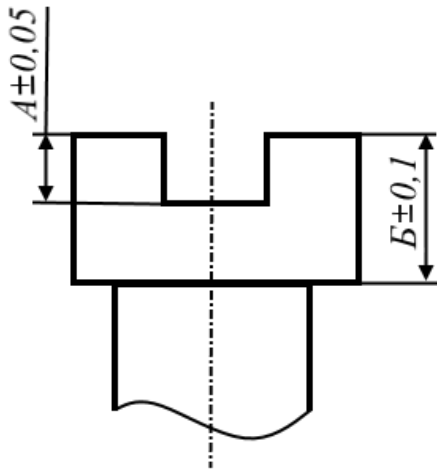


Последовательность операций назначения баз и обработки заготовки

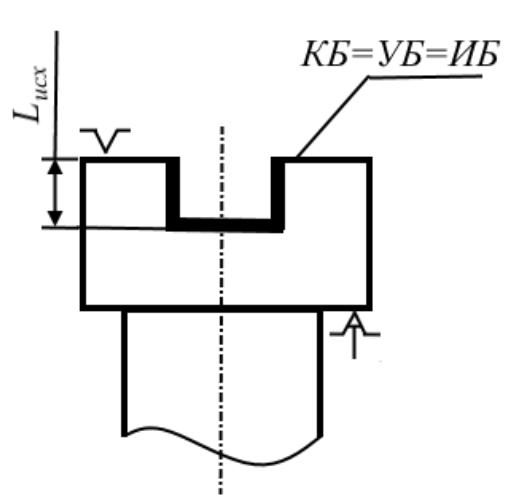
3.



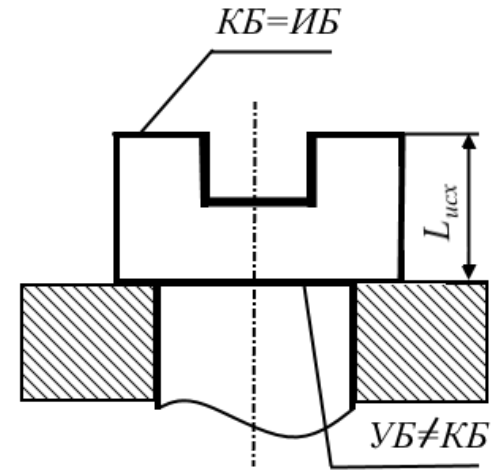
Выбор установочной базы



a)

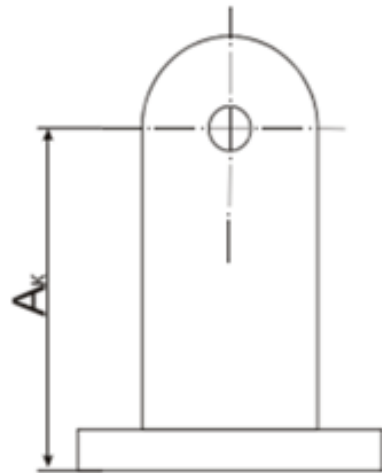


б)

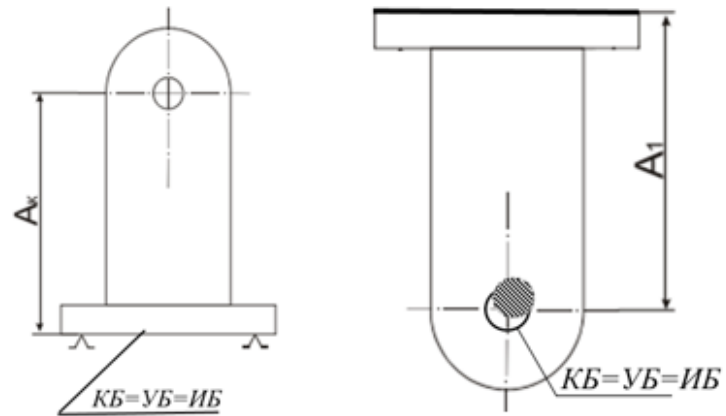


в)

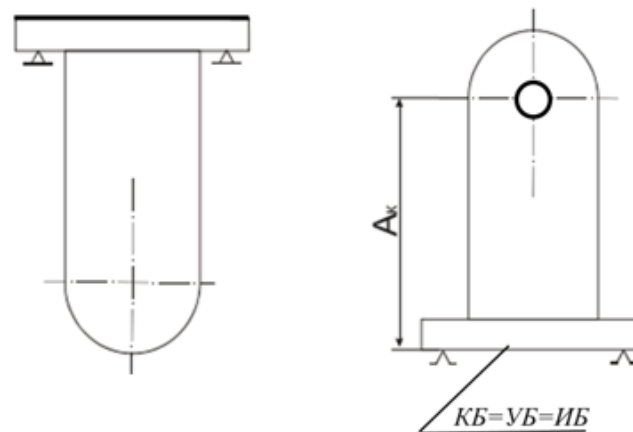
Правило первоочерёдности обработки лучшей из двух установочных баз



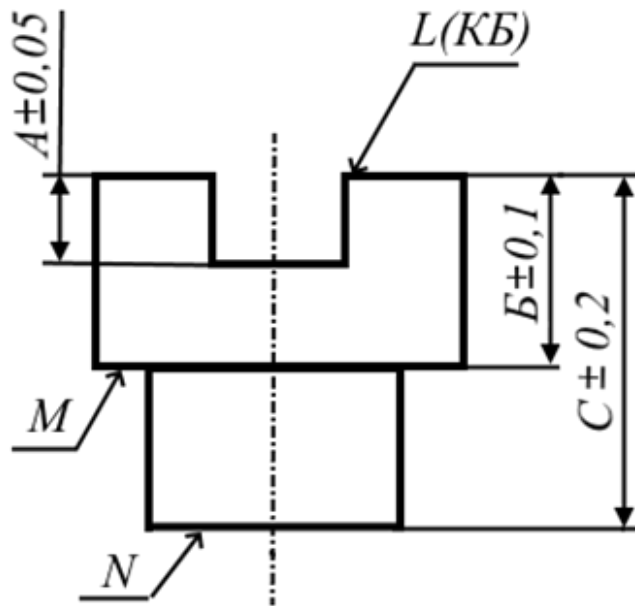
I вариант технологии



II вариант технологии



Условие наименьшей погрешности от несовмещения баз



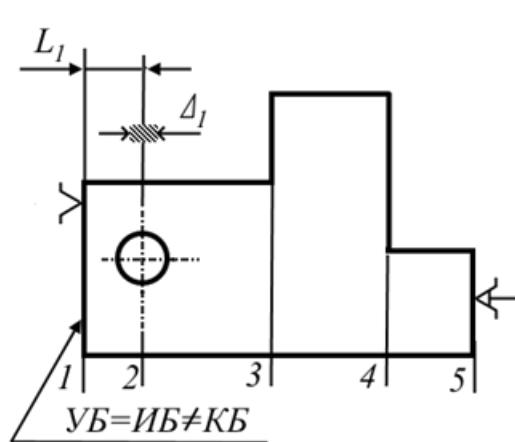
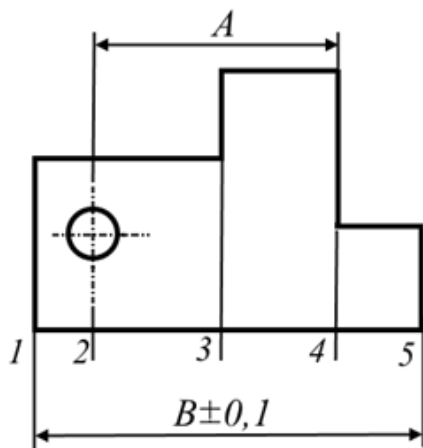
1 вариант. КБ и УБ (поверхности L и N)

$$\lambda_{\text{ук}} = T_C = 0,2 \text{ мм}$$

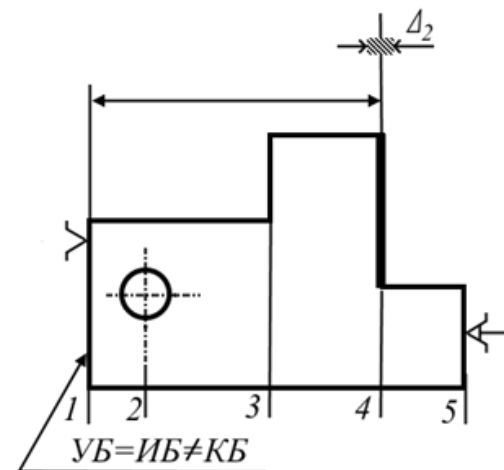
2 вариант КБ и УБ (поверхности L и M)

$$\lambda_{\text{ук}} = T_B = 0,1 \text{ мм}$$

Правило единой технологической базы



$$\lambda = \Delta_1$$

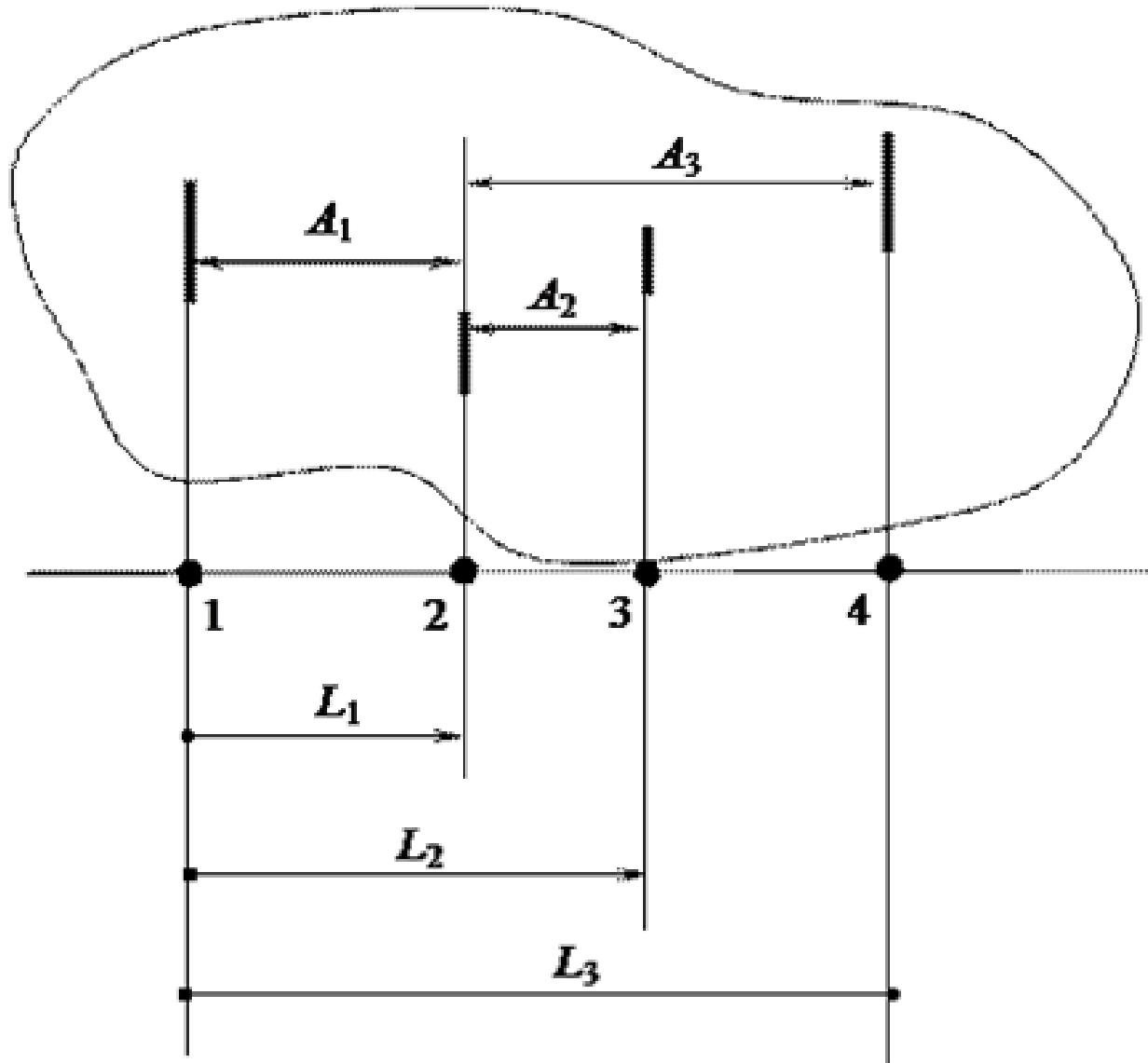


$$\lambda = \Delta_2$$

$$\lambda_A = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$\lambda_A = \Delta_1 + \Delta_2 + 0,1$$

Принцип постоянства баз



Лекция 4.

Методика проектирования станочных приспособлений

1. Анализ исходных данных

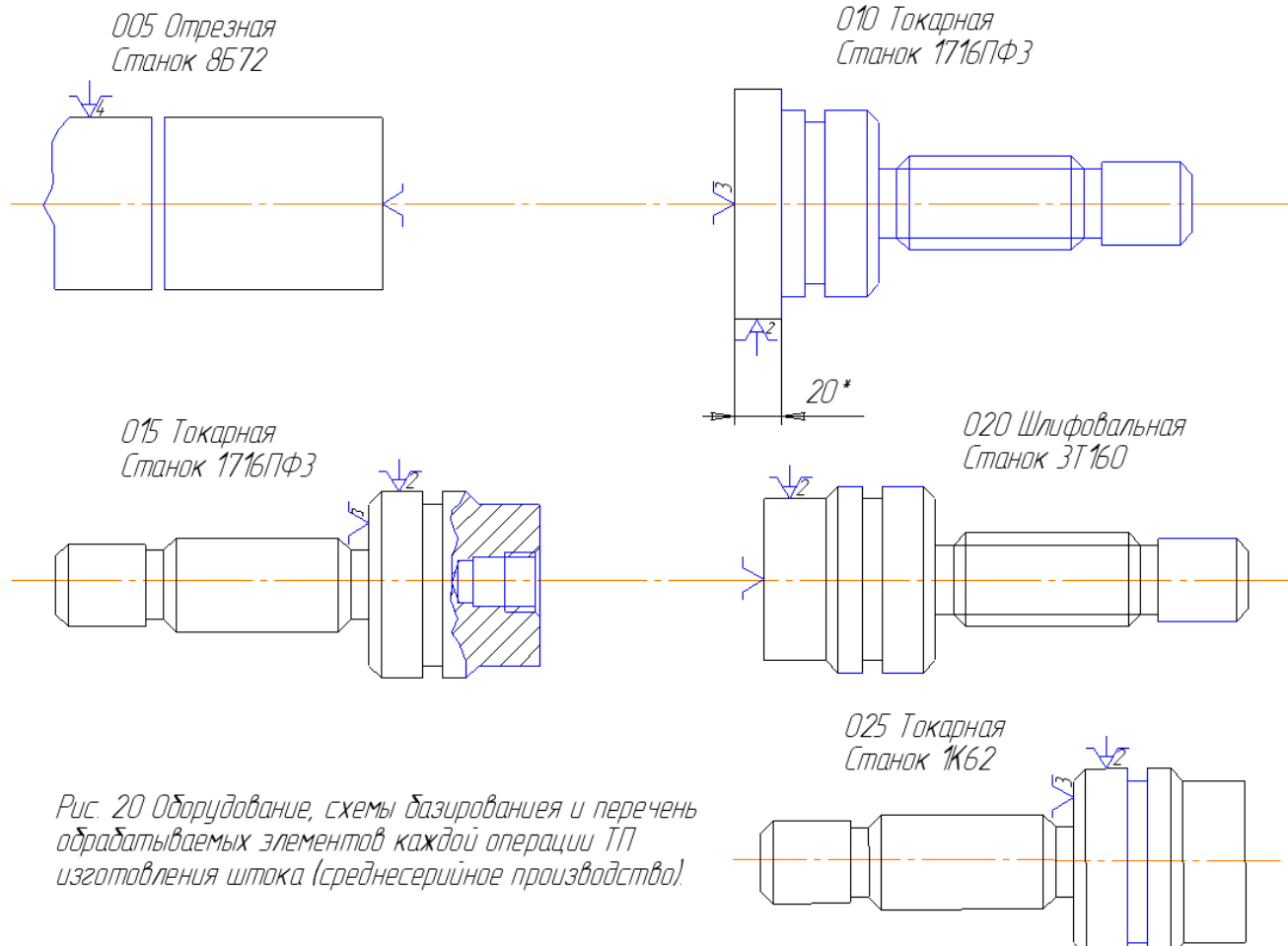
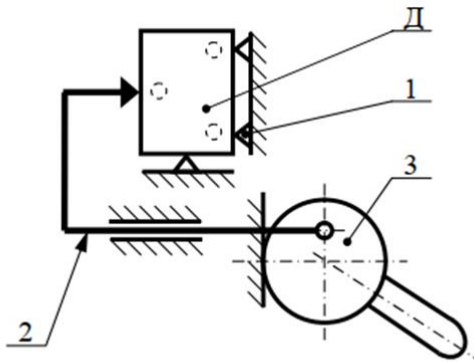


Рис. 20 Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов каждой операции ТП изготовления штока (среднесерийное производство).

1. Анализ исходных данных

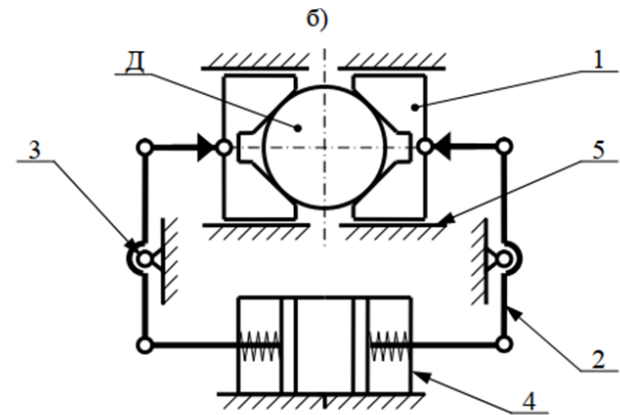
ГОСТ 3.1404-86										Форма 3						
Лист																
Взам.																
Подп.																
										1	2	2	1			
Разраб.	Иванов		6.01.01	ГГТУ им. П.О. Сухого	7	КИС 0106628										
Консульт.	Соболев		19.01.01													
3	4	5	6	8	Втулка					48	010					
Н. контр.																
Наименование операции		Материал		Твердость		ЕВ	МЦ	Профиль и размеры			МЗ	КОИД				
49	Токарно-винторезная	50	Сталь 40Х	51	187...229 НВ	11	166	12	2,5	17	∅151×66	19	3,1	1		
Оборудование, устройство ЧПУ		Обозначение программы		То	Тв	Тп.з.	Тшт-к	СОЖ								
53	16К20	54	—	55	1,440	56	0,480	57	0,089	58	2,204	59	НГЛ-205 ТУ 88-181-547-80			
Р				ПИ	Ди	В	L	t	i	s	n	V				
О 01	35,36 1. Установить и снять деталь															
Т 02	39 Патрон 7102-0077 ГОСТ 23451-81; кулачки (3) спец.															
О 04	2. Точить торец, выдерживая размер 3															
Т 05	Резец К01.4912.000-10 Т 15К6 ТУ 02-035-892-82; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89															
Р 06	40	01	41	151	42	35	43	1,5	44	1	45	0,3	46	315	47	149,4
О 08	3. Точить поверхность, выдерживая размер 2															
Т 09	Резец К01.4912.000-10 Т 15К6 ТУ 02-035-892-82; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89															
Р 10		01		149		22		2,0		1		0,3		315		147,4
О 12	4. Расточить отверстие, выдерживая размер 1															
13	Резец К01.4933.000-12 Т 15К6 ТУ 02-035-892-82; Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89															
ОК																

2. Разработка принципиальной схемы и компоновки приспособления



1 – установочные опоры; 2 – прихват; 3 – круглый эксцентрик; Д – заготовка

Принципиальная схема приспособления с рычажно-эксцентриковым механизмом

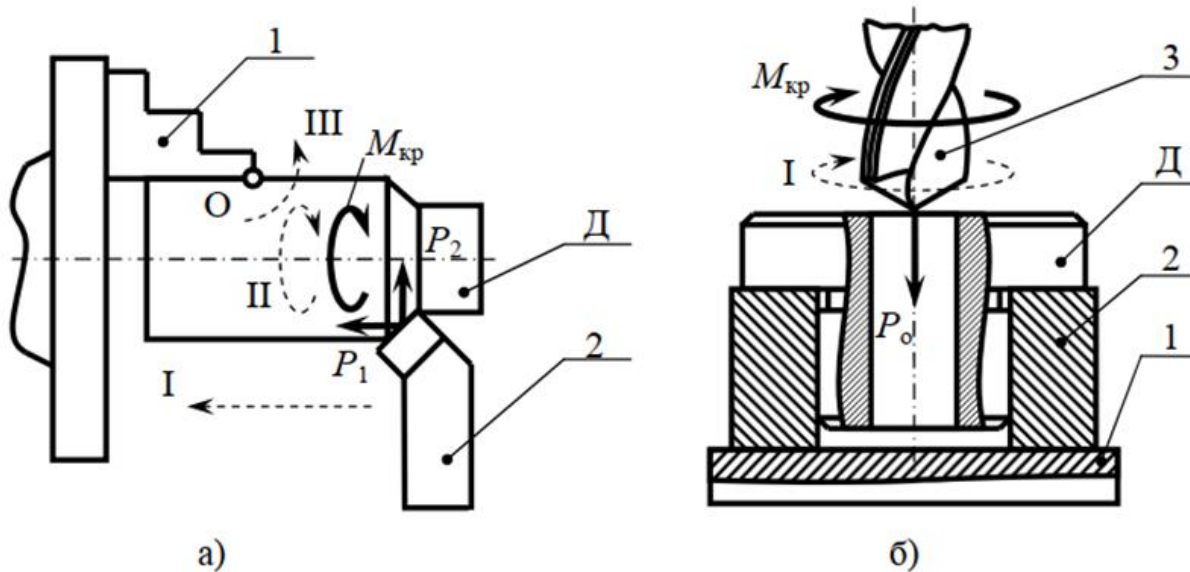


1 – центрирующие призмы; 2 – рычажный зажим; 3 – шарнирные опоры; 4 – пневмоцилиндр; 5 – корпус; Д – заготовка

Принципиальная схема приспособления на основе двойного пневмоцилиндра

3. Расчет и выбор отдельных элементов приспособления

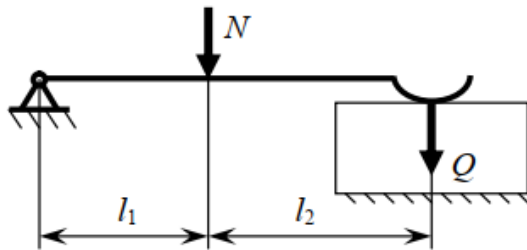
3.1



Расчётные схемы токарной (а) и сверлильной (б) операций

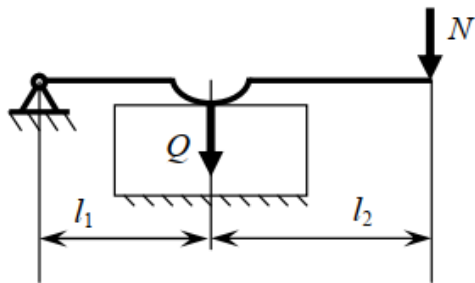
3. Расчет и выбор отдельных элементов приспособления

3.2 Выбор силового привода и расчет его параметров

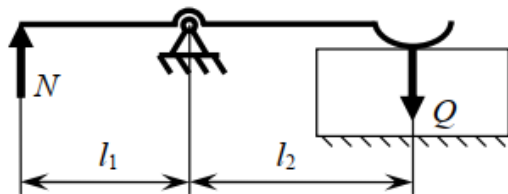


$$Q = N \frac{l_1}{l_1 + l_2} \eta$$

Q – требуемая сила закрепления, которую выдает зажимное устройство;
 N – исходная сила закрепления, которую выдает силовой узел;
 l_1, l_2 – плечи рычага рычажного зажима



$$Q = N \frac{l_1 + l_2}{l_1} \eta$$

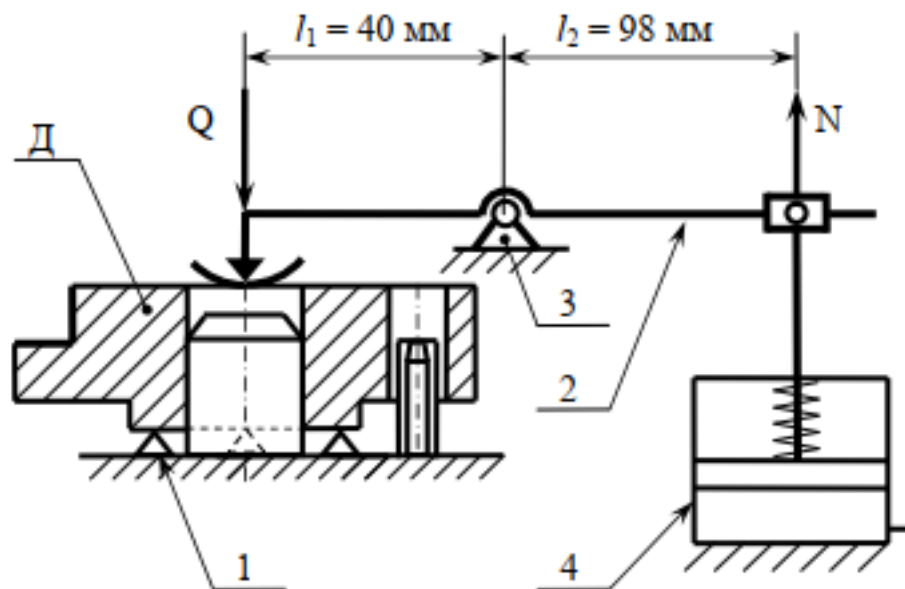


$$Q = N \frac{l_1}{l_2} \eta$$

Принципиальная схема рычажных зажимов

3. Расчет и выбор отдельных элементов приспособления

3.2 Выбор силового привода и расчет его параметров



$$N = Q \frac{l_1}{l_2} = 5740 \frac{40}{98} = 2340 \text{ Н.}$$

1 – установочные элементы; 2 – рычажный зажим; 3 – опора рычага;
4 – пневмоцилиндр; Д – заготовка; Q – требуемая сила закрепления; N – исходная сила закрепления; l_1, l_2 – плечи зажимного рычага (прихвата) приспособления

3. Расчет и выбор отдельных элементов приспособления

3.3 Расчет приспособления на точность

$$[\varepsilon_{\text{пр}}] = T_A - k_T \sqrt{\varepsilon_{\text{обр}}^2 + \varepsilon_{\text{др}}^2} + \varepsilon_{\text{н}}^2,$$

где $[\varepsilon_{\text{пр}}]$ – допустимая погрешность приспособления,

T_A – допуск на выполняемый размер или допуск формы ($T_A=0,5$ мм),

k_T – коэффициент, учитывающий отклонение рассеяния значений составляющих величин от закона нормального распределения ($k_T = 1 - 1,2$).

$\varepsilon_{\text{обр}}$ – погрешность, свойственная данному методу обработки (погрешность обработки),

$\varepsilon_{\text{н}}$ – погрешность настройки технологической системы на выполняемый размер (погрешность настройки),

$\varepsilon_{\text{др}}$ – другие погрешности, обусловленные факторами, независимыми от метода обработки, способа настройки и конструкции приспособления.

3. Расчет и выбор отдельных элементов приспособления

3.4

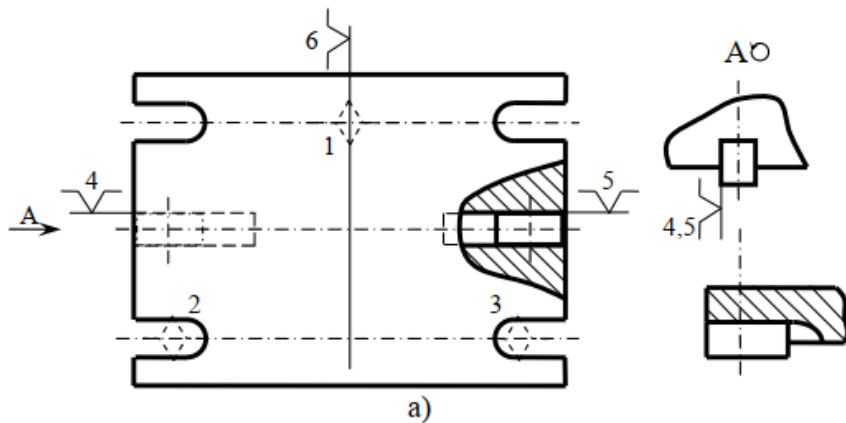


Схема базирования корпуса приспособления

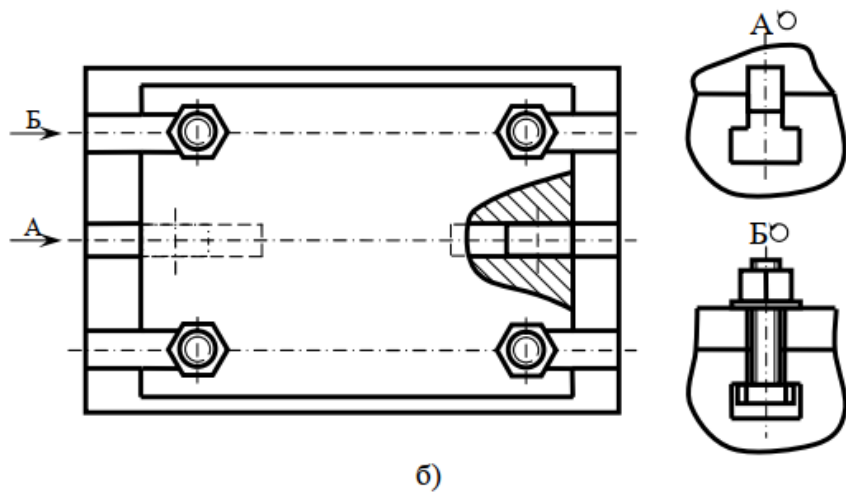


Схема установки корпуса приспособления

Установка приспособления на столе станка

3. Расчет и выбор отдельных элементов приспособления

3.4 Расчет деталей приспособления на прочность

$$\sigma_{\text{рас}}^{\text{max}} \leq [\sigma_{\text{рас}}], \quad \sigma_{\text{изг}}^{\text{max}} \leq [\sigma_{\text{изг}}], \quad \tau_{\text{кр}}^{\text{max}} \leq [\tau_{\text{кр}}], \quad \tau_{\text{ср}}^{\text{max}} \leq [\tau_{\text{ср}}],$$

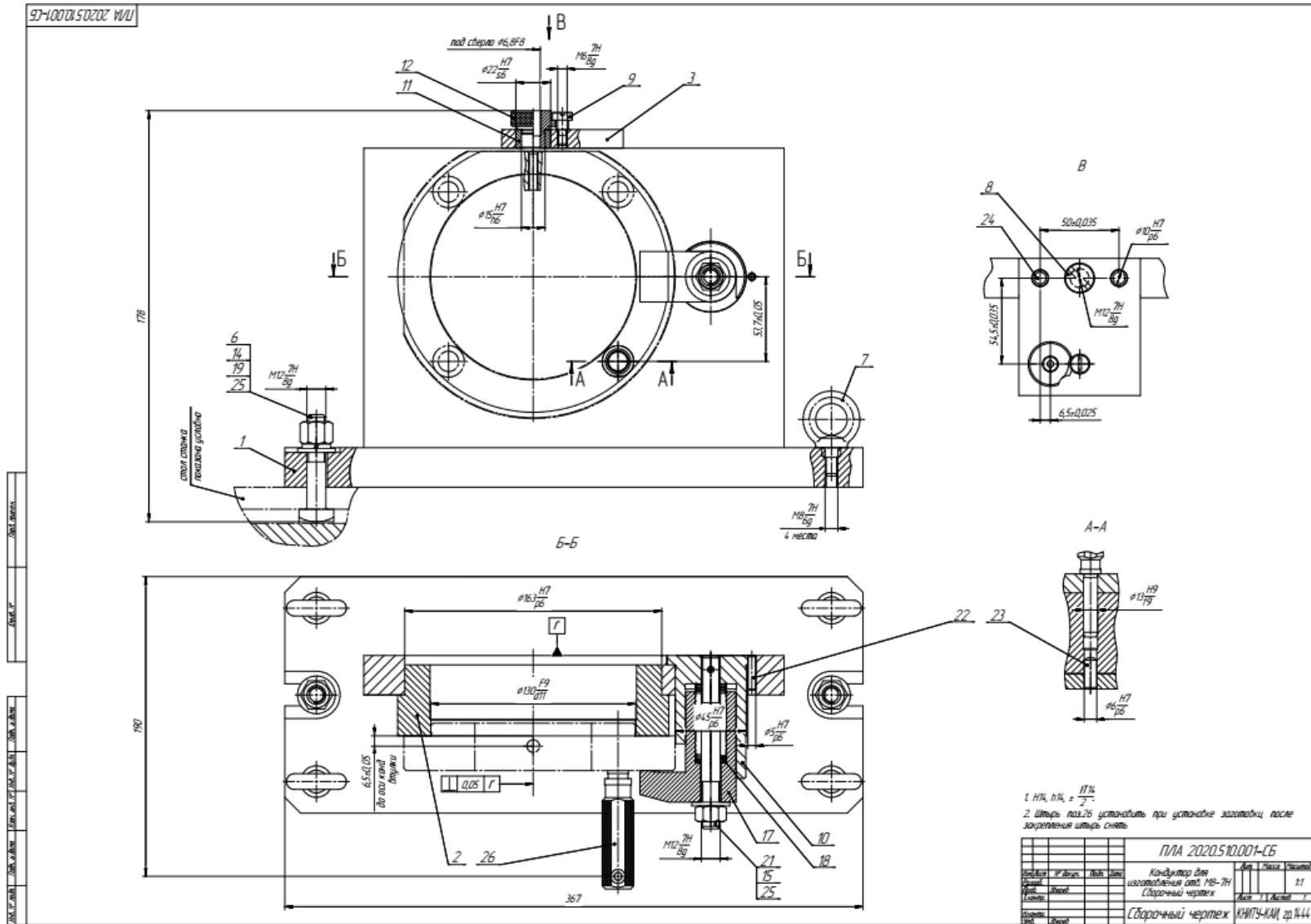
где $\sigma_{\text{рас}}^{\text{max}}$, $\sigma_{\text{изг}}^{\text{max}}$, $\tau_{\text{кр}}^{\text{max}}$, $\tau_{\text{ср}}^{\text{max}}$ – максимальные расчетные напряжения, действующие в рассматриваемом сечении стержня (обычно в самом опасном), при его растяжении (сжатии), изгибе, кручении и срезе соответственно, МПа;

$[\sigma_{\text{рас}}]$, $[\sigma_{\text{изг}}]$, $[\tau_{\text{кр}}]$, $[\tau_{\text{ср}}]$ – допускаемые напряжения растяжения (сжатия), изгиба, кручения и среза, соответственно, МПа.

Этап моделирования

- Разработка общего вида приспособления (сборочного чертежа)
- Определение технических требований
- Выпуск КД на нестандартные детали
- Построение электронной модели
- Определение технических требований
- Выпуск КД – сборочный чертеж и чертежи на нестандартные детали

Разработка общего вида приспособления (сборочного чертежа)



Этап конструирования приспособления

Службное назначение

*Кондуктор предназначен для выполнения сверлильной операции на вертикально-сверлильном станке модели 2С132 (операция 40 маршрутного технологического процесса ДП151001.ТИ.05.12.000ТК)
Размеры, обеспечиваемые приспособлением: $\phi 80H10$, $120\pm 0,05$*

Технические характеристики

- 1 Сила закрепления заготовки в приспособлении 420 Н*
- 2 Ход штока пневмокамеры 24 мм*
- 3 Рабочее давление воздуха в пневмосети 0,63 МПа*
- 4 Погрешность положения заготовки в приспособлении:
по размеру $\phi 80H10$ не более 0,005 мм,
по размеру $120\pm 0,05$ не более 0,01 мм*
- 5 Используемое сверло $\phi 20_{-0,033}$*

Технические требования

- 1 *Размеры для справок*
- 2 Зазор между деталями поз. 12 и поз. 18 обеспечить регулировкой винтом поз. 28 при сборке приспособления*
- 3 Деталь поз. 14 смазать смазкой Литол-24 ГОСТ 21150-75 при сборке*
- 4 Поверхности М и Н шлифовать совместно после сборки*

Лекция 5.

Лекция 6.

Лекция 7.

Лекция 8.

Структурные элементы приспособлений

Опоры (штыри) постоянные и регулируемые

ГОСТ 4084-68 «Опоры регулируемые для станочных приспособлений. Конструкция»,

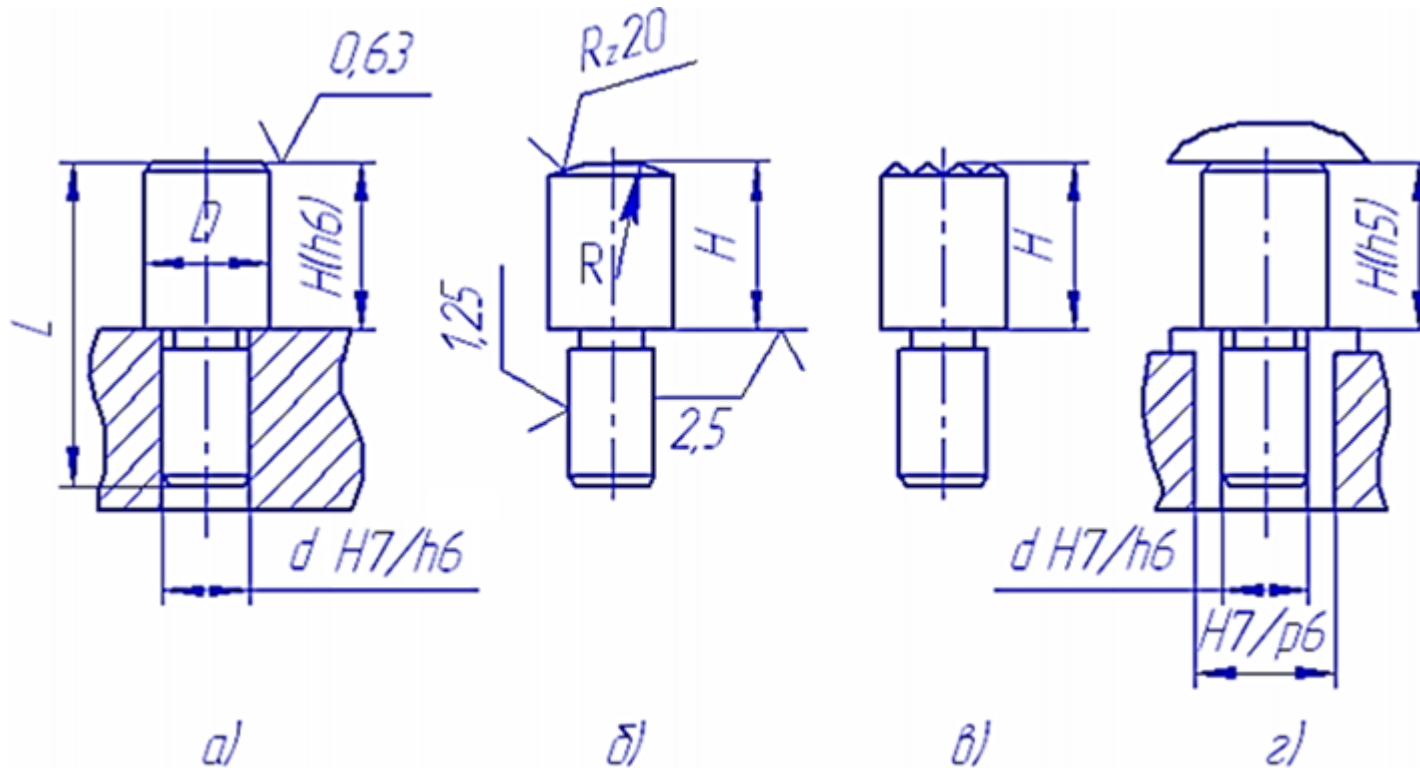
ГОСТ 13440-68 «Опоры постоянные с плоской головкой для станочных приспособлений. Конструкция»,

ГОСТ 13442-68 «Опоры постоянные с насеченной головкой для станочных приспособлений. Конструкция»,

ГОСТ 4740-68 «Опоры регулируемые усиленные для станочных приспособлений. Конструкция»

Опоры (штыри) постоянные и регулируемые

Конструкция постоянных опор



$D = 5 \div 40$ мм;

$d = 3 \div 25$ мм;

$H = 3 \div 60$ мм;

$L = 7 \div 92$ мм;

$R = 4 \div 40$ мм.

а) с плоской головкой (ГОСТ 13440-68);

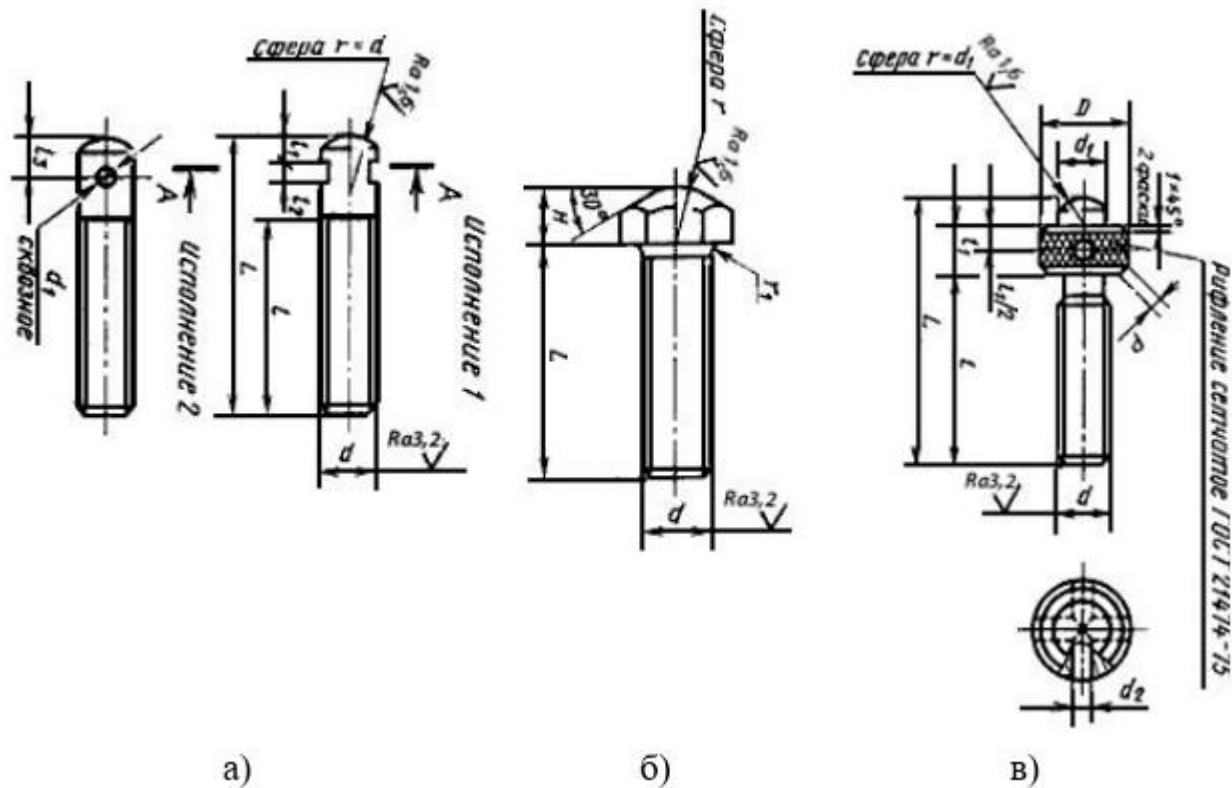
б) со сферической головкой (ГОСТ 13441-68);

в) с насеченной головкой (ГОСТ 1344 2-68)

г) пример установки опоры в переходную втулку

Опоры (штыри) постоянные и регулируемые

Конструкция регулируемых опор



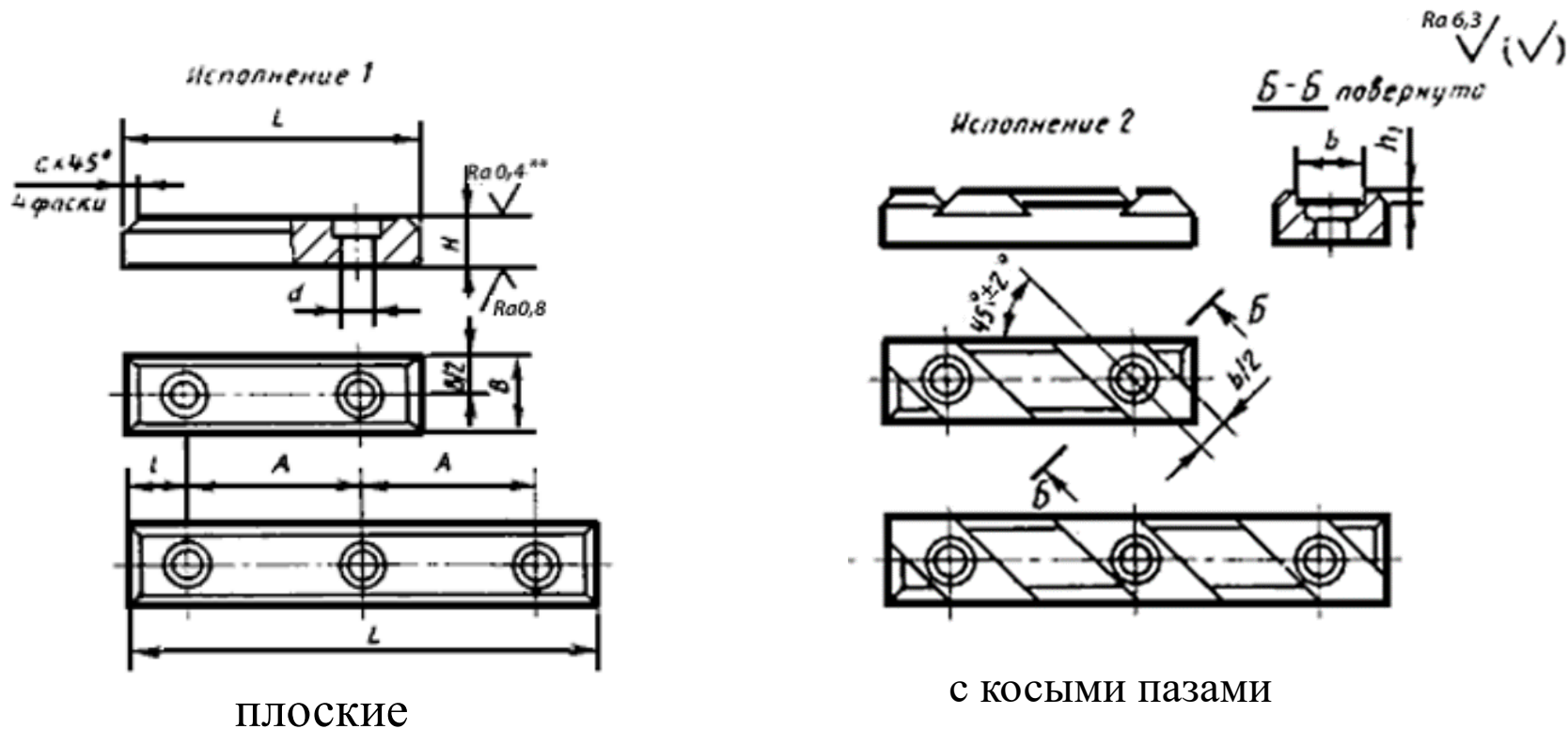
а) со сферической головкой (ГОСТ 4084-68);

б) с сферической шестигранной головкой (ГОСТ 4085-68);

в) с круглой головкой (ГОСТ 4086-68)

Опорные пластины

ГОСТ 4743-68. Пластины опорные для станочных приспособлений. Конструкция.



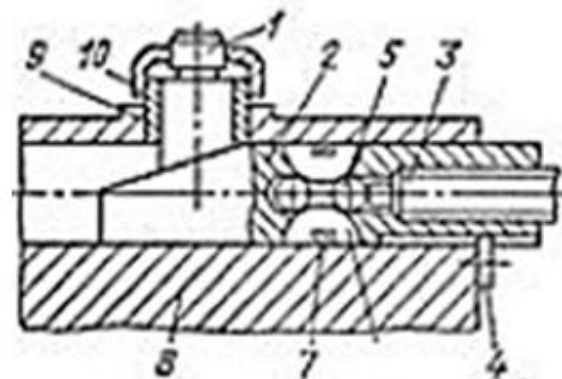
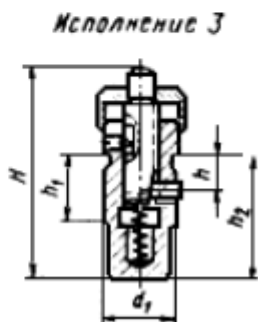
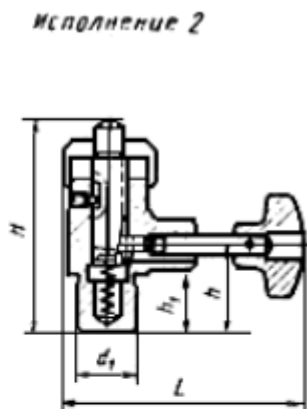
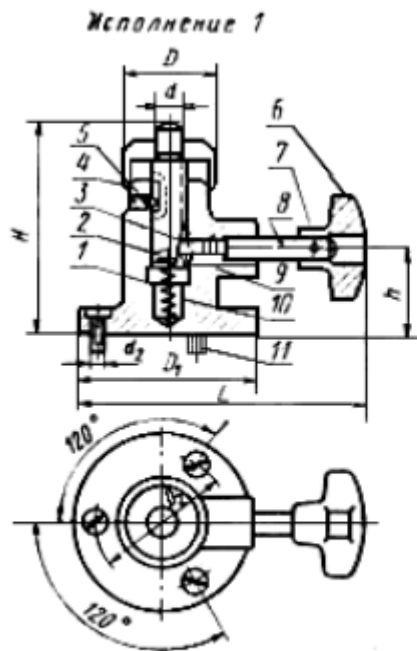
1. Размеры пластин изменяются в следующих пределах (мм):

$H = 5 \div 25$; $L = 25 \div 220$; $B_1 = 10 \div 40$; $b = 8 \div 20$; $A = 13 \div 80$.

2. Материал - сталь марки 20Х по ГОСТ 4543-71. Допускается замена материала на сталь других марок с механическими свойствами не ниже, чем у стали марки 20Х.

3. Твердость - 56...61 HRC. Цементировать на глубину 0,8-1,2 мм.

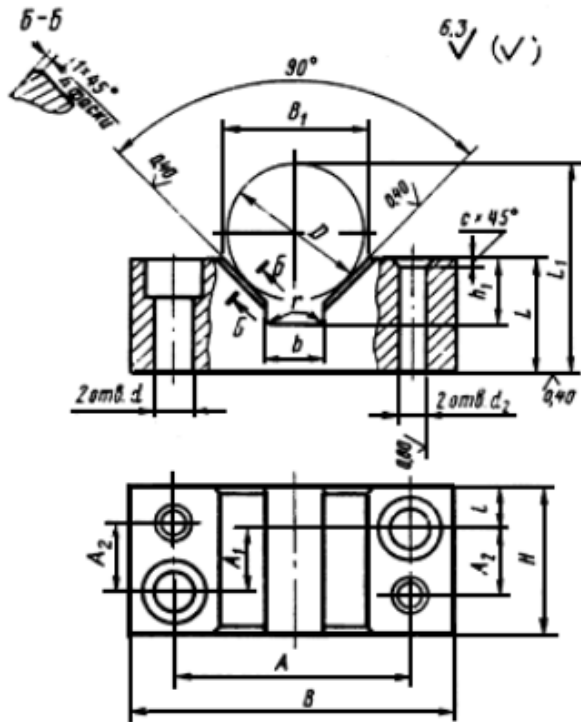
Вспомогательные опоры



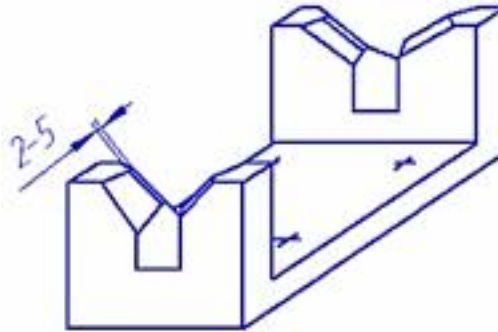
Опоры самоустанавливающиеся
(ГОСТ 13159-67)

Опоры клиновная подводимая

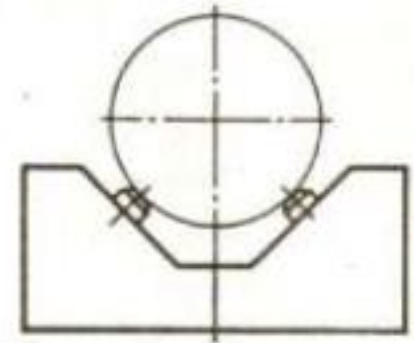
Призмы



широкая
(ГОСТ 12195-66);



узкая сдвоенная



с точечными опорами

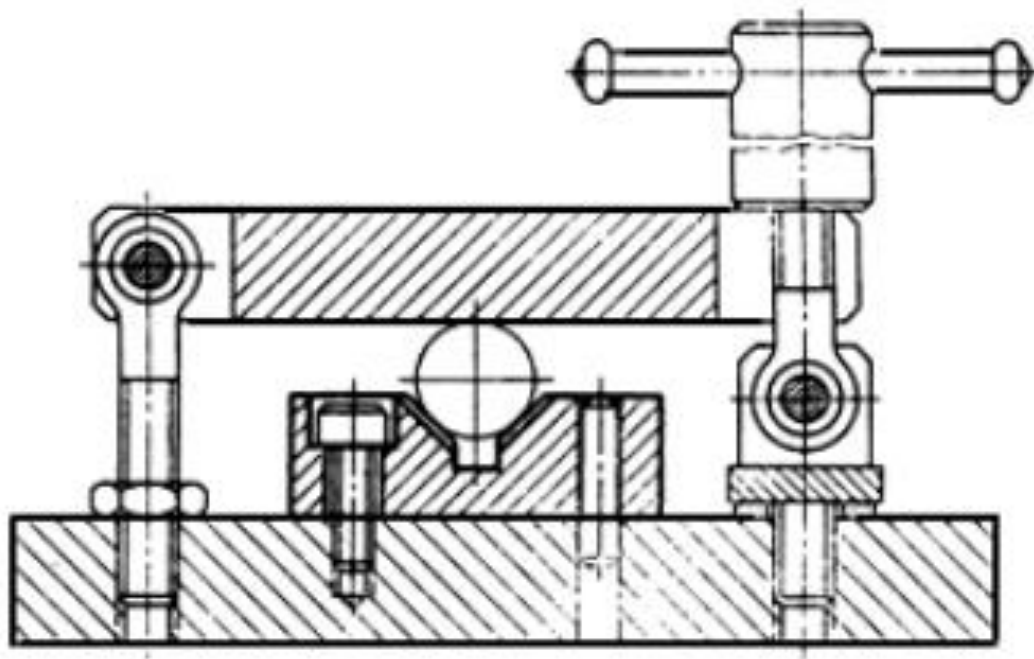
1. Основные размеры опорных призм (мм):

$\alpha = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$; $H = 16 \div 70$ мм, $L = 10 \div 70$ мм, $B = 32 \div 190$ мм, $D = 5 \div 150$ мм.

2. Материал - сталь марки 20Х по ГОСТ 4543-71. Допускается замена материала на сталь других марок с механическими свойствами не ниже, чем у стали марки 20Х.

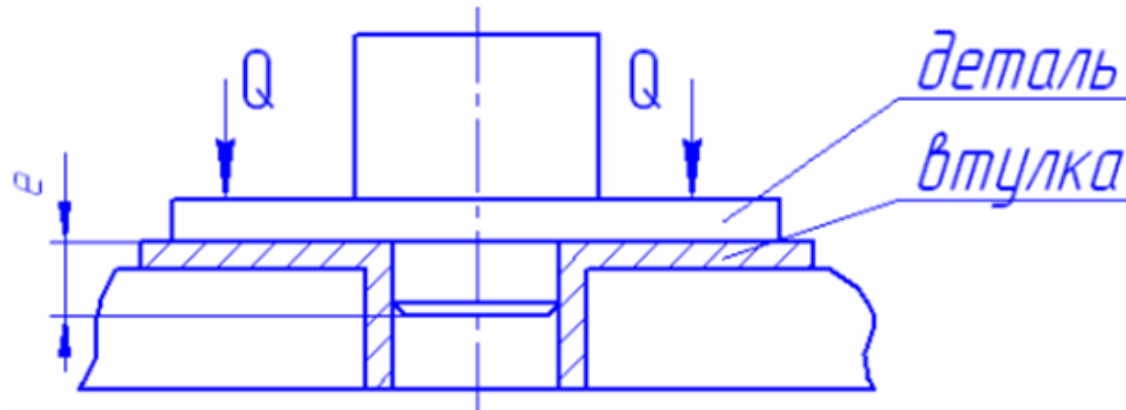
3. Твердость - 56...61 HRC. Цементировать на глубину 0,8-1,2 мм.

Призмы



Втулки

Если базовые цилиндрические поверхности выполнены по 7÷9 квалитетам точности, то применяют её установку *во втулку*



Погрешность базирования $\varepsilon_{\delta} = S_{\max} = T_D + T_d + S_{\Gamma}$,

где S_{\max} - максимальный диаметральный зазор в соединении заготовка – втулка,

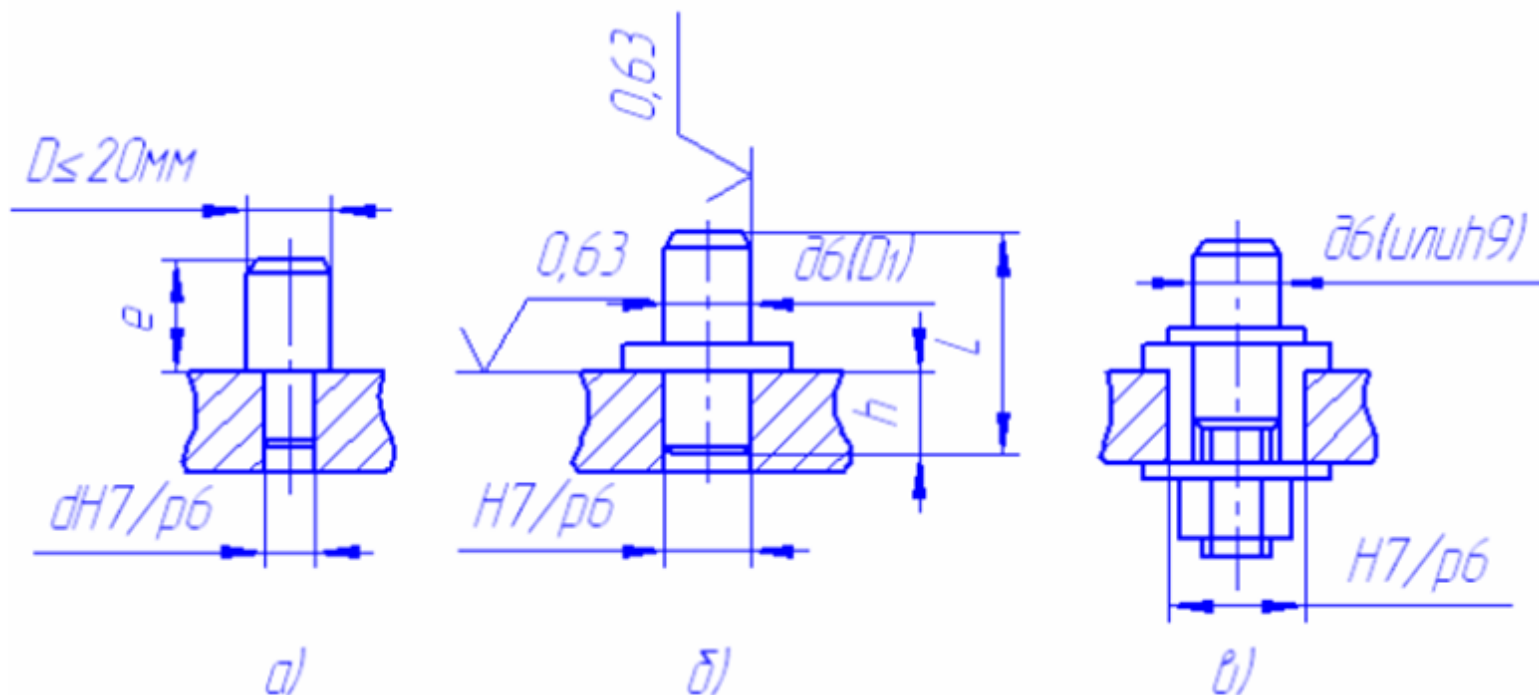
T_D - допуск на диаметр отверстия;

T_d - допуск на диаметр заготовки;

$S_{\Gamma} = D_{\min} - d_{\max}$ - гарантированный зазор.

Перекос основной базы: $\alpha = \arctg \frac{S_{\max}}{e}$

Установочные пальцы



ПОСТОЯННЫЕ

СМЕННЫЕ

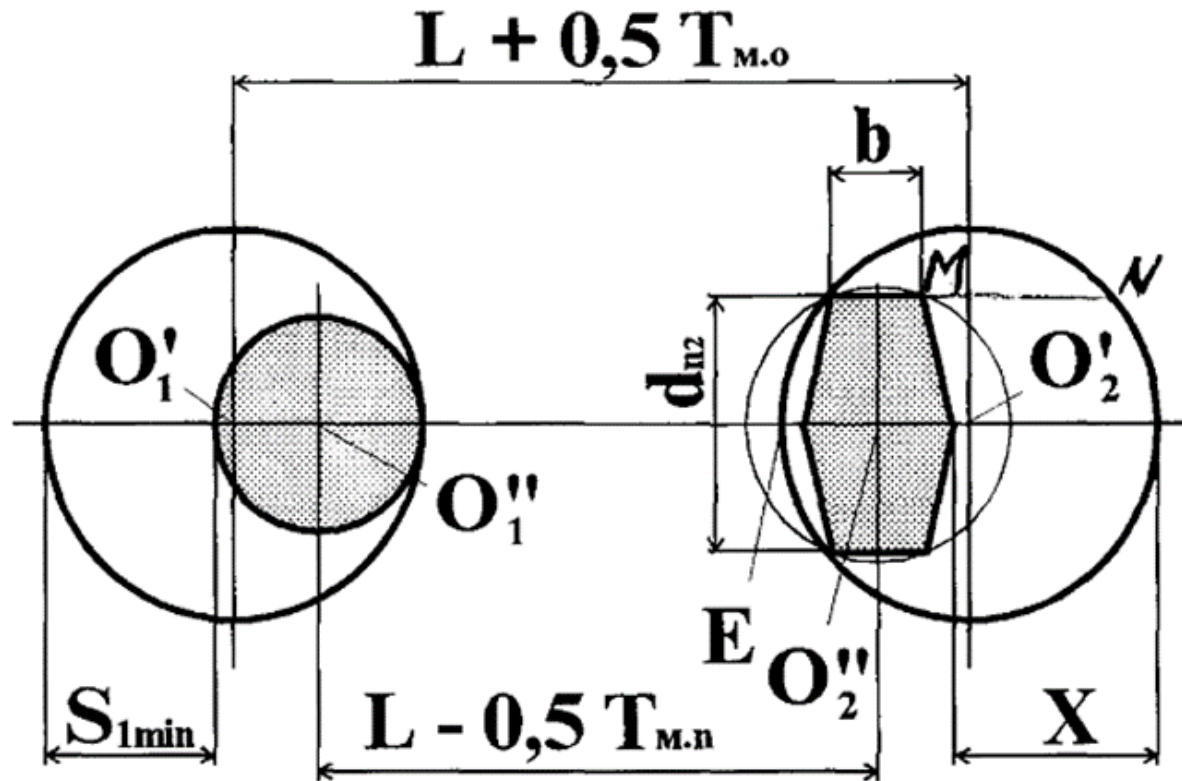
1. Основные размеры пальцев (мм):

$D = 1,6 \div 50$; $d = 2,5 \div 32$; $e = 4 \div 36$; $L = 10 \div 70$.

2. Материал для $D < 16$ мм - сталь марки У8А по ГОСТ 1435; для $> D$ - сталь марки 20Х по ГОСТ 4543. Допускается замена на стали других марок с механическими свойствами не ниже, чем у указанных

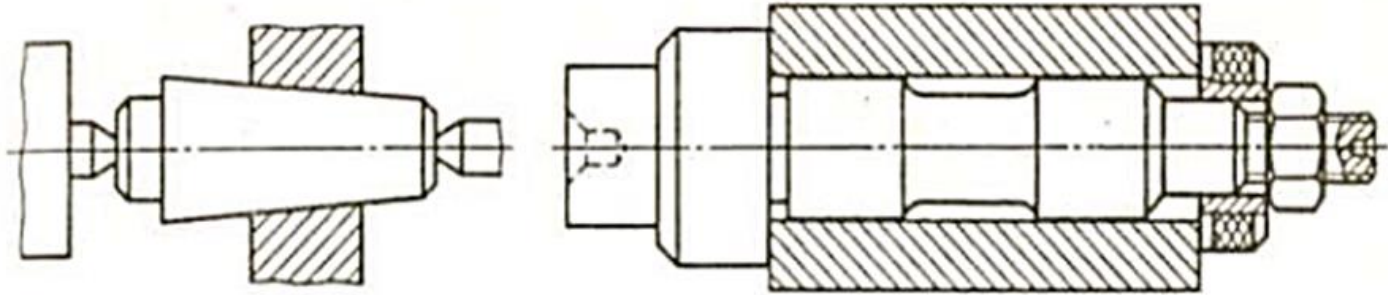
3. Твердость - 56...61 НРС. Цементировать на глубину 0,8-1,2 мм.

Установочные пальцы



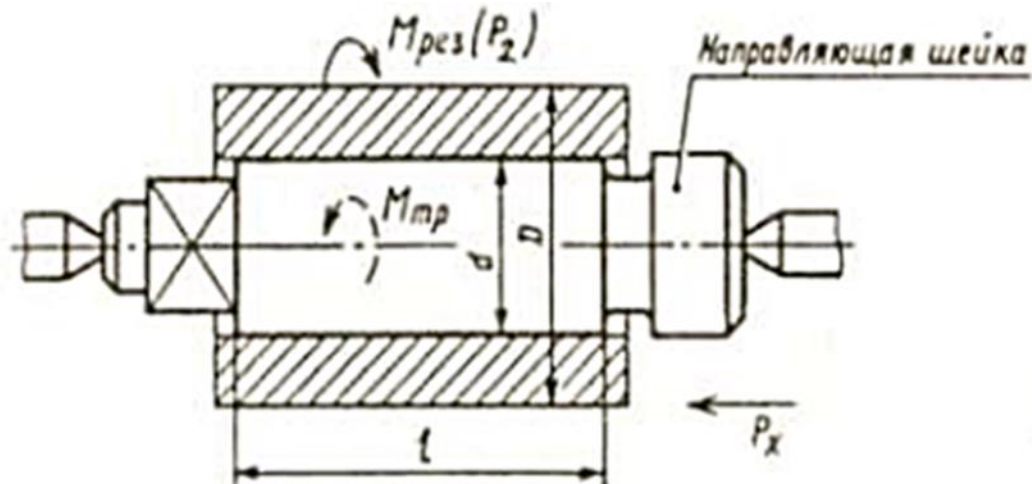
Базирование на цилиндрический и срезанный пальцы

Жесткие оправки



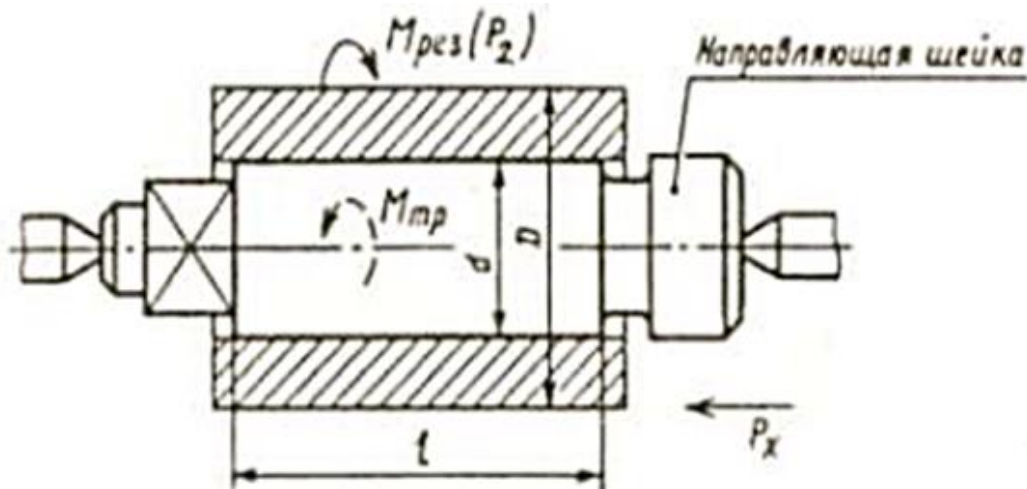
конусная

с гарантированным зазором



с натягом

Жесткие оправки



$$M_{мп} = K \cdot M_{рез} = K \cdot P_z \cdot \frac{D}{2}$$

$$P_{мп} = K \cdot P_x$$

На рабочей поверхности оправки создается равномерно распределенное удельное давление p , в этом случае:

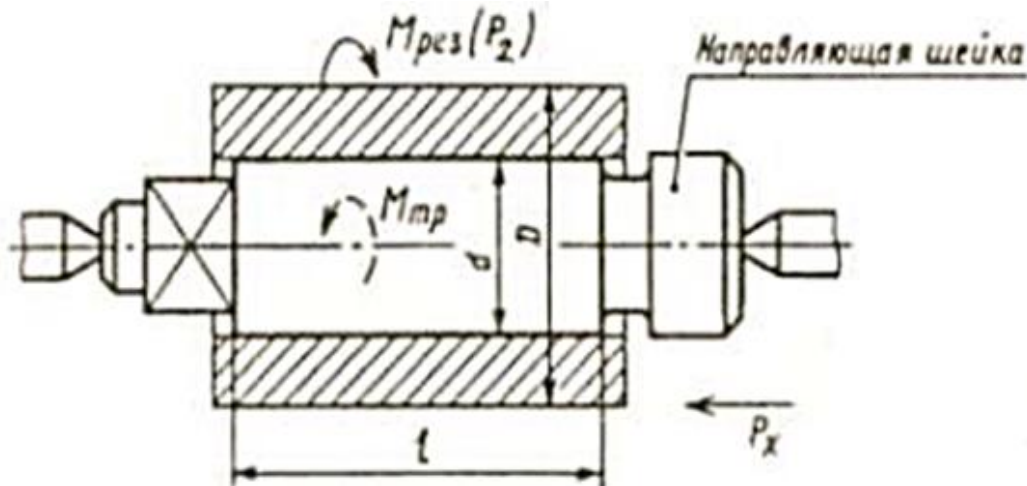
$$M_{мп} = f \cdot p' \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \frac{l}{2};$$

$$P_{мп} = f \cdot p'' \cdot \pi \cdot d \cdot l$$

При одновременном действии $M_{рез}$ и P_x :

$$p = \frac{K}{f \cdot \pi d l} \cdot \sqrt{\frac{P_z^2 \cdot D^2}{d^2} + P_x^2}$$

Жесткие оправки



$$p = \frac{K}{f \cdot \pi d l} \cdot \sqrt{\frac{P_z^2 \cdot D^2}{d^2} + P_x^2}$$

Полный натяг, зависящий от радиальных перемещений вала и отверстия (оправки и заготовки) равен:

$$i = p \cdot d \cdot \left(\frac{C_a}{E_a} + \frac{C_b}{E_b} \right),$$

$$C_a = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_a ;$$

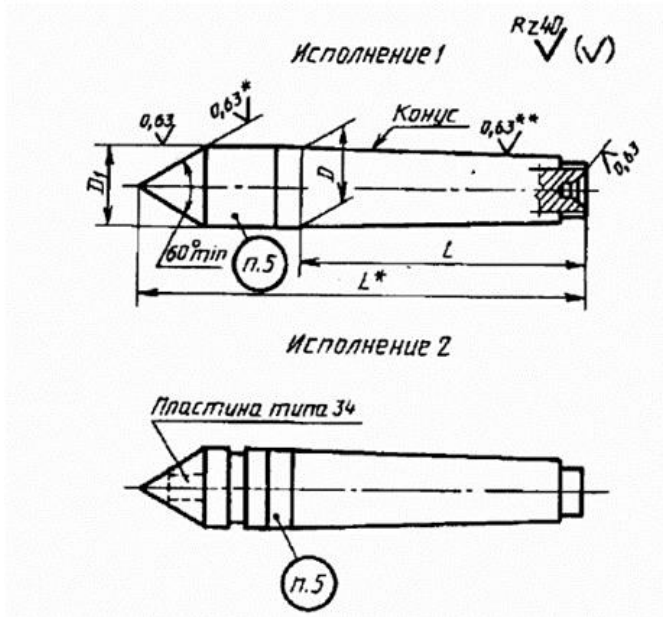
$$C_b = \frac{d_b^2 + d_o^2}{d_b^2 - d_o^2} - \mu_b ;$$

минимально необходимый натяг

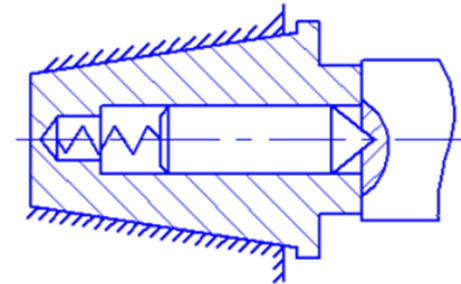
$$i_{\min} = \frac{K}{f \cdot \pi \cdot l} \cdot \sqrt{P_z^2 \cdot \frac{D^2}{d^2} + P_x^2} \cdot \left(\frac{C_a}{E_a} + \frac{C_b}{E_b} \right)$$

Центры

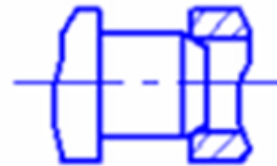
Установка заготовок на центровые гнезда и конические фаски применяют при обработке деталей класса валов и втулок.



Конусы центров 60° исполнения 1 с конусом Морзе по ГОСТ 13214-79



плавающий центр



Срезанный центр

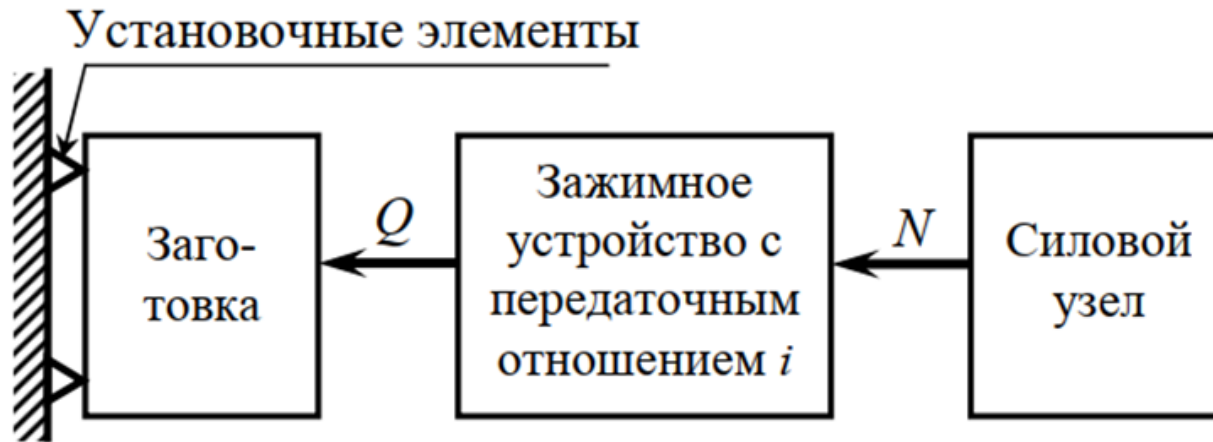


Поводковый центр

Центры выполняют из материала ст.45, У8А, У10А и закаливают до твердости HRC 50-60.

Зажимные механизмы

Структурная схема закрепления заготовки

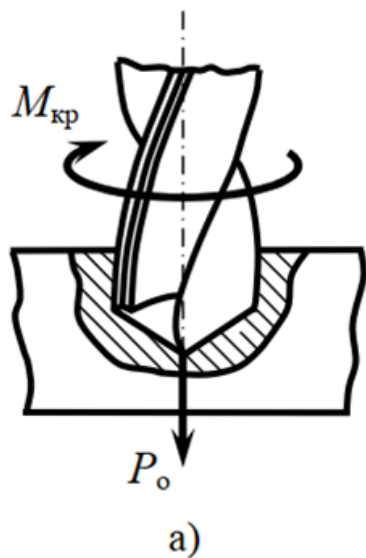


Q – требуемая сила закрепления, которую вырабатывает зажимное устройство; N - исходная сила закрепления, которую вырабатывает силовой узел; i - передаточное отношение зажимного устройства ($i = Q/N$)

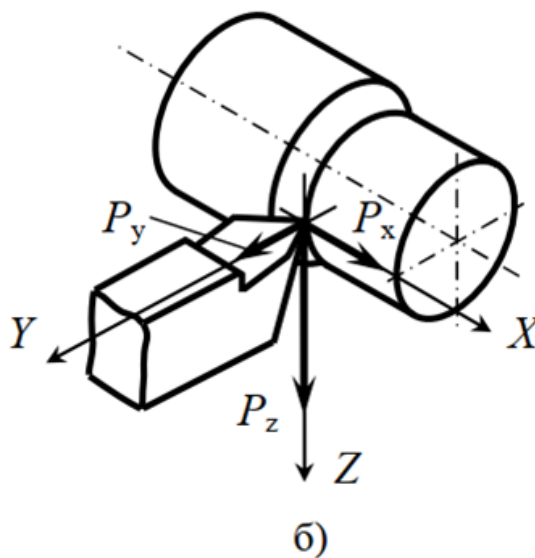
Расчет силы зажима заготовки

1. Силы резания

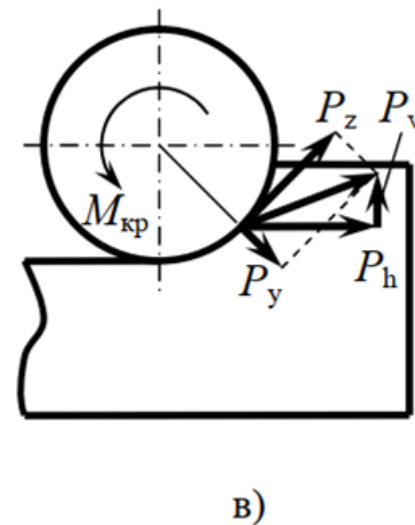
сверление



точение



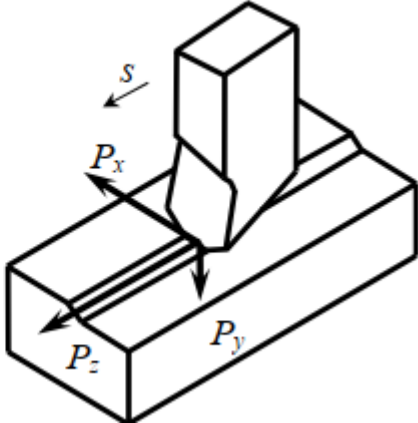
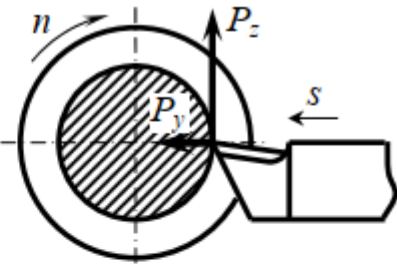
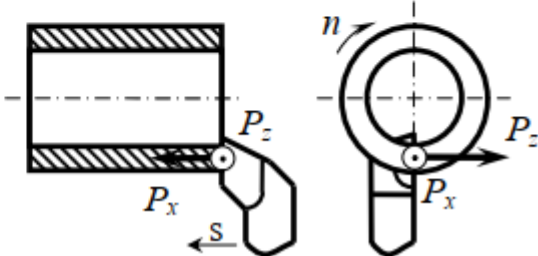
фрезерование



P_o – осевая сила; P_x , P_y , P_z – составляющие силы резания в виде проекций на соответствующие оси системы координат; P_h – горизонтальная составляющая силы резания; P_v – вертикальная составляющая силы резания; $M_{кр}$ – крутящий момент силы резания

Расчет силы зажима заготовки

1. Силы резания

<p>Строгание</p> <p>(P_z – составляющая, параллельная направлению резания; P_x – составляющая силы резания, действующая в горизонтальном направлении и сдвигающая заготовку; P_y – составляющая силы резания, действующая в вертикальном направлении и прижимающая заготовку к столу)</p>	
<p>Разрезание, отрезание, точение канавки резцом</p> <p>(P_x – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки; P_y – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки)</p>	
<p>Точение трубы, подрезка торца резцом</p> <p>(P_z – тангенциальная сила, касательная к поверхности резания; P_x – сила подачи, действующая параллельно оси заготовки)</p>	

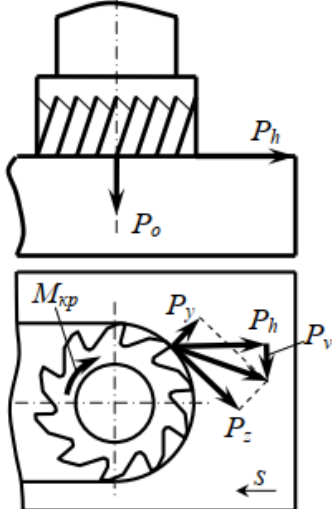
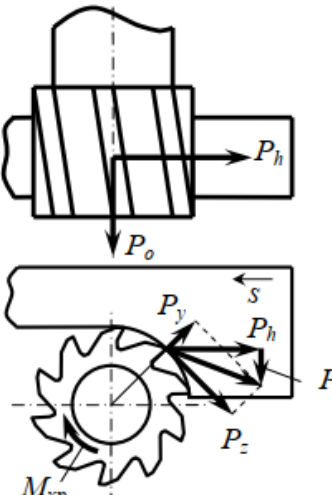
Расчет силы зажима заготовки

1. Силы резания

<p>Фрезерование (встречное) дисковой или цилиндрической прямозубой фрезой</p> <p>(P_h – горизонтальная составляющая, направлена навстречу подаче; P_v – вертикальная составляющая, обращена вверх, отрывает заготовку)</p>	
<p>Фрезерование (попутное) дисковой или цилиндрической прямозубой фрезой</p> <p>(P_h – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку)</p>	
<p>Фрезерование (попутное) цилиндрической фрезой с винтовым зубом</p> <p>(P_h – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку; P_o – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы)</p>	

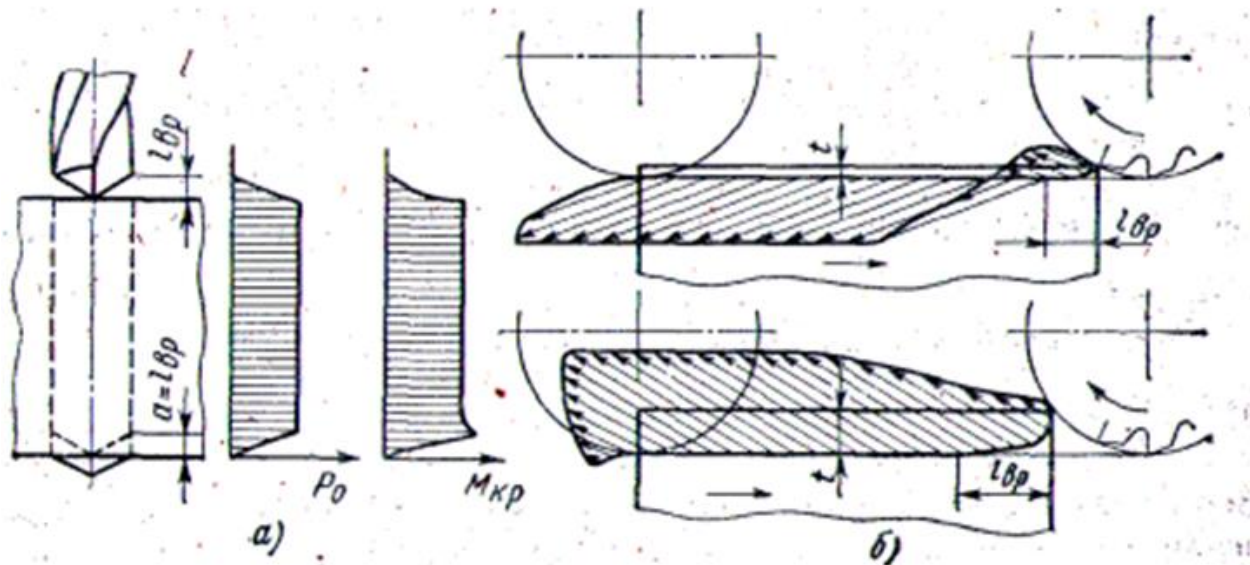
Расчет силы зажима заготовки

1. Силы резания

<p>Торцевое фрезерование (встречное) торцевой фрезой или торцевыми зубьями концевой фрезы, фрезерование шпоночной канавки по схеме спуска</p> <p>(P_h – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку; P_o – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы)</p>	 <p>The diagram illustrates end milling. The top part shows a 3D view of a cylindrical end mill cutting into a workpiece. A vertical force P_o acts downwards on the workpiece, and a horizontal force P_h acts to the right. The bottom part shows a 2D cross-section of the end mill's teeth. The cutting force is decomposed into three components: P_y (vertical, downwards), P_z (horizontal, to the right), and P_x (tangential, along the cutting direction). A torque M_{xp} is shown acting on the end mill's axis. The feed direction s is indicated by an arrow pointing to the left.</p>
<p>Фрезерование (встречное) боковыми зубьями концевой фрезы, фрезерование шпоночной канавки по предварительно просверленному отверстию</p> <p>(P_h – горизонтальная составляющая, действует в направлении подачи; P_v – вертикальная составляющая, направлена вниз, прижимает заготовку; P_o – сила, действующая в направлении оси вращения фрезы)</p>	 <p>The diagram illustrates side milling. The top part shows a 3D view of a cylindrical end mill cutting into a workpiece. A vertical force P_o acts downwards on the workpiece, and a horizontal force P_h acts to the right. The bottom part shows a 2D cross-section of the end mill's teeth. The cutting force is decomposed into three components: P_y (vertical, downwards), P_z (horizontal, to the right), and P_x (tangential, along the cutting direction). A torque M_{xp} is shown acting on the end mill's axis. The feed direction s is indicated by an arrow pointing to the left.</p>

Расчет силы зажима заготовки

1. Силы резания



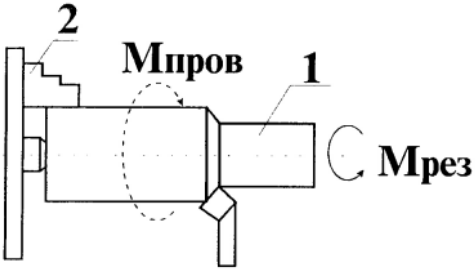
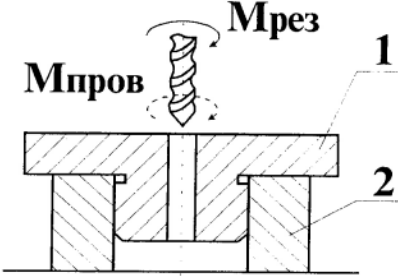
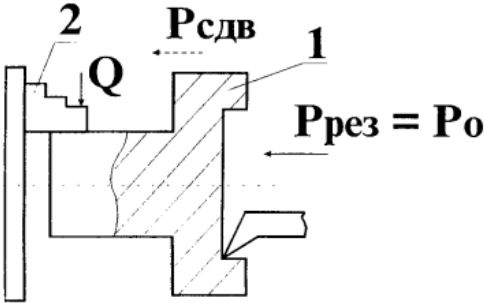
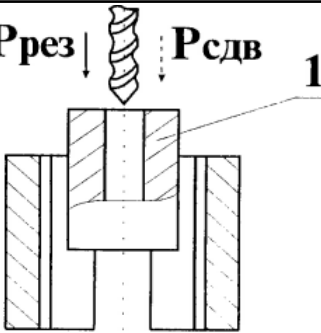
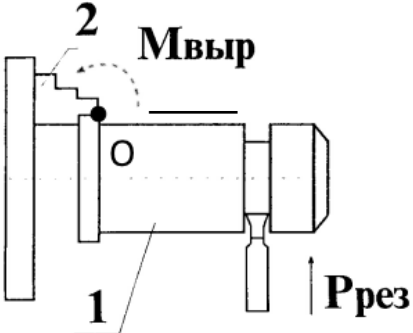
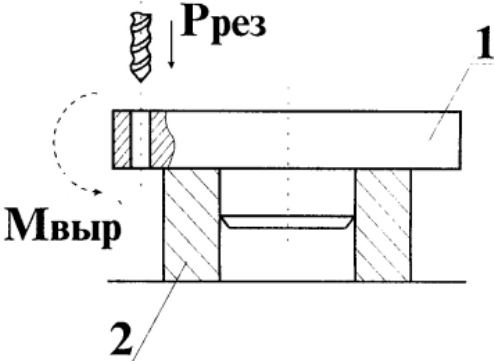
Эпюры:

а – осевых сил и моментов при сверлении сквозного отверстия;

б – равнодействующей силы при фрезеровании; $L_{вр}$ – путь
врезания сверла; t – глубина резания

Расчет силы зажима заготовки

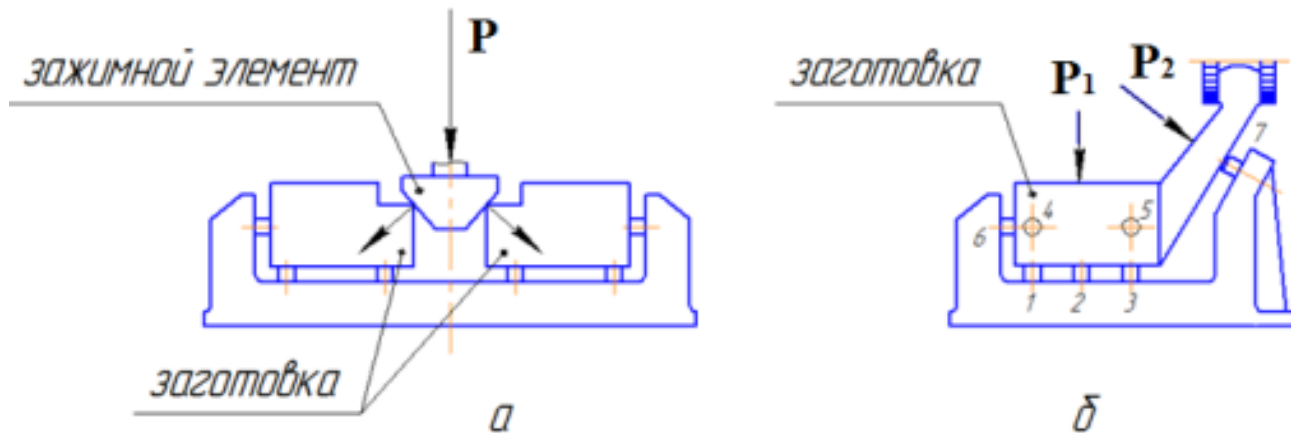
Направления перемещения заготовки под действием сил резания

Токарная обработка	Сверление
	
Проворачивание	
$M_{зак} = k M_{рез}$	
Сдвиг	
	
$Q = k \cdot P_{рез}$	
	
$M_{зак} = k M_{выр}$	

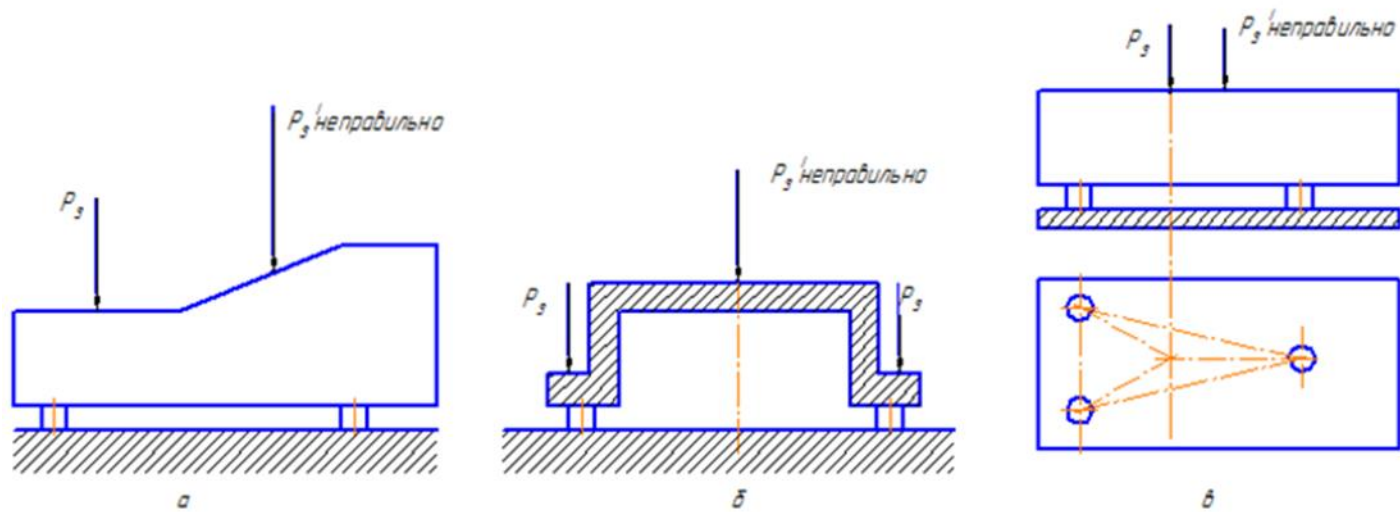
Расчет силы зажима заготовки

Значение коэффициента k_2

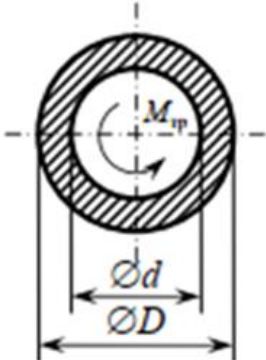
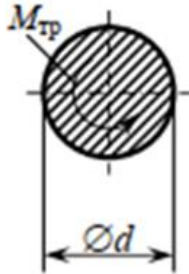
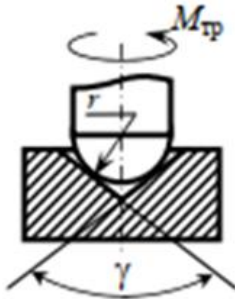
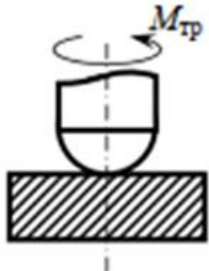
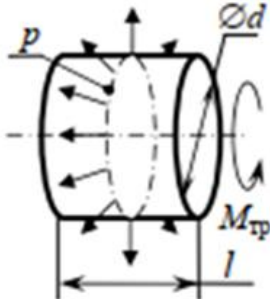
Метод обработки	Компоненты резания	Значения	
		для чугуна	для стали
Сверление	$M_{кр}$	1,2	1,0
	P_o	1,1	1,0
Зенкерование предварительное	$M_{кр}$	1,3	1,0
	P_o	1,2	1,0
Зенкерование чистовое	$M_{кр}$	1,2	1,0
	P_o	1,2	1,0
Предварительное точение и растачивание	P_z	1,0	1,0
	P_y	1,2	1,4
	P_x	1,25	1,6
Чистовое точение и растачивание	P_z	1,05	1,00
	P_y	1,40	1,05
	P_x	1,30	1,00
Фрезерование предварительное и чистовое цилиндрической фрезой	P_z	1,2 – 1,4	1,6 – 1,8
Фрезерование предварительное и чистовое торцевой фрезой	P_z	1,2 – 1,4	1,6 – 1,8
Шлифование	P	1,0	1,1 – 1,2
Протягивание	P	1,0	1,5



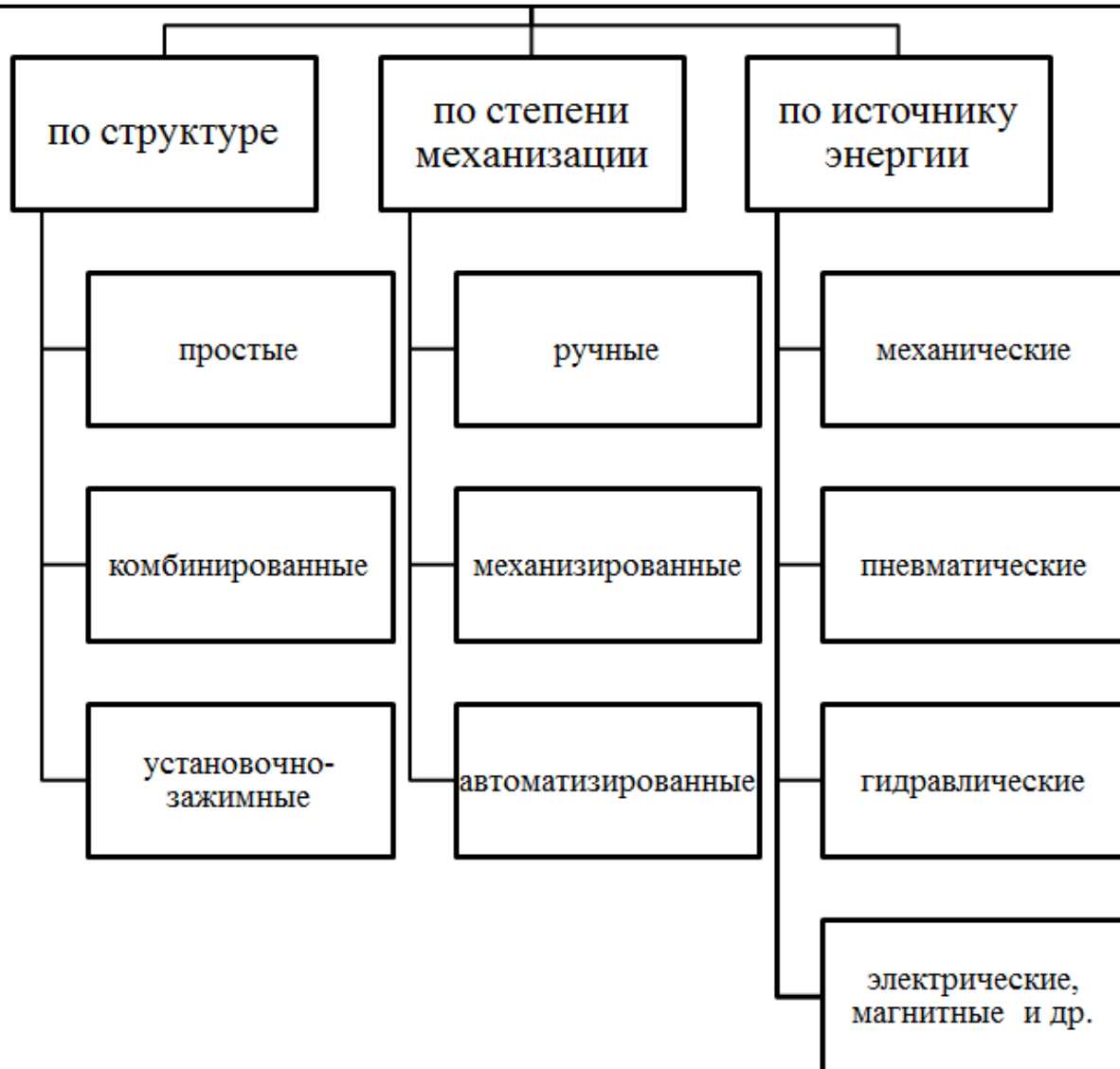
а – закрепление одновременно двух заготовок;
 б – направление усилия к наибольшей площади контакта



Расчет силы зажима заготовки

По кольцевой площадке	По круговой площадке	По конусу и сфере	По плоскости и сфере
$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} Rf \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$	$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} Rfd$	$M_{\text{тр}} = Rfr \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}$	$M_{\text{тр}} = 0$
			
По резьбе	По опоре	По цилиндрическим поверхностям	
$M_{\text{тр}} = Rr_{\text{ср}} \operatorname{tg}(\rho \pm \alpha)$	$M_{\text{тр}} = fRL$		$M_{\text{тр}} = \frac{\pi d^2 l p f}{2}$
<p>$r_{\text{ср}}$ – средний радиус резьбы, ρ – угол трения резьбы ($10^\circ 30'$), α – угол подъема резьбы $\operatorname{tg} \alpha = \frac{s}{2\pi r_{\text{ср}}}$, s – шаг резьбы</p>	<p>L – расстояние от опоры до оси вращения</p>		<p>p – давление на поверхности контакта сопрягаемых деталей, l – длина контакта</p>

Классификация зажимных (силовых) механизмов

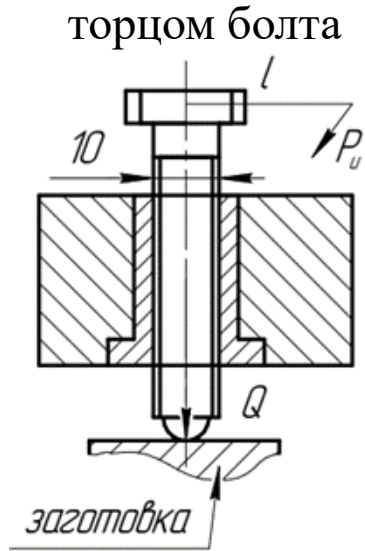


Винтовые зажимы

1) Определяется номинальный (наружный) диаметр резьбы винта

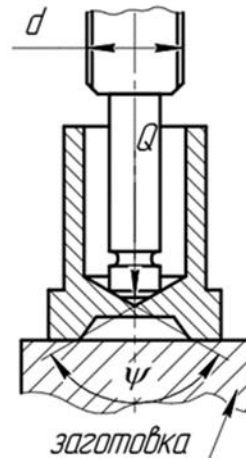
$$d = C \sqrt{\frac{Q}{[\sigma]}}$$

2) Рассчитывают исходную силу зажима $P_{и}$



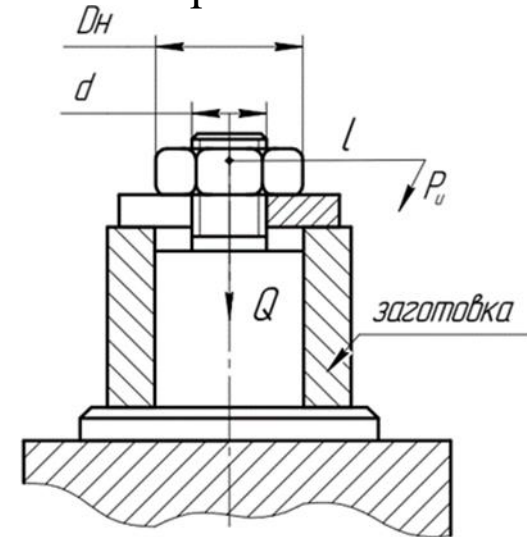
$$P_{и} = \frac{r_{CP} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{ПР})}{l} Q,$$

опорной пятой



$$P_{и} \cong \frac{0,1d + 0,15R \operatorname{ctg} \psi / 2}{l} Q$$

гайкой с быстросменной шайбой



$$P_{и} \cong \frac{0,1d + 0,05(D_H^3 - d^3) / (D_H^2 - d^2)}{l} Q$$

C - коэффициент, для основной метрической резьбы $C=1,4$;

Q - потребная сила зажима, Н;

$[\sigma]$ - допускаемое напряжение растяжения (сжатия), для винтов из стали 45, с учетом износа резьбы можно принимать $[\sigma]=80-100$ Мпа;

r_{cp} - средний радиус резьбы (можно принимать $r_{cp}=0,45d$);

α - угол подъема резьбы (для резьбы от М8 до М52, α изменяется от $3^\circ 10'$ до $1^\circ 51'$);

$\varphi_{ПР}$ - приведенный угол трения в резьбе ($\varphi_{ПР}=10^\circ 30'$)

R - радиус торца винта,

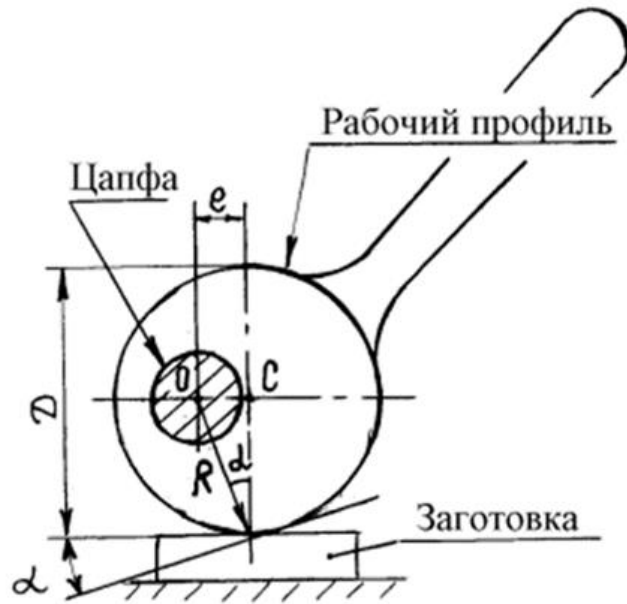
ψ - угол опорной поверхности,

D_H - наружный диаметр опорного торца гайки,

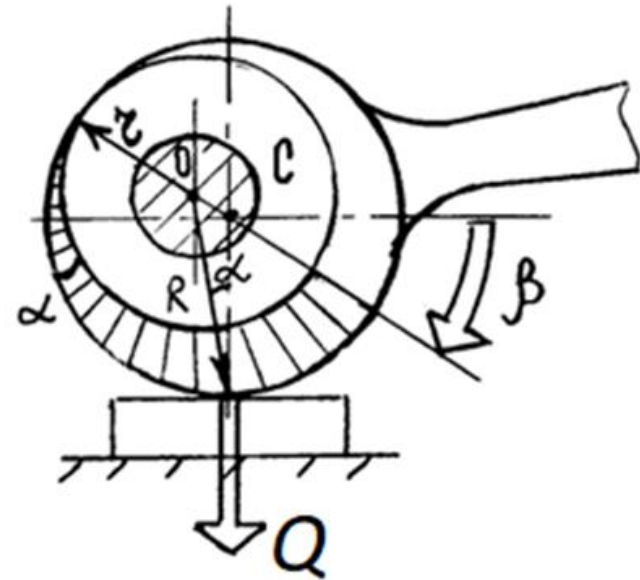
l - плечо силы $P_{и}$ (длина рукоятки ключа).

3) Из вышеприведенных формул определяется плечо силы $P_{и} - l$.

Эксцентрикивые зажимы



Круглый эксцентрик



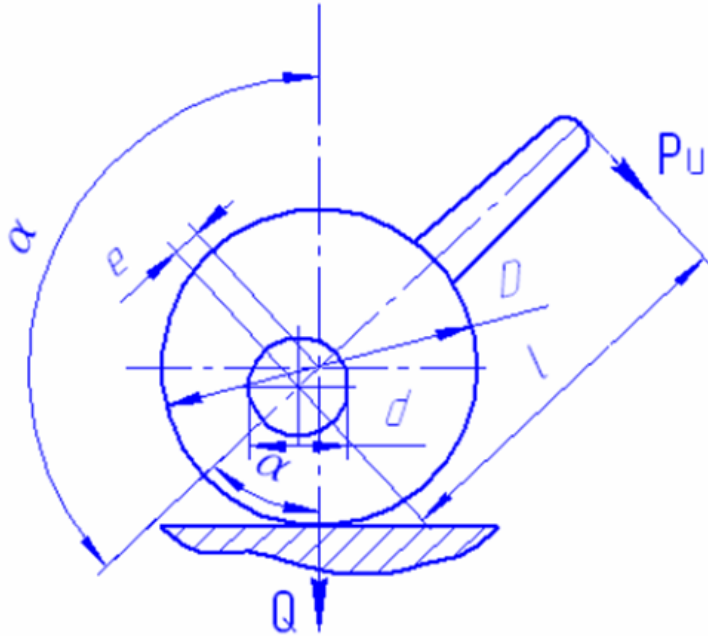
Круглый эксцентрик в виде клинового зажима

Усилие зажима Q и ход эксцентрика в направлении силы зажима зависят от его линейных и угловых параметров (рис. 19):

- диаметра рабочего профиля D ;
- эксцентриситета e ;
- радиуса поворота R ;
- усилия, приложенного извне к рукоятке $P_{и}$
- усилия, приложенного извне к рукоятке $P_{и}$
- коэффициентов трения на контактных поверхностях рабочего профиля f_1 и цапфы f_2 ;
- угла клина α ;
- угла поворота эксцентрика β ;
- длины рукоятки L ;

Эксцентрикивые зажимы

Схема сил в круговом эксцентрике



$$P_H \cong \frac{e[1 + \sin(\alpha' + \varphi)]}{l} Q.$$

$$\text{При } \varphi = 8^\circ \text{ и } \alpha' = 84^\circ \quad P_H \cong \frac{2e}{l} Q$$

Ширина рабочей части эксцентрика

$$B = \frac{0,0175Q \cdot E}{R \cdot \sigma_{см}^2},$$

где e – эксцентриситет;

$\alpha' = (180^\circ - \alpha)$, α – угол поворота эксцентрика от начального положения;

φ – угол трения в месте приложения усилия Q ($\text{tg } \varphi = f = 0,12 \div 0,15$);

E – модуль упругости материала эксцентрика;

R – радиус наружной поверхности эксцентрика;

$\sigma_{см}$ – допустимое напряжение смятия.

Стандартные круговые эксцентрики (ГОСТ 9061-68) имеют размеры

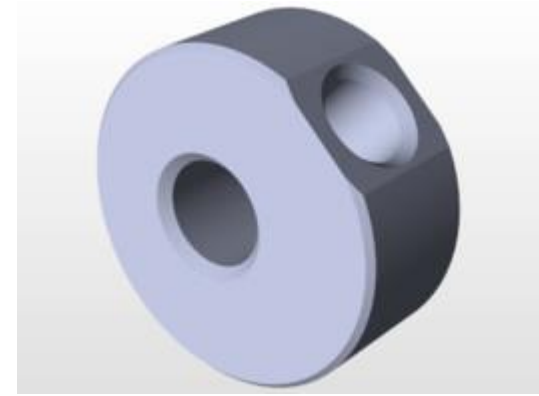
$D = 32 \div 70$ мм, $e = 1,7 \div 4$ мм.

Эксцентрикивые зажимы

Схема сил в круговом эксцентрике

Стандартные круговые эксцентрики (ГОСТ 9061-68) имеют размеры
 $D = 32 \div 70$ мм, $e = 1,7 \div 4$ мм.

Следовательно, линейный ход у них небольшой и их нельзя применять для зажима заготовок с большим колебанием размера в направлении зажима.



Эксцентрики должны быть *самотормозящими* при зажиме любой точкой профиля, т.е. после зажима обрабатываемой детали не должны изменять своего положения.

Соотношение размеров эксцентрика, которое удовлетворяет условию самоторможения:

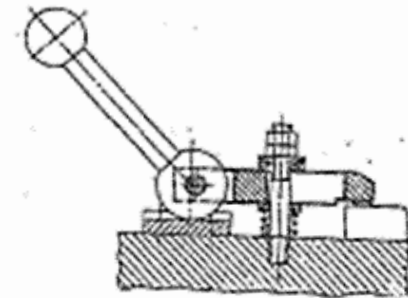
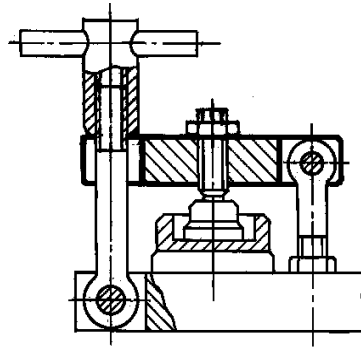
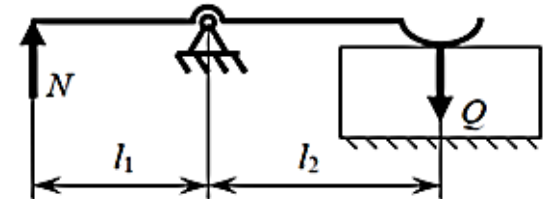
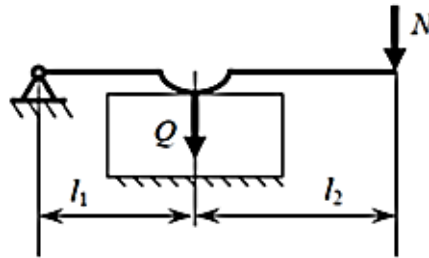
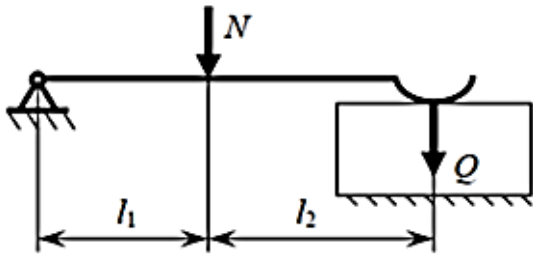
$$\frac{D}{e} \geq 14$$

Рычажные механизмы



Рычажные механизмы

Схема сил рычажного зажима



$$P_{II} \cong \frac{l_1 + l_2}{l_1 \eta} Q$$

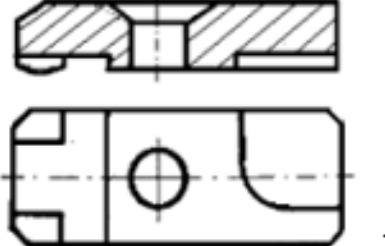
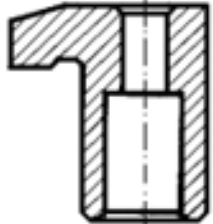
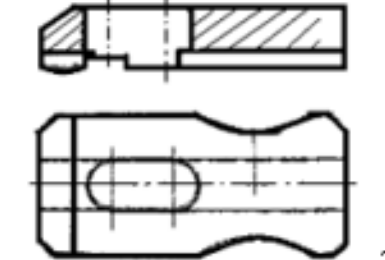
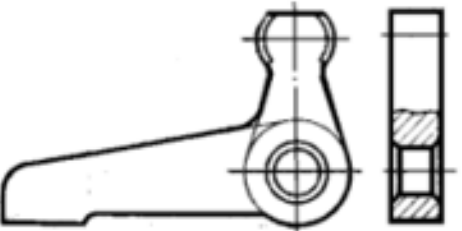
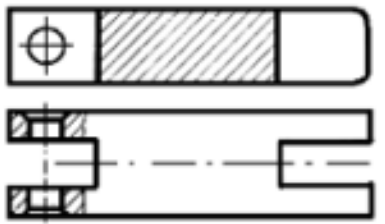
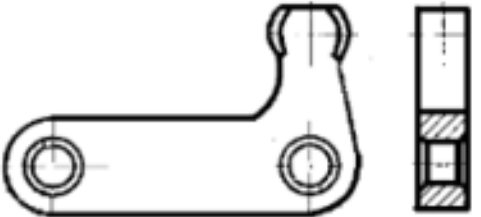
$$P_{II} \cong \frac{l_1}{(l_1 + l_2) \eta} Q$$

$$P_{II} \cong \frac{l_2}{l_1 \eta} Q$$

l_1 и l_2 – длины рычагов,

$\eta = 0,85$ – КПД с учетом расходов на трение в опоре.

Рычажные механизмы

Название	Схема	Название	Схема
Прихваты поворотные (ГОСТ 4734-69)		Прихваты Г-образные ГОСТ 14733-69	
Прихваты передвижные ГОСТ 4735-69 ГОСТ 12937-67		Рычаги угловые ГОСТ 12471-67	
Прихваты откидные ГОСТ 4736-69		Рычаги угловые с двумя отверстиями ГОСТ 12472-67	

Клиновые и клиноплунжерные механизмы

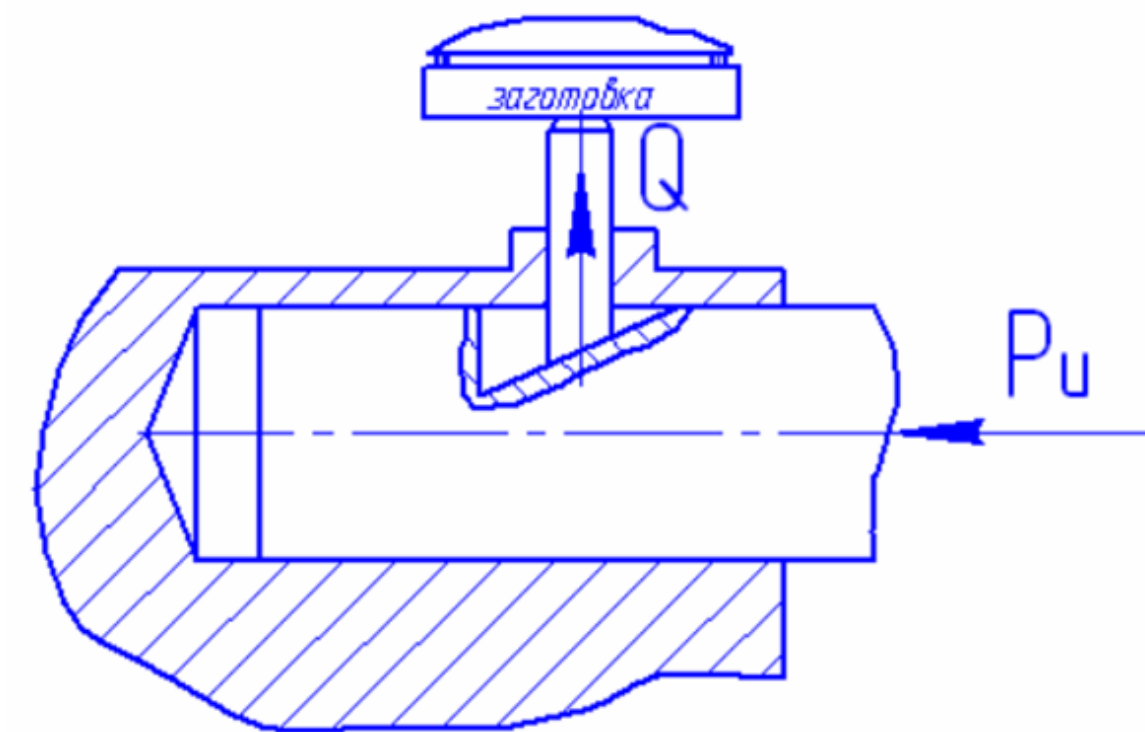
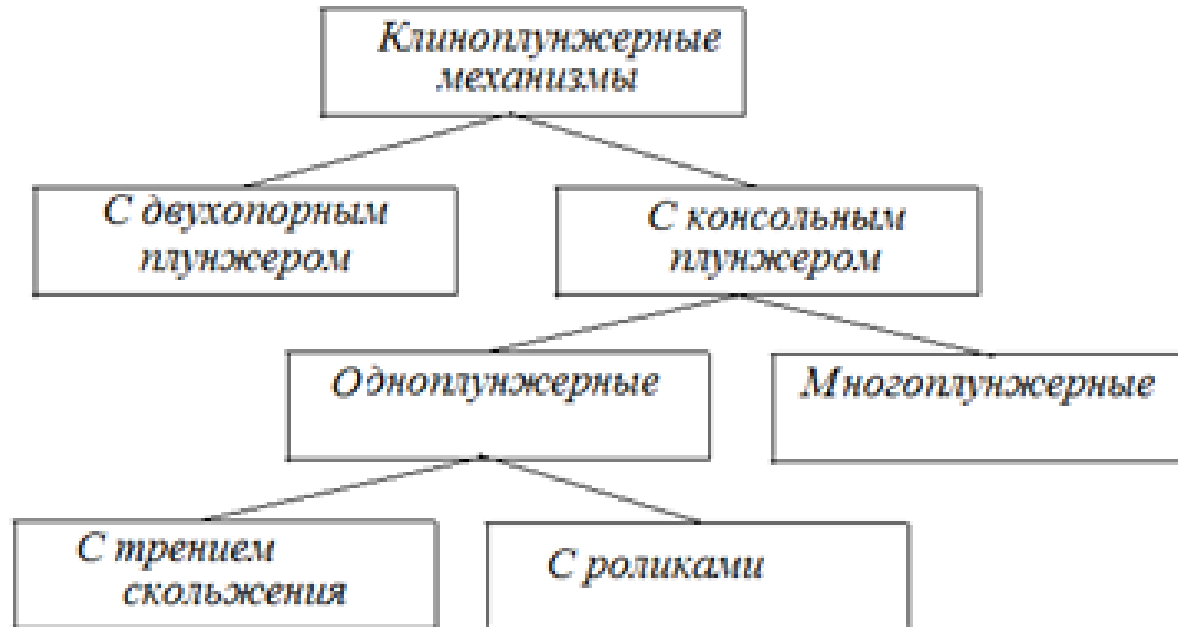


Схема закрепления клиноплунжерным механизмом

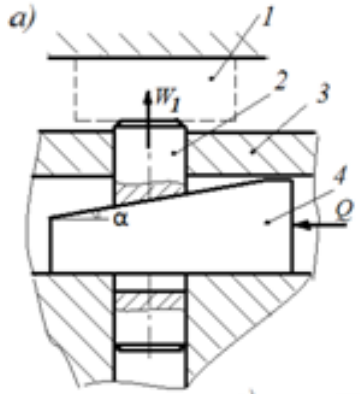
Клиновые и клиноплунжерные механизмы

Классификация клиноплунжерных механизмов

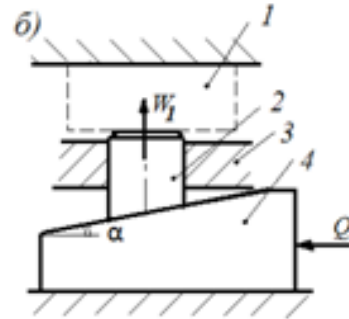


Клиновые и клиноплунжерные механизмы

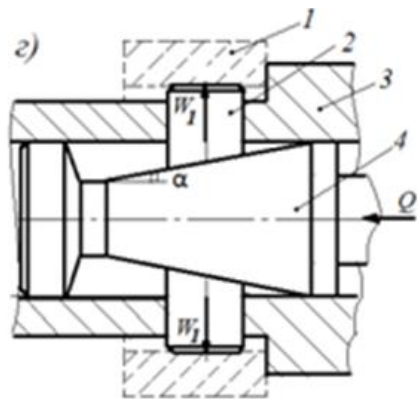
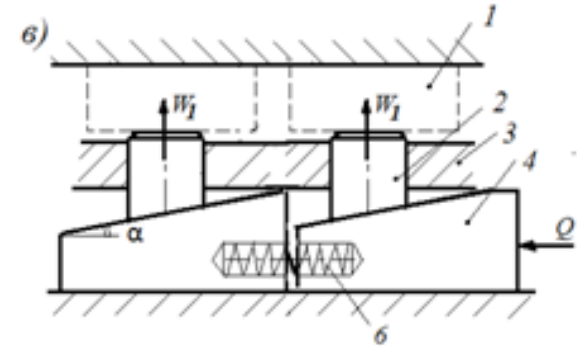
Классификация клиноплунжерных механизмов



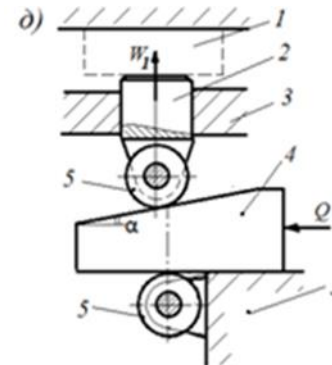
с двух опорным плунжером



с консольным плунжером



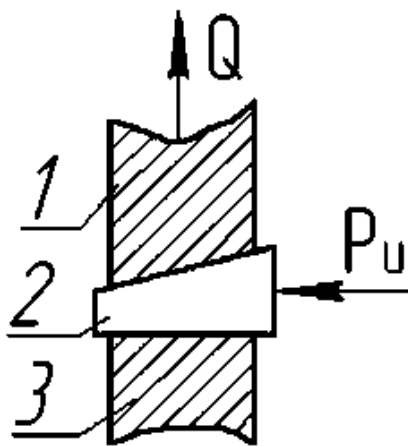
многоплунжерные



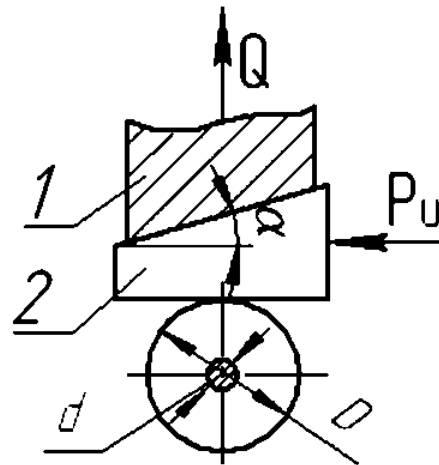
с консольным плунжером и роликами

Клиновые и клиноплунжерные механизмы

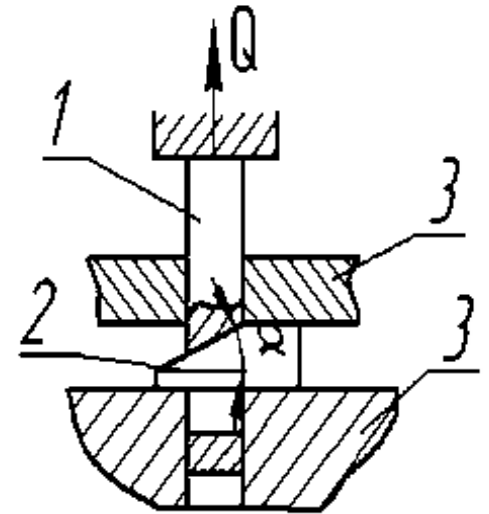
Схема сил клиноплунжерных механизмов



а)



б)



в)

$$P_{И} = [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1]Q$$

$$P_{И} = [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_{1\text{пр}}]Q$$

$$P_{И} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)\operatorname{tg}\varphi_2} Q$$

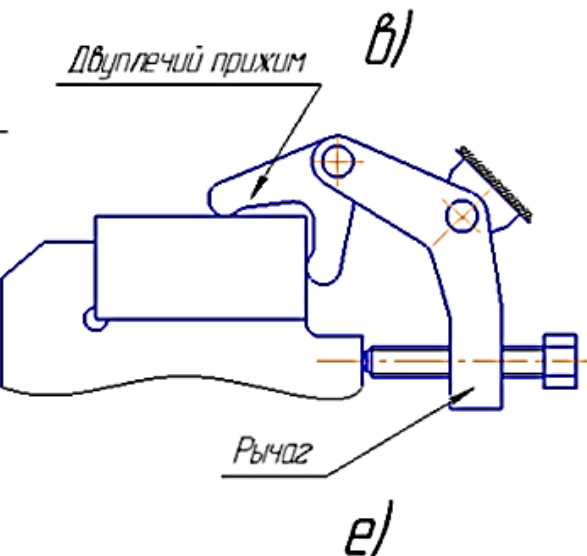
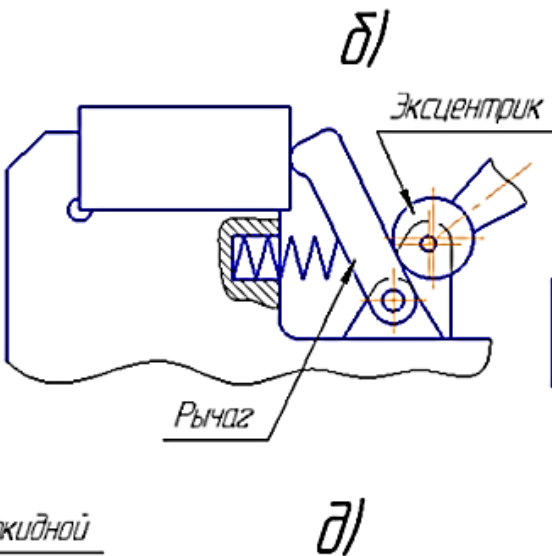
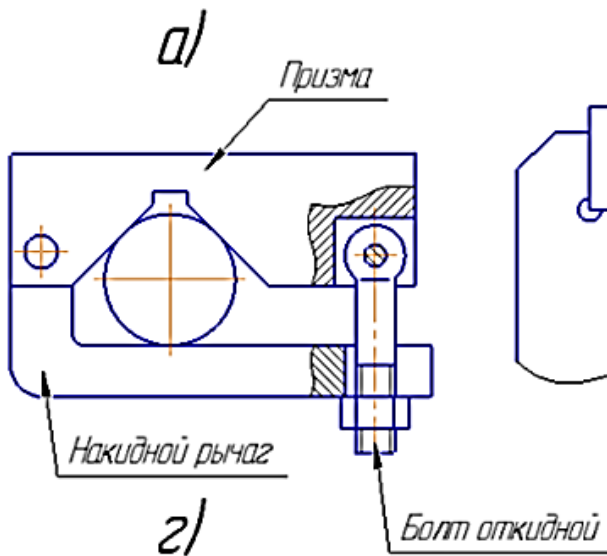
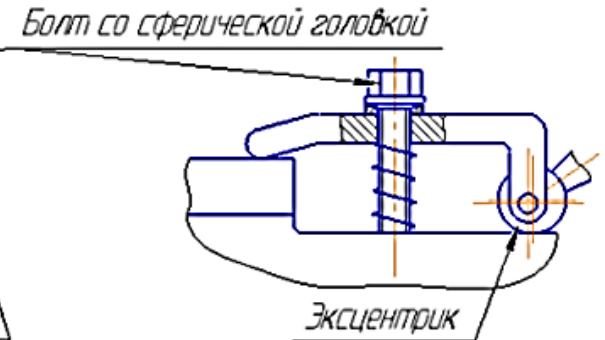
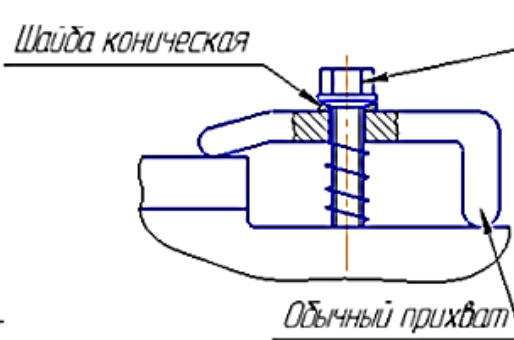
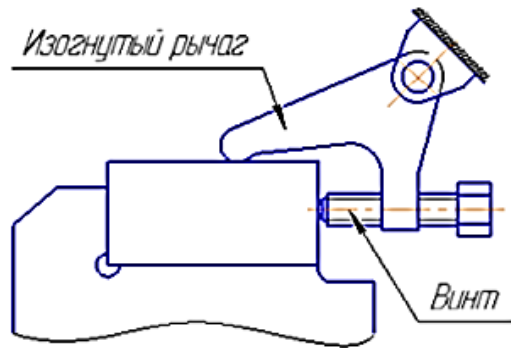
α – угол клина; φ - угол трения между плунжером и клином ($\operatorname{tg} \varphi = f = 0,1 \div 0,15$);

φ_1 – угол трения между клином и корпусом ($\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1 = 0,1 \div 0,15$);

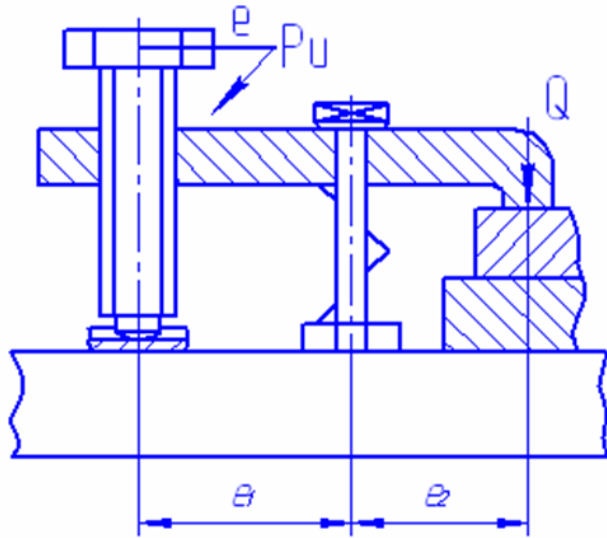
$\varphi_{1\text{пр}}$ – приведенный угол трения между клином и роликом ($\operatorname{tg} \varphi_{1\text{пр}} = f_1 = d/D$);

φ_2 – угол трения между плунжером и корпусом ($\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2 = 0,1 \div 0,15$).

Комбинированные зажимные механизмы

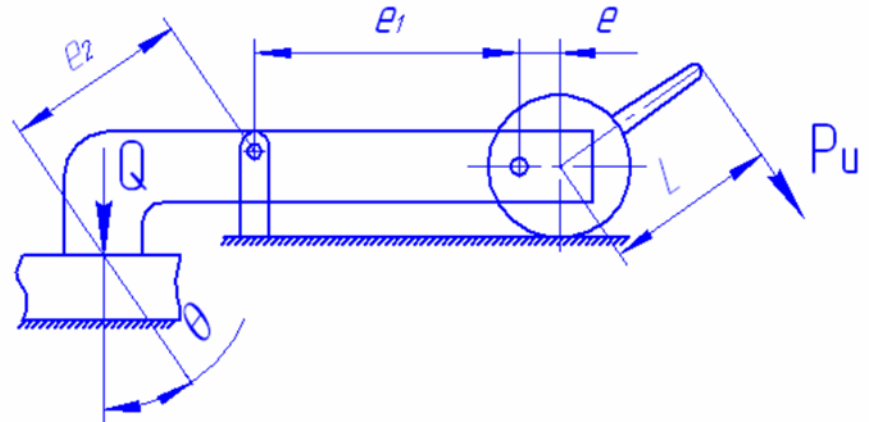


Комбинированные зажимные механизмы



Винто-рычажный прихват

$$P_{И} = \frac{r_{CP} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{ПР})}{l} \frac{l_2}{l_1 \eta} Q$$

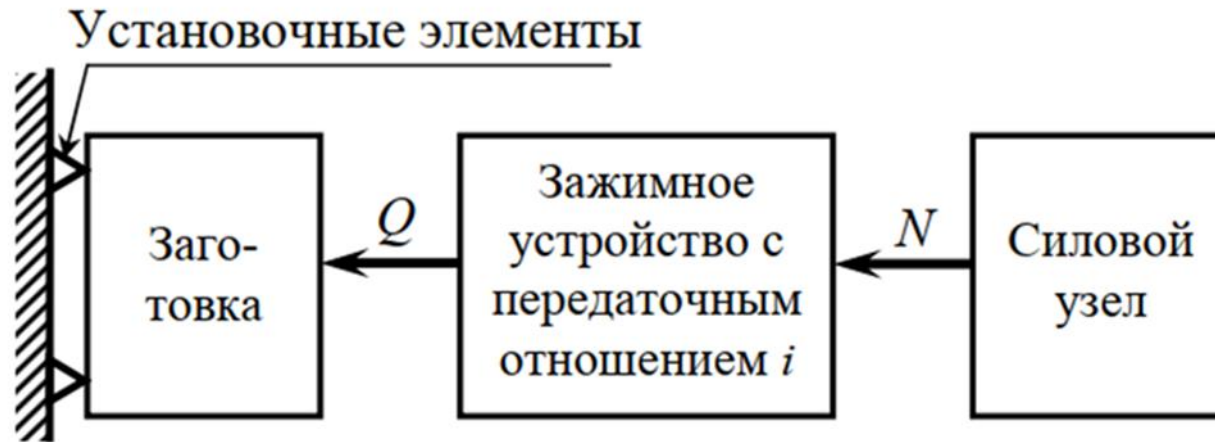


Эксцентрико-рычажный прихват

$$P_{И} = \frac{e[1 + \sin(\alpha' + \varphi)]}{L} \frac{l_2 \cos \theta}{l_1 \eta} Q$$

θ – угол между плечами рычага к направлению действия силы

Комбинированные зажимные механизмы



Передаточное отношение сил:

$$i = \frac{Q}{N}$$

Передаточное отношение перемещений:

$$i_n = \frac{S(N)}{S(Q)}$$

Для комбинированных механизмов: $i = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_k$; $i_n = i_{n1} \cdot i_{n2} \cdot \dots \cdot i_{nk}$; $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_k$

Сила зажима Q , развиваемая комбинированным механизмом:

$$Q = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_k \cdot N$$

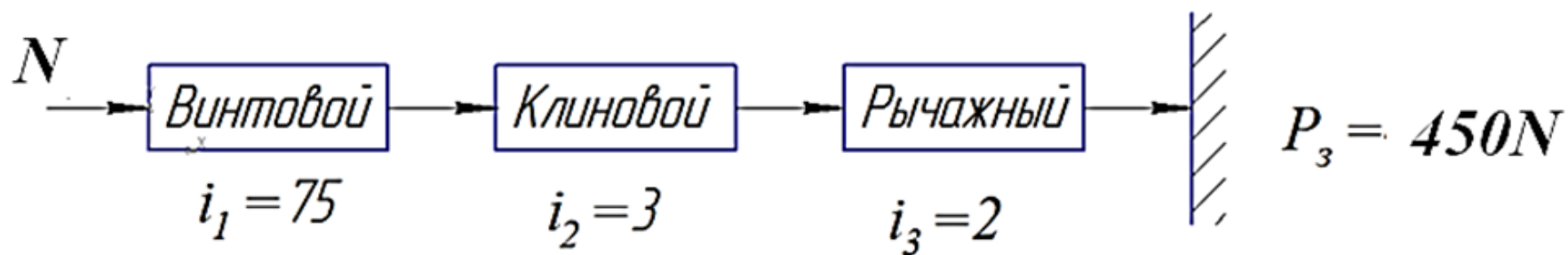
i_1 ; i_{n1} ; η_1 – характеристики первого простого механизма;

i_2 ; i_{n2} ; η_2 – характеристики второго простого механизма;

k – число простых механизмов;

N – исходная сила на рукоятке или штоке привода.

Комбинированные зажимные механизмы



Установочно-зажимные механизмы

Установочно-зажимные механизмы - это оправки и патроны, которые позволяют одновременно базировать и закреплять заготовки на станках:

кулачковые, цанговые, мембранные, с тарельчатыми пружинами, с гидропластмассой и др.

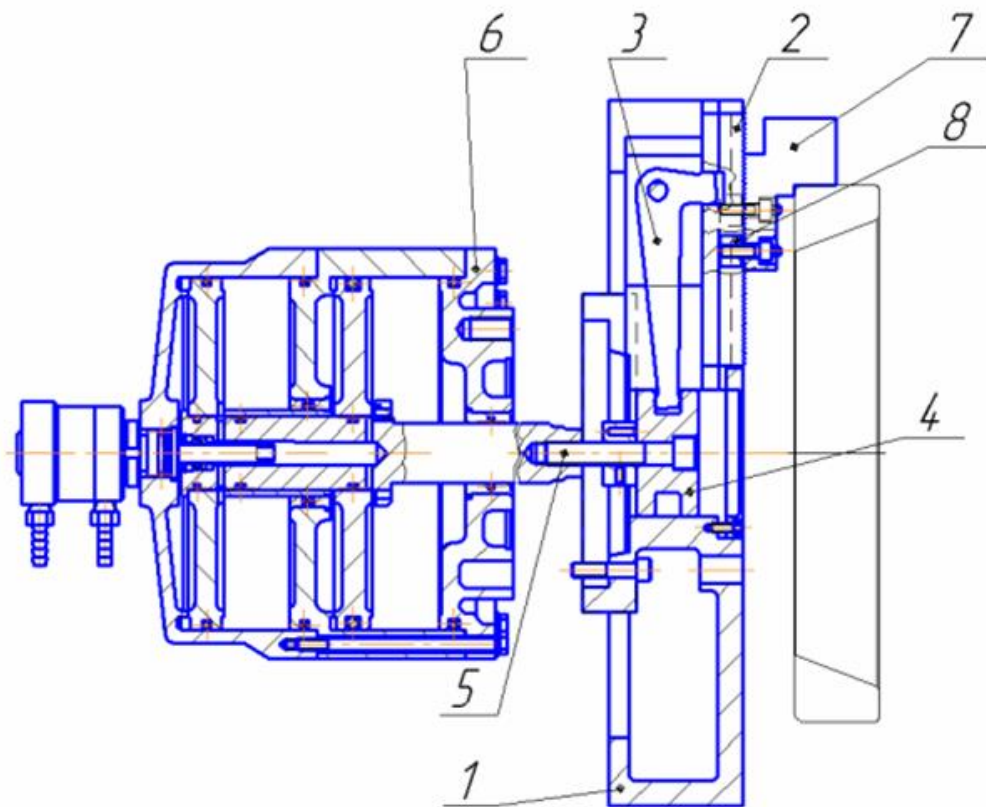
Патроны – приспособления, которые базируют и закрепляют заготовку по наружной базовой поверхности.

К патронам предъявляются следующие основные требования:

- высокая точность центрирования заготовок;
- быстрота установки заготовок и переналадки патрона;
- надежность закрепления заготовок;
- прочность, жесткость, износостойчивость.



Схема 3-х кулачкового рычажного патрона с пневмоприводом

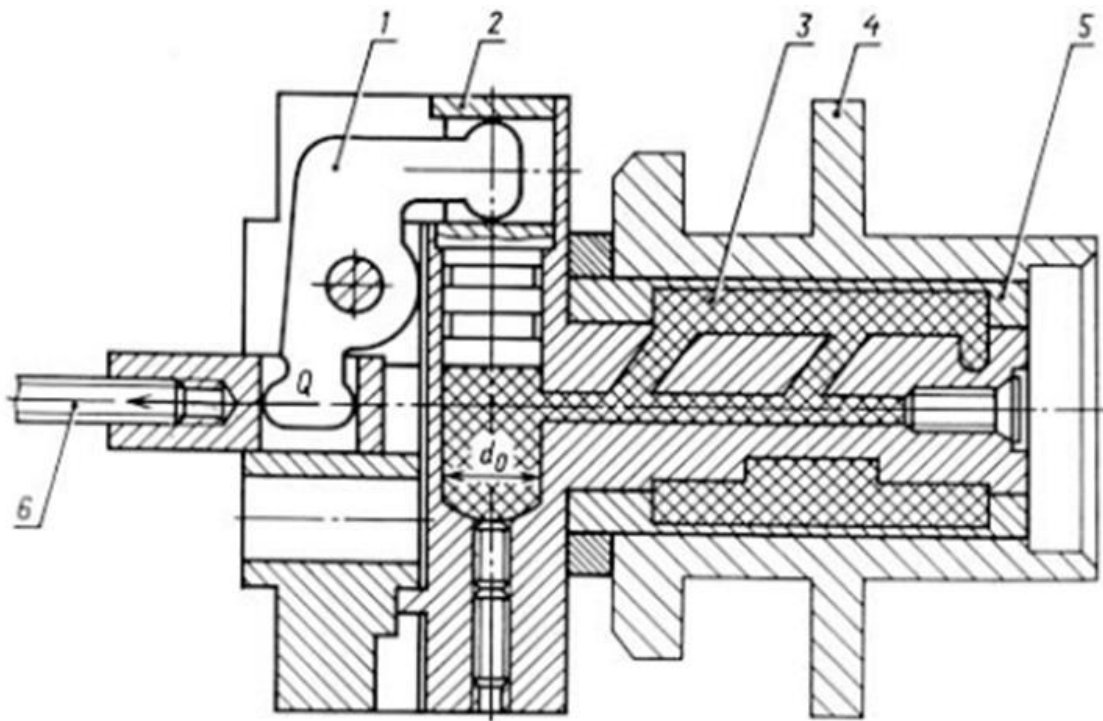


- 1 – корпус патрона;
- 2 – кулачки;
- 3 – рычаги;
- 4 – скользящая муфта;
- 5 – винт;
- 6 – тяга пневмопривода;
- 7 – сменные губки 7;
- 8 – Т-образные сухари 8.

Установочно-зажимные механизмы

Оправки – это приспособления, которые применяются для установки заготовок по базовому отверстию.

Схема концевой оправки с гидропластмассой

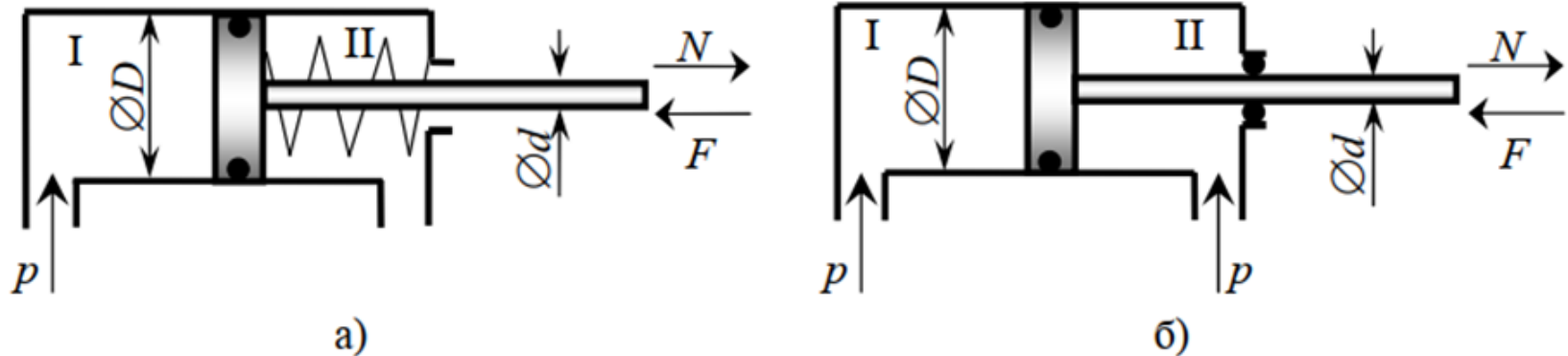


- 1 – рычаг;
- 2 – плунжер;
- 3 – гидропластмасса;
- 4 – заготовка;
- 5 – втулка;
- 6 – тяга

Силовые приводы станочных приспособлений

Пневмоцилиндры

Схема конструкции пневмо- и гидроцилиндров одностороннего (а) и двустороннего (б) действия



D – диаметр цилиндра; d – диаметр штока; N – толкающая сила; F – тянущая сила в штоке; p – давление воздуха или масла подаваемых в цилиндры;
 I – поршневая полость; II – штоковая полость

а) для цилиндров одностороннего действия с возвратной пружиной:

$$N = \frac{\pi D^2}{4} p \eta - q \quad F = q$$

б) для цилиндров двустороннего действия:

$$N = \frac{\pi D^2}{4} p \eta \quad F = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta$$

где

q – сила противодействия пружины;

η – коэффициент полезного действия цилиндра ($\eta = 0,85 \div 0,9$)

Пневмоцилиндры

Время срабатывания пневмоцилиндра

$$t_c = \frac{DL}{d_0 V}$$

D – диаметр пневмоцилиндра;

L – длина хода поршня;

d_0 - диаметр воздуховода;

V – скорость перемещения воздуха ($V=180$ м/с при

$p = 5$ кгс/см² (атм)).

В пневмодвигателях применяют уплотнения:

- манжеты V-образного сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней и штоков (а);
- кольца круглого сечения из маслостойкой резины для уплотнения поршней, штоков и неподвижных соединений (б).

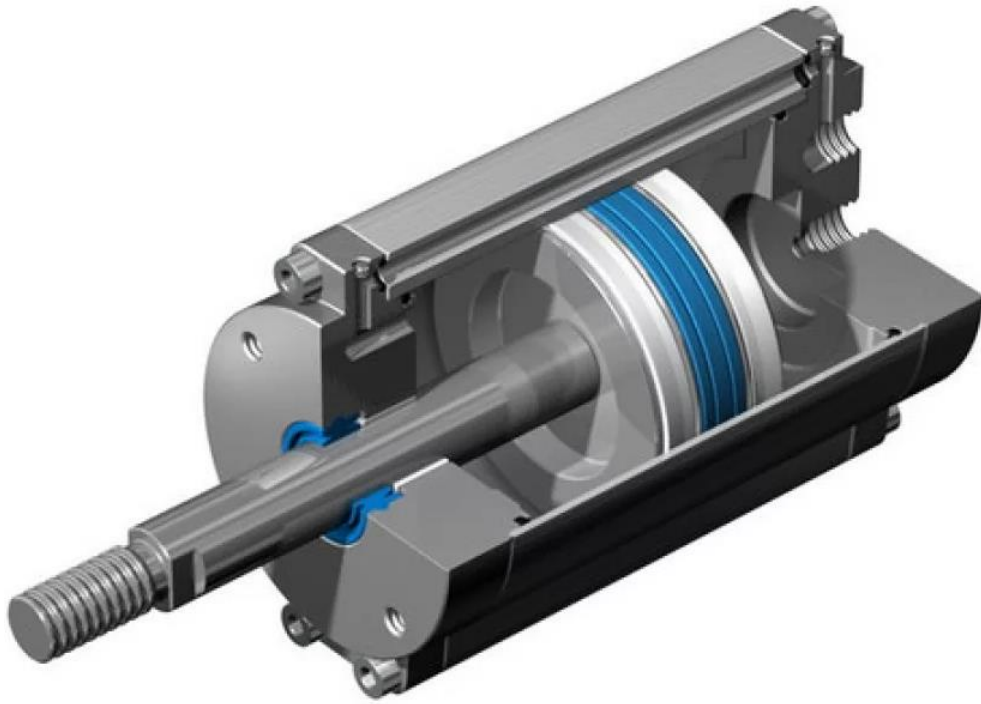


а



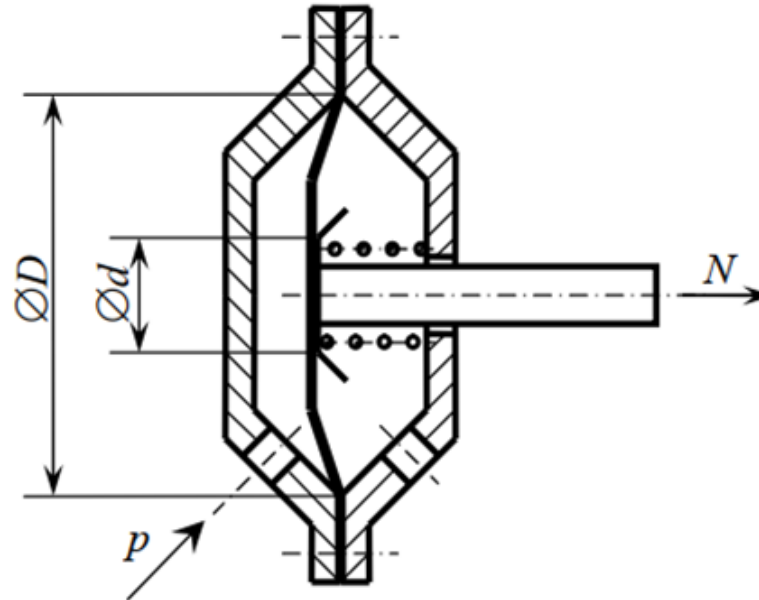
б

Пневмоцилиндры



Пневмокамеры

конструкция из двух литых или штампованных чашек, между которыми зажата упругая диафрагма (мембрана) со штоком



D – диаметр диафрагмы; d – диаметр опорного диска диафрагмы; N – толкающая сила на штоке;
 p – давление воздуха, подаваемого в пневмокамеру

Особенность пневмокамер – изменение величины силы на штоке N при перемещении штока из исходного положения в конечное.

Пневмокамеры

Формулы для определения параметров пневмокамер одностороннего действия

Тип мембраны	N, при разном положении мембраны		Длина рабочего хода штока, L	Диаметр опорных дисков d
Резино-тканевая	В исходном	$N = \frac{\pi}{16} (D + d)^2 p - q$	$L = (0.25 \div 0.32)D$	d = 0,7D
	При ходе 0,3D для тарельчатых диафрагм 0,07D для плоских диафрагм	$N_L = \frac{0,75\pi}{16} (D + d)^2 p - q$		
Резиновая плоская	В исходном	$N = \frac{\pi}{4} d^2 p - q$	$L = (0.18 \div 0.22)D$	d = D - 2h - (2 ÷ 4) мм
	При ходе 0,22D	$N_L = \frac{0.9\pi}{4} d^2 p - q$		

N – сила на штоке пневмокамеры в исходном положении; N_L – сила на штоке пневмокамеры при ходе; D – диаметры диафрагмы; d – диаметр опорного диска (шайбы) диафрагмы; q – сила противодействия пружины, p – давление воздуха, подаваемого в пневмокамеру, h – толщина диафрагмы

Пневмокамеры

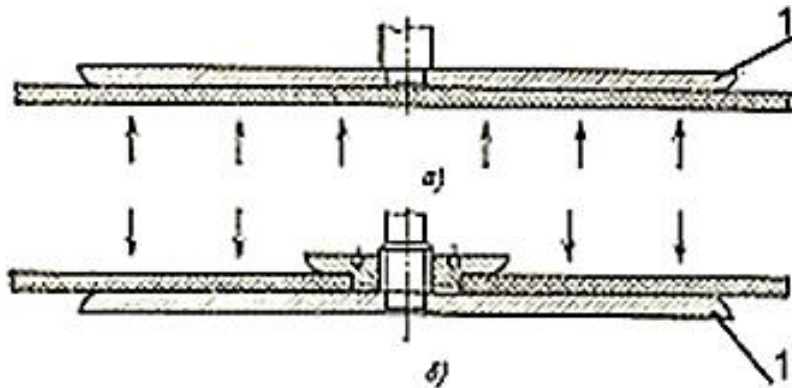
Достоинства

- простота конструкции;
- надежность.

Недостаток

- уменьшение силы закрепления по мере увеличения хода штока.

Способы крепления мембраны

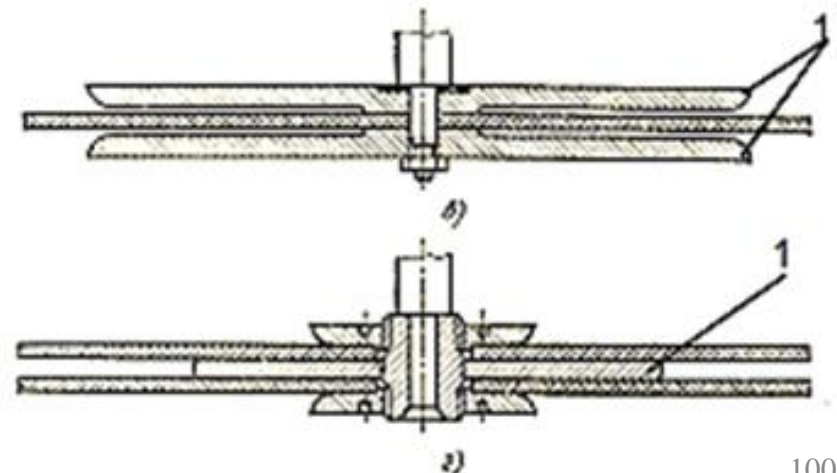


а – для мембранных пневмоцилиндров одностороннего действия при расположении рабочей полости со стороны, противоположной штоку;

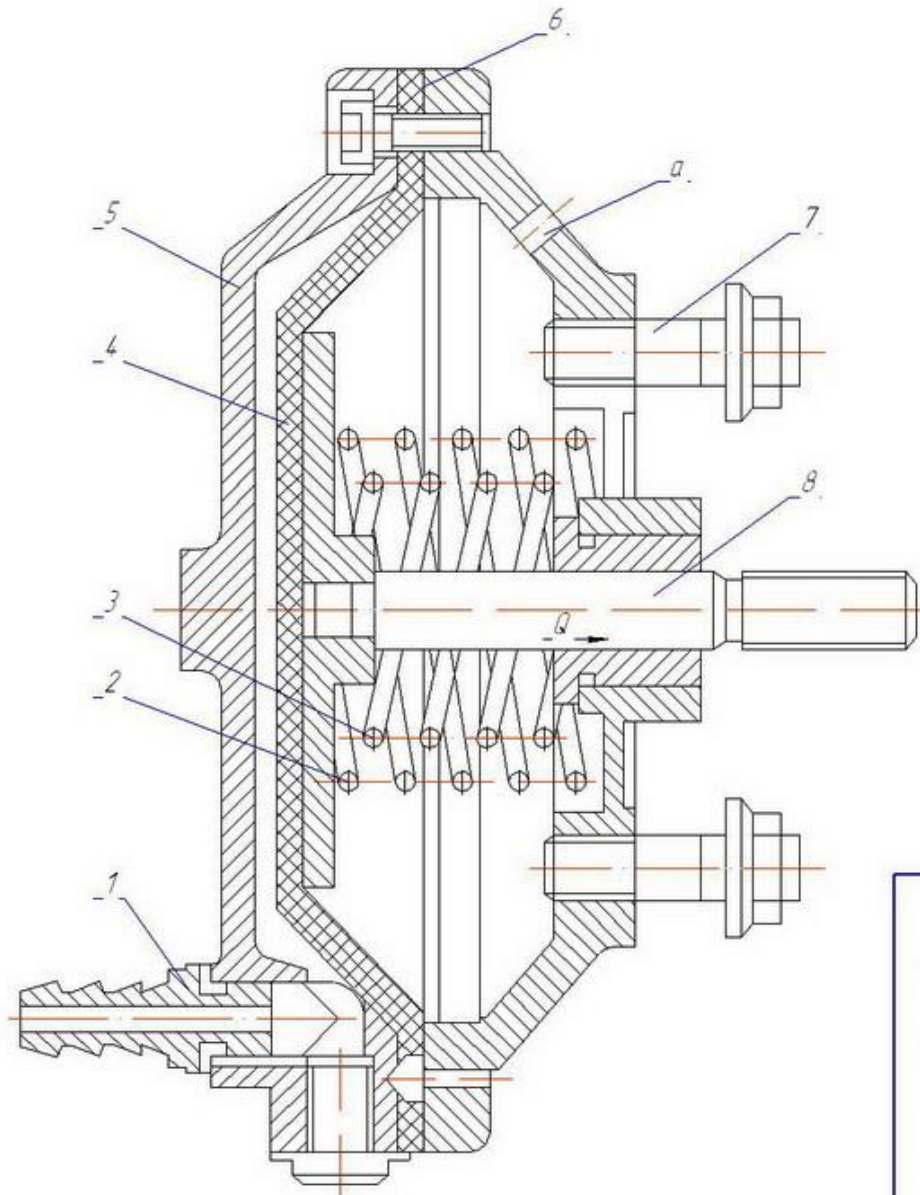
б – то же, но со стороны штока

в – для пневмоцилиндров двухстороннего действия с двумя опорными шайбами;

г – с закреплением мембраны двумя гайками

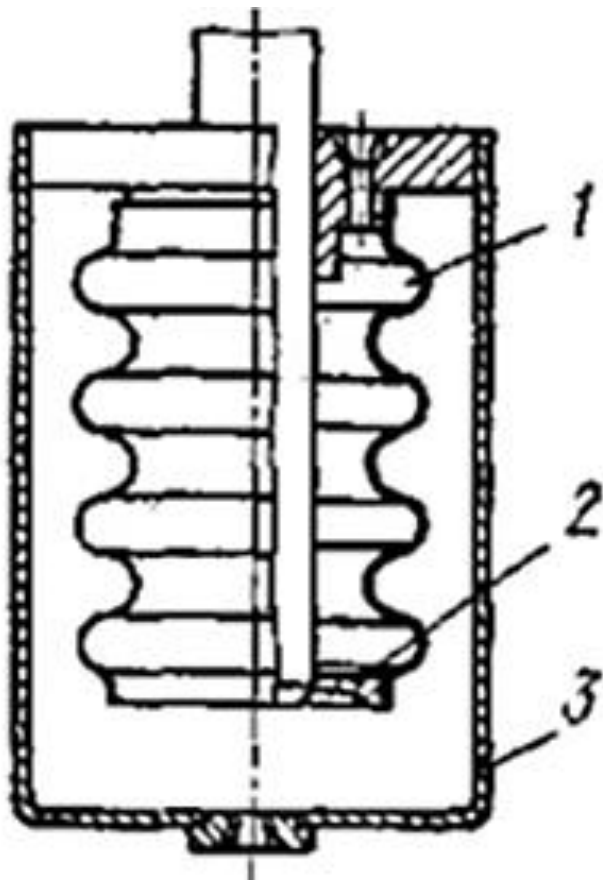


Пневмокамера



- 1-штуцер;
- 2 и 3-пружины;
- 4-стальной диск;
- 5-корпус;
- 6-тарельчатая резинотканевая диафрагма;
- 7-шпильки;
- 8-шток;
- (a)-отверстие штоковой области.

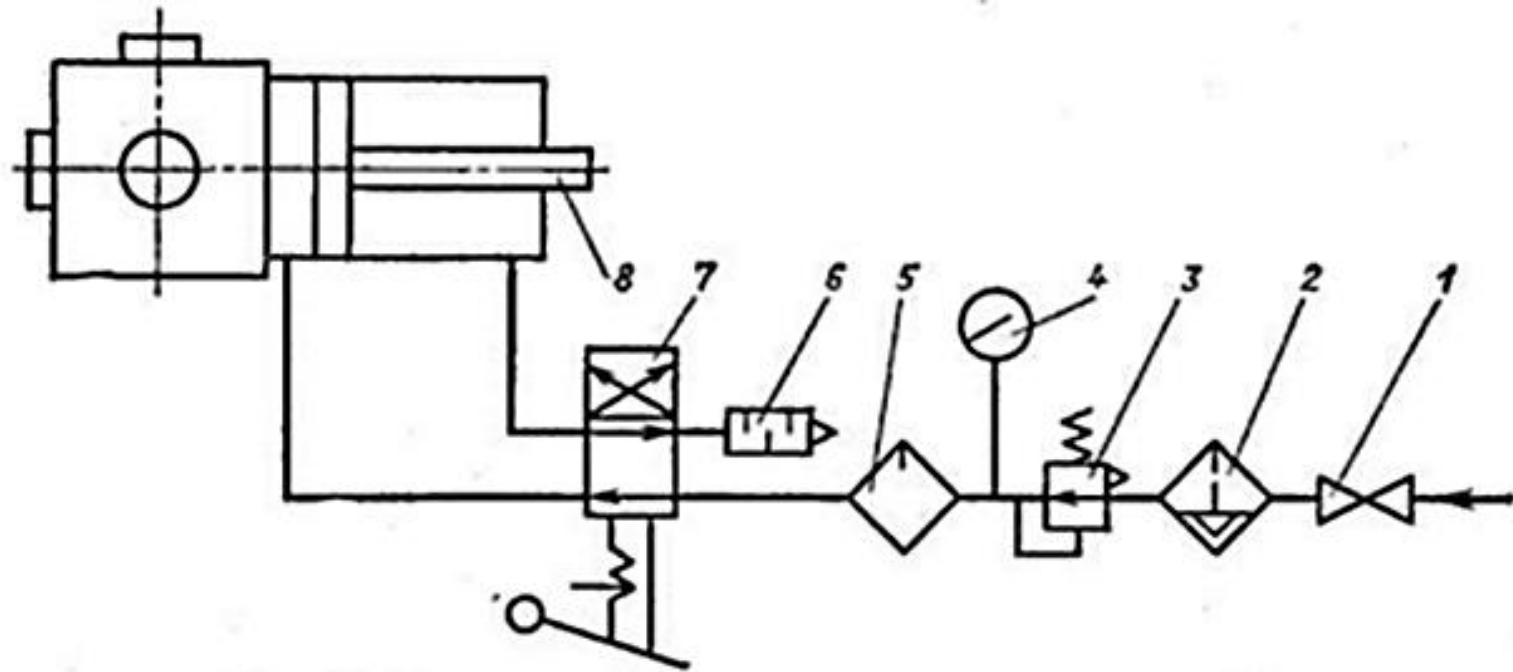
Сильфонный пневмодвигатель



- 1 – гофрированная замкнутая камера (сильфон)
- 2 – шток;
- 3 – камера.

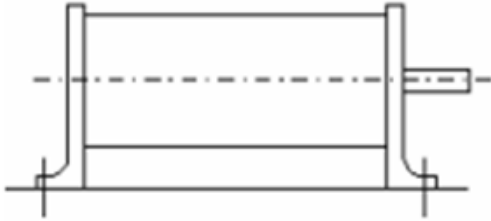


Схема включения пневмодвигателя в сеть

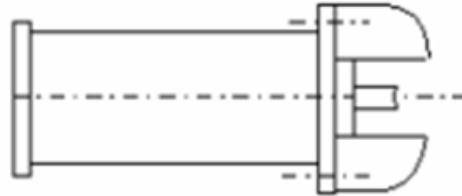


- 1 – вентиль; 2 – влагоотделитель; 3 – редукционный пневмоклапан; 4 – манометр;
5 – маслораспределитель; 6 – пневмоглушитель;
7 – четырехлинейный пневмораспределитель; 8 - пневмодвигатель

Пневмодвигатели



с помощью ножек



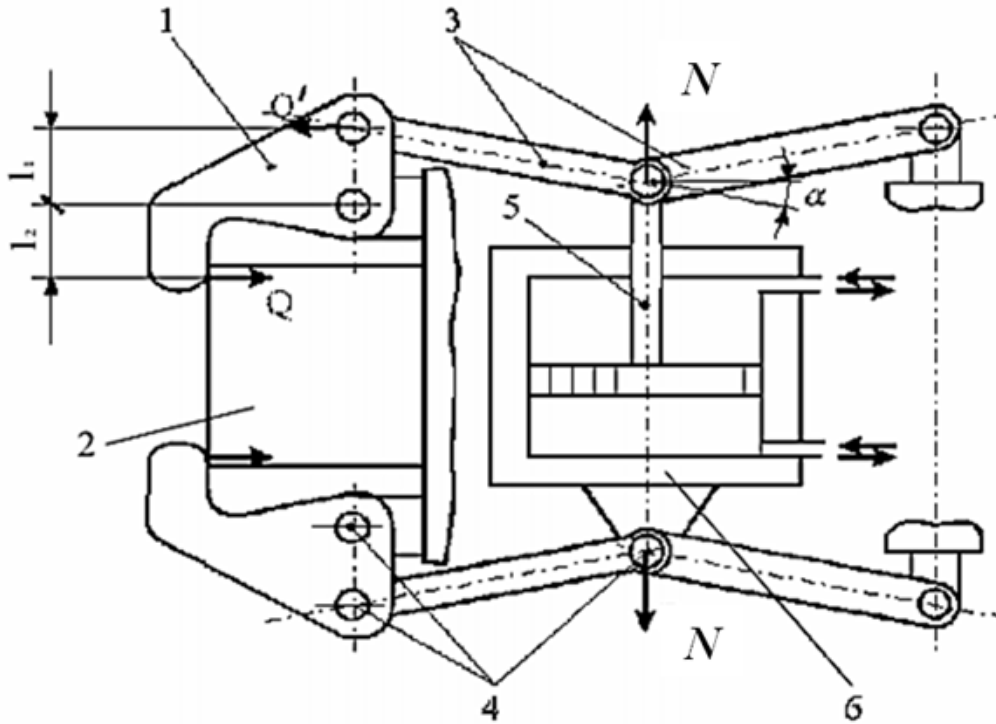
с помощью фланца



с помощью ушка

Пневмодвигатели

Плавающий пневмоцилиндр
с двухрычажным усилителем одностороннего действия

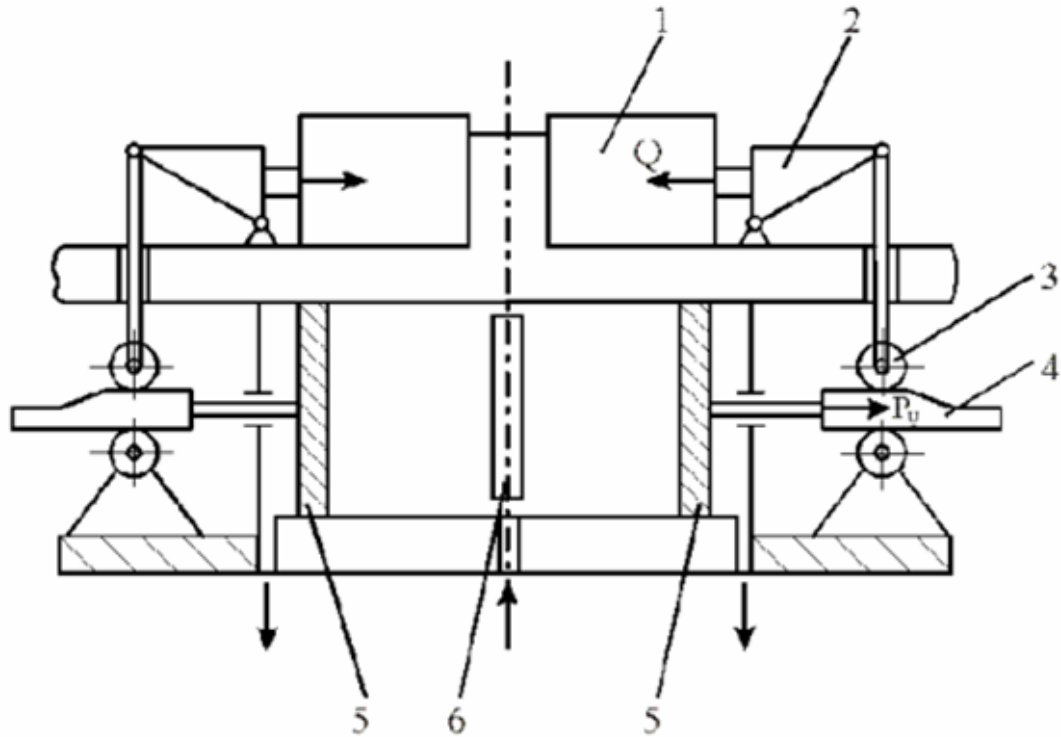


$$N = Q \frac{l_2}{l_1} \operatorname{tg}(\alpha + \beta) \frac{1}{\eta}$$

1 – захваты; 2 – заготовки; 3 – рычаги; 4 – оси; 5 – шток пневмоцилиндра;
6 – корпус пневмоцилиндра; где β – дополнительный угол к углу α ,
учитывающий потери на трение, $\beta = \arcsin(f)$; f – коэффициент трения;
 η – КПД цилиндра.

Пневмодвигатели

Встроенный пневмоцилиндр с двумя поршнями



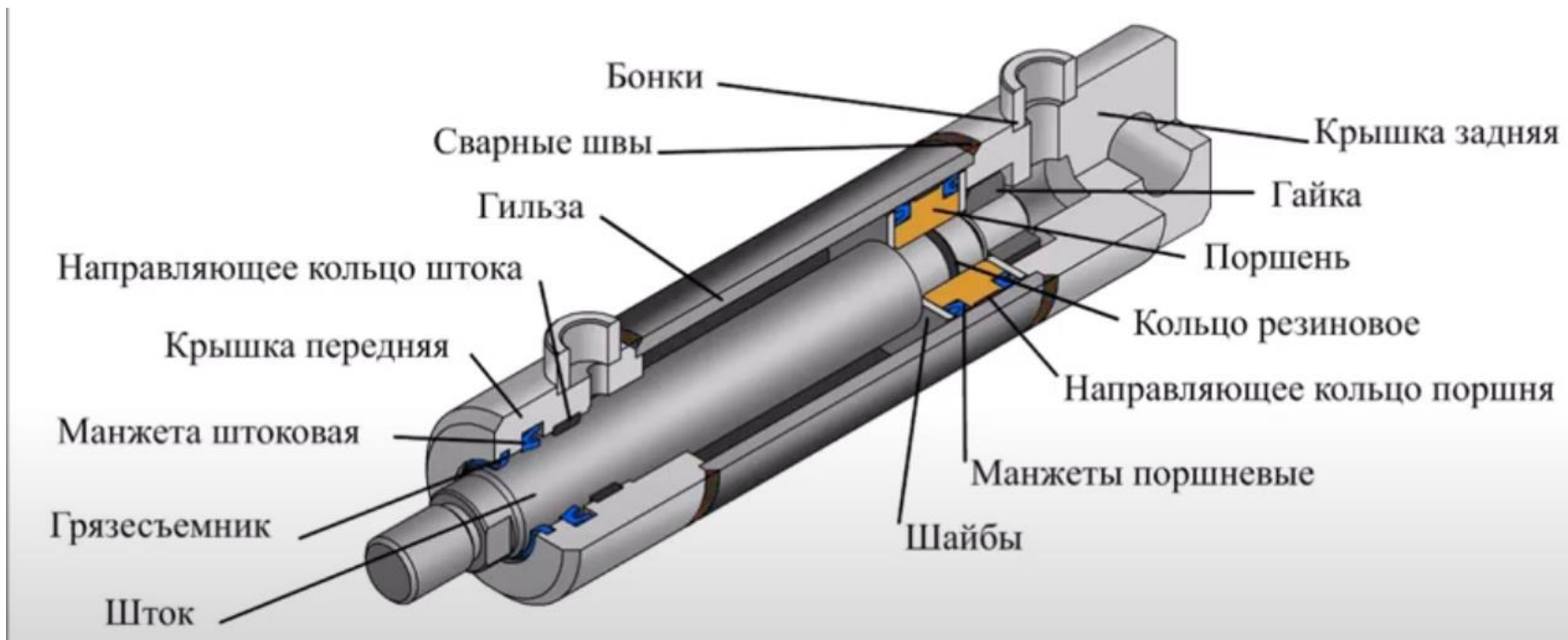
1 – заготовка; 2 – двухплечий рычаг; 3 – ролик;

4 – клин; 5 – поршни; 6 – упор

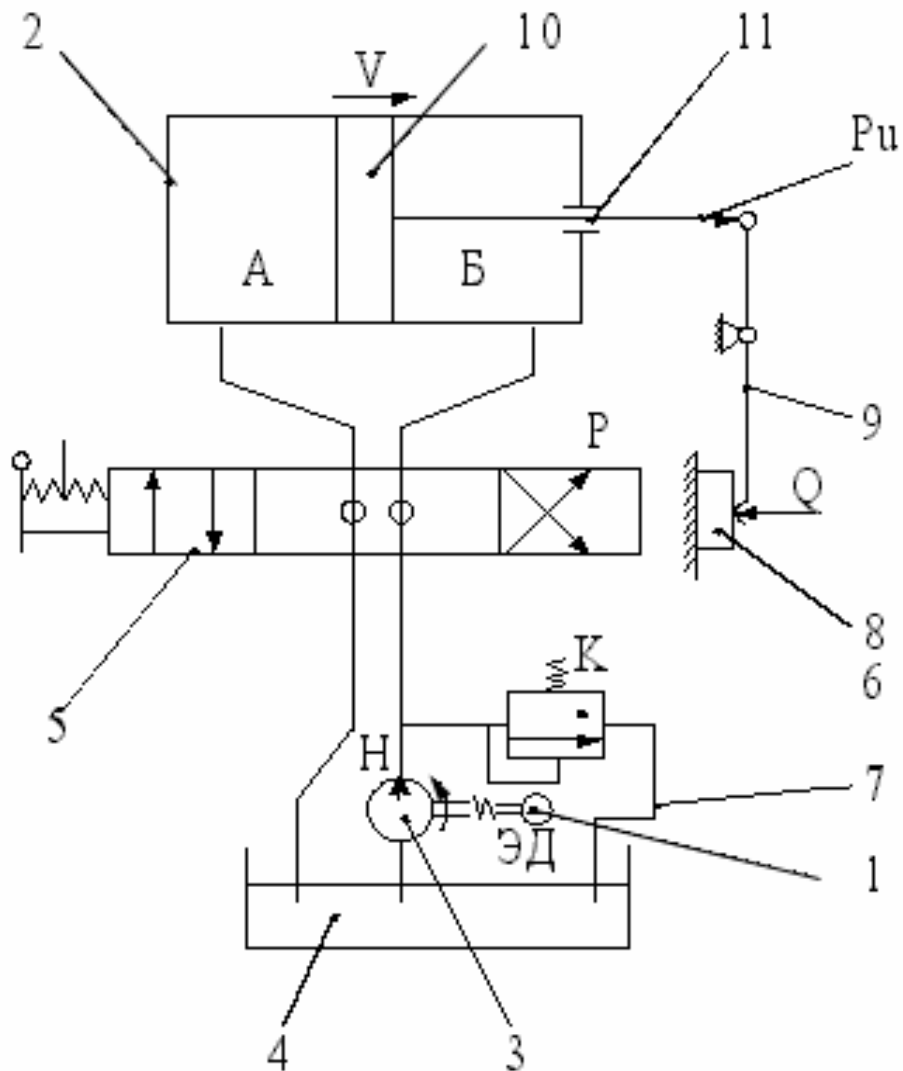
Гидравлические приводы

Исполнительным механизмом гидропривода является *гидроцилиндр* – это объемный гидродвигатель с ограниченным возвратно-поступательным движением выходного звена.

В зависимости от конструкции рабочей камеры гидроцилиндры подразделяются на поршневые, плунжерные, телескопические, мембранные и сильфонные.



Гидравлические приводы



- 1 – электродвигатель;
- 2 – рабочий гидроцилиндр;
- 3 – насос;
- 4 – бак для масла;
- 5 – аппаратуры управления (гидрораспределитель);
- 6 – контрольно-регулирующая аппаратура
- 7 – трубопроводы

Гидравлические приводы

Формулы для расчета параметров гидроцилиндров

1. Сила N определяется также как и для пневмоцилиндров (слайд 9)

2. Площадь поршня F (без учета КПД)

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{N}{p_{ж}}$$

3. Диаметр поршня гидроцилиндра D

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4N}{\pi p_{ж}}} = 1,13 \sqrt{\frac{N}{p_{ж}}}$$

4. Производительность (л/мин)

$$V = \frac{N \cdot L}{1000 \cdot t \cdot p_{ж} \cdot \eta_1}$$

5. Время срабатывания

$$e \cong \frac{\pi D^2 L}{4 \cdot 1000 \cdot V}$$

6. Мощность, расходуемая на привод насоса

$$W = \frac{V \cdot p_{ж}}{612 \eta_2}$$

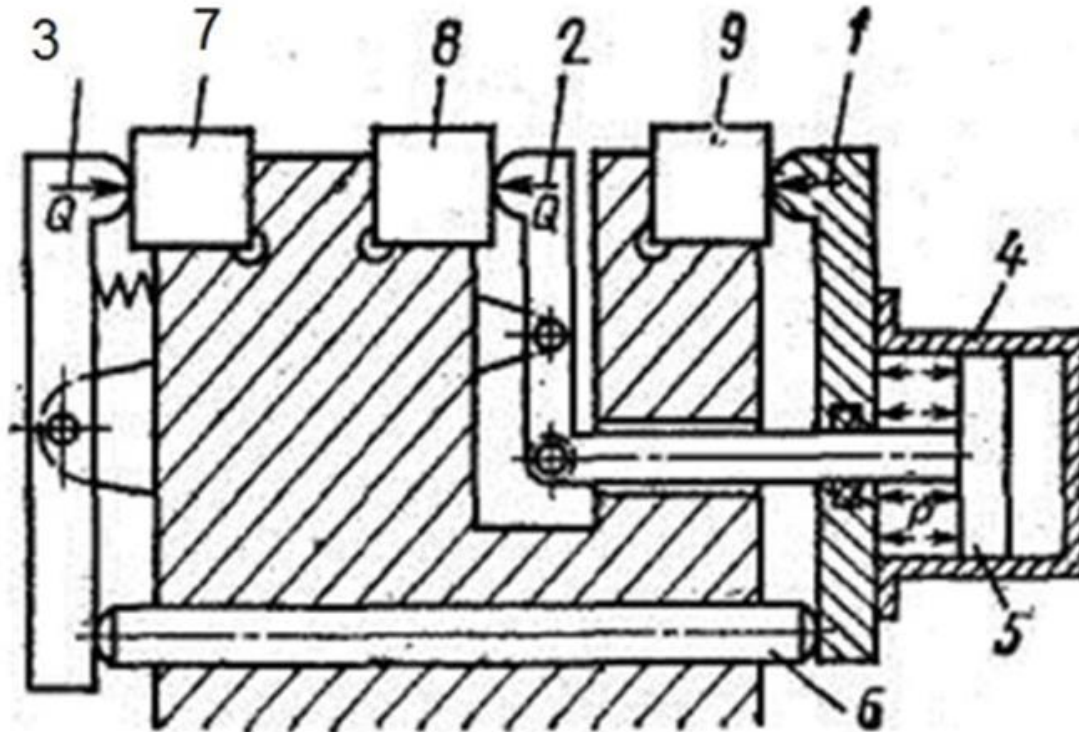
7. Проверка штока на прочность

$$d_{ш} \geq 1,13 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{N_{ш}}{[\sigma]}}$$

где $p_{ж}$ – давлением масла; η_1 – КПД гидросистемы; η_2 – КПД насоса

Гидравлические приводы

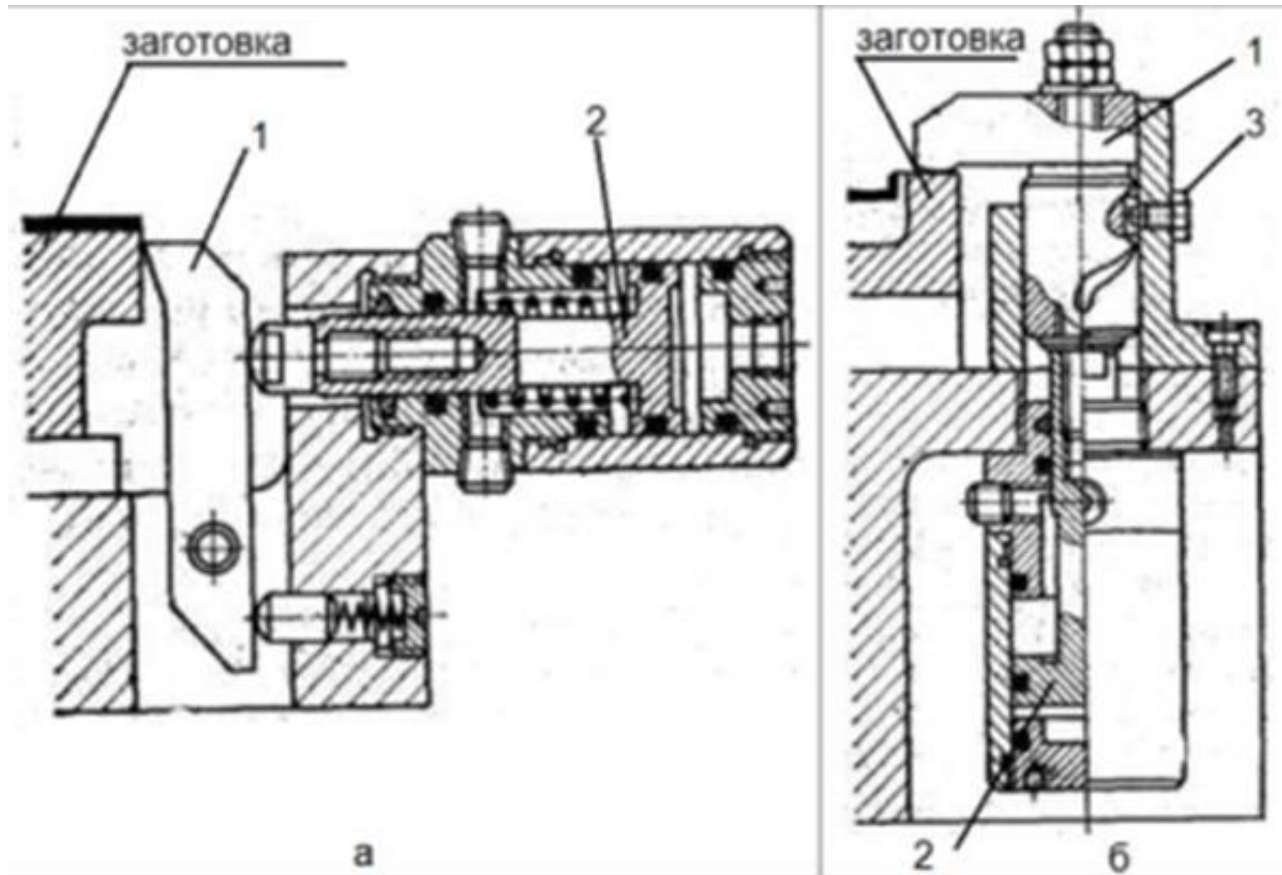
Схема многоместного приспособления с гидроцилиндром



1 – прихват; 2, 3 – рычаг; 4 – полость цилиндра; 5 – поршень;
6 – плунжер; 7, 8, 9 – заготовки

Гидравлические приводы

Примеры использования встроенных цилиндров



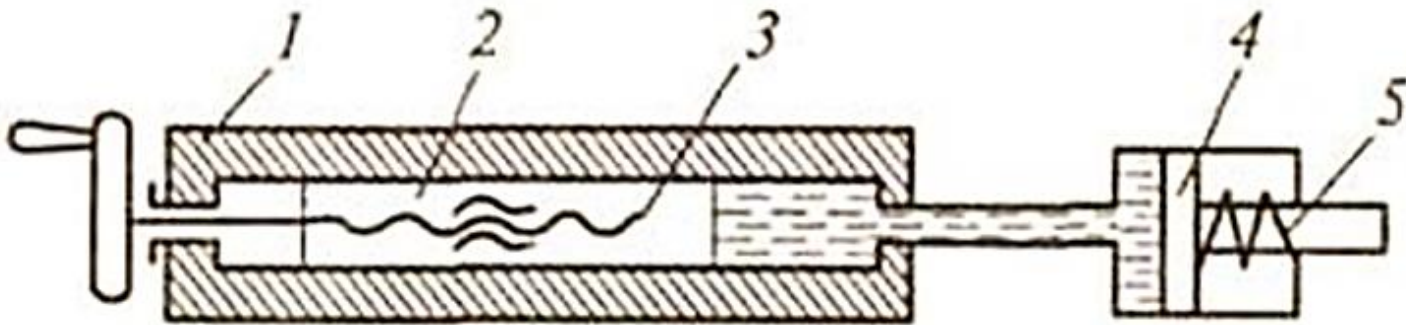
1 – прихват; 2 – шток цилиндра; 3 – винт

а – ось цилиндра расположена горизонтально;

б – ось цилиндра расположена вертикально

Механогидравлические приводы

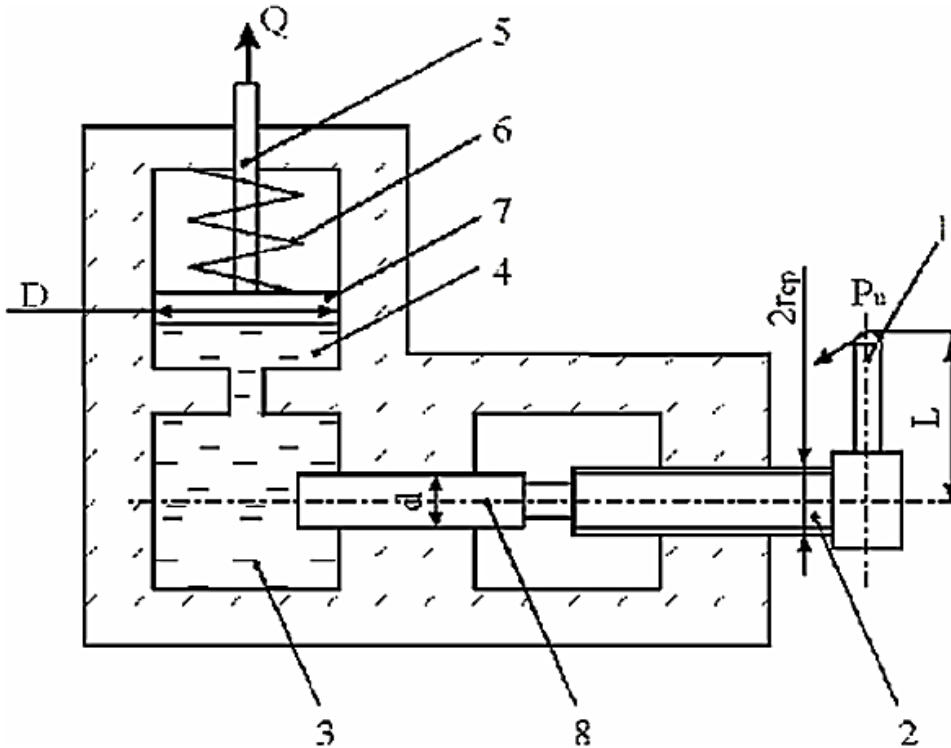
Если станок не гидрофицирован, в условиях мелкосерийного производства, в качестве источника подачи масла в гидродвигатели целесообразно применять ручные насосы – рычажные и винтовые (плунжерные питатели).



1 – корпус; 2 – поршень; 3 – винт; 4 – поршень; 5 – пружина

Механогидравлические приводы

Схема ручного механогидравлического привода



- 1 – рукоятка; 2 – винт;
3 – резервуар;
4 – нижняя полость гидроцилиндра;
5 – шток; 6 – пружина;
7 – поршень; 8 – плунжер

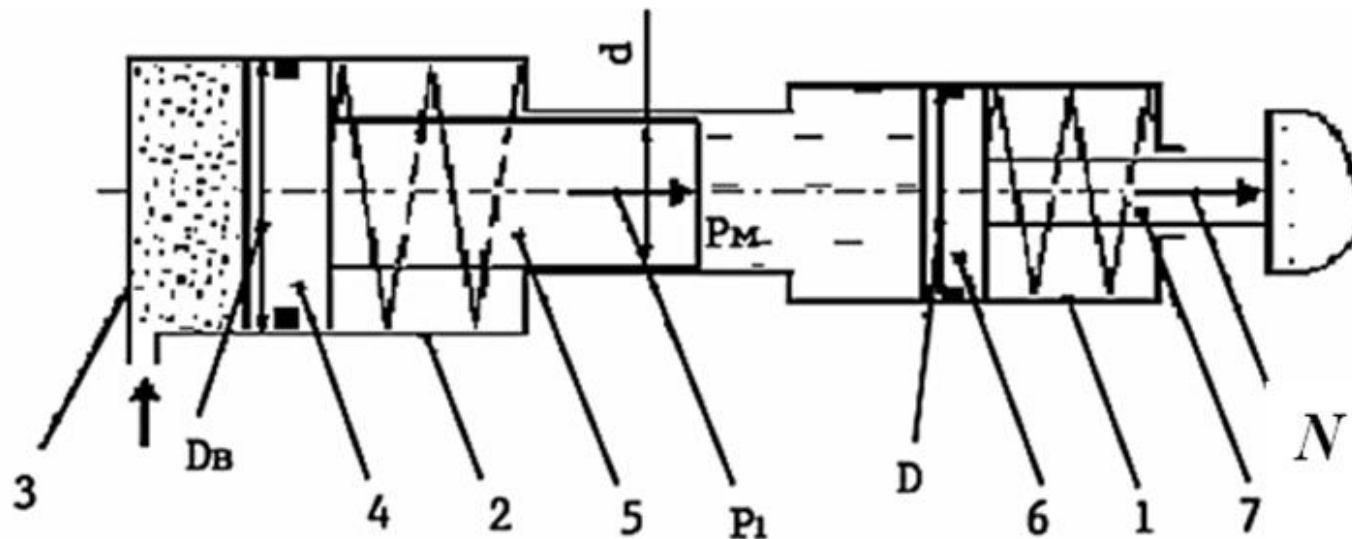
Q – сила на штоке гидроцилиндра;
 P_u – сила, прикладываемая рабочим к рукоятке;
 α – угол подъема резьбы;
 φ – угол трения в резьбовом соединении;
 D – диаметр штока гидроцилиндра;
 d – диаметр штока плунжера;
 $\eta=0,9$ – коэффициент, учитывающий трение в уплотнениях;
 q – сила сопротивления пружины;
 r_{cp} – средний радиус резьбы винта;
 L – расстояние от точки приложения силы P_u до оси винта.

$$Q = \frac{P_u \cdot L}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} \frac{D^2}{d^2} \eta - q$$

Пневмогидравлические приводы

Исходной энергией в пневмогидро приводах является потенциальная энергия сжатого воздуха, которая сначала преобразуется в энергию сжатой жидкости, а затем уже в силу на штоке N .

Схема пневмогидро привода одностороннего прямого действия



- 1 – гидроцилиндр; 2 – пневмоцилиндр;
3 – бесштоковая полость пневмогидроцилиндра; 4, 6 – поршни; 5, 7 – штоки

Пневмогидравлические приводы

В общем случае (без учета трения):

$$p_m = p_v \cdot \left(\frac{D_v}{d_v} \right)^2$$

$$N = \frac{D^2}{d^2} p_m \eta$$

p_m – давление масла;

p_v – давление воздуха в пневмоцилиндре;

D_v – диаметр поршня пневмоцилиндра;

d_v – диаметр шток-плунжера
пневмоцилиндра

$\eta = 0,8 \div 0,85$ – КПД

$d = D / (1,75 \div 2,5)$ – диаметр штока гидроцилиндра

D – диаметр поршня гидроцилиндра

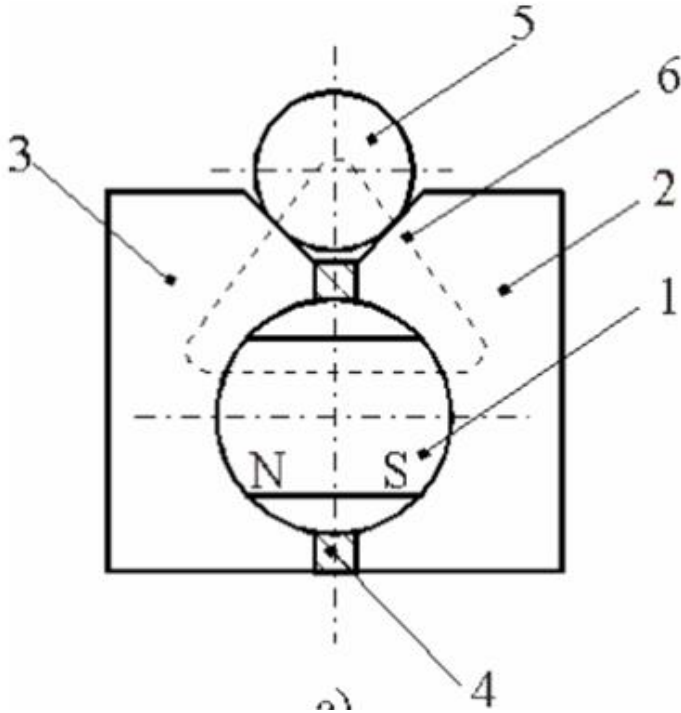
Величина хода штока пневмоцилиндра L (без учета КПД привода):

$$L = \frac{D^2}{d^2} l$$

l – ход штока гидроцилиндра

Магнитные приводы

Магнитные приводы основаны на том, что магнитный поток, проходящий через закрепляемую заготовку, создает силу закрепления.



- 1 – магнит;
- 2, 3 – щеки призмы;
- 4 – не магнитная пластина;
- 5 – заготовка;
- 6 – магнитный, силовой поток.

$$N = F_n \cdot P_m \cdot \lambda$$

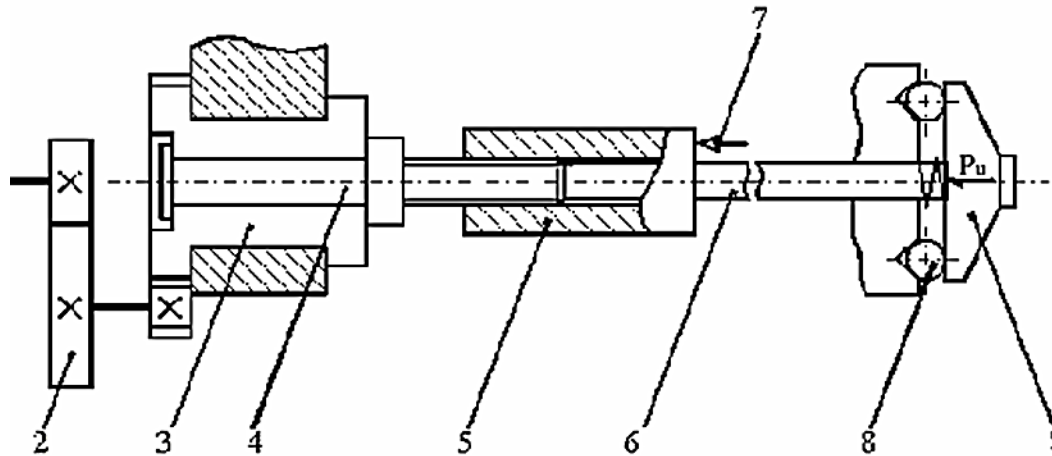
F_n – полезная площадь соприкосновения заготовки с поверхностью приспособления, мм²;

P_m – удельная сила, развиваемая магнитным приводом, МПа,

λ - коэффициент, учитывающий потери из-за неплотности прилегания заготовки к приспособлению, $\lambda=0,9$.

Электромеханические приводы

Применяют для перемещения зажимных устройств приспособления при зажиме и разжиме заготовок, обрабатываемых на токарно-револьверных, фрезерных, агрегатных станках и автоматических линиях.



1 – электромотор; 2 – редуктор; 3 – зубчатое колесо; 4 – вал; 5 – гайка;
6 – шток; 7 – путевой выключатель; 8 – заготовки; 9 – прихват

$$P_u = \frac{M_{кр} \eta i}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} = 71620 \frac{N \eta i}{n \cdot r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

M – крутящий момент двигателя; η – КПД редуктора; N – мощность двигателя;

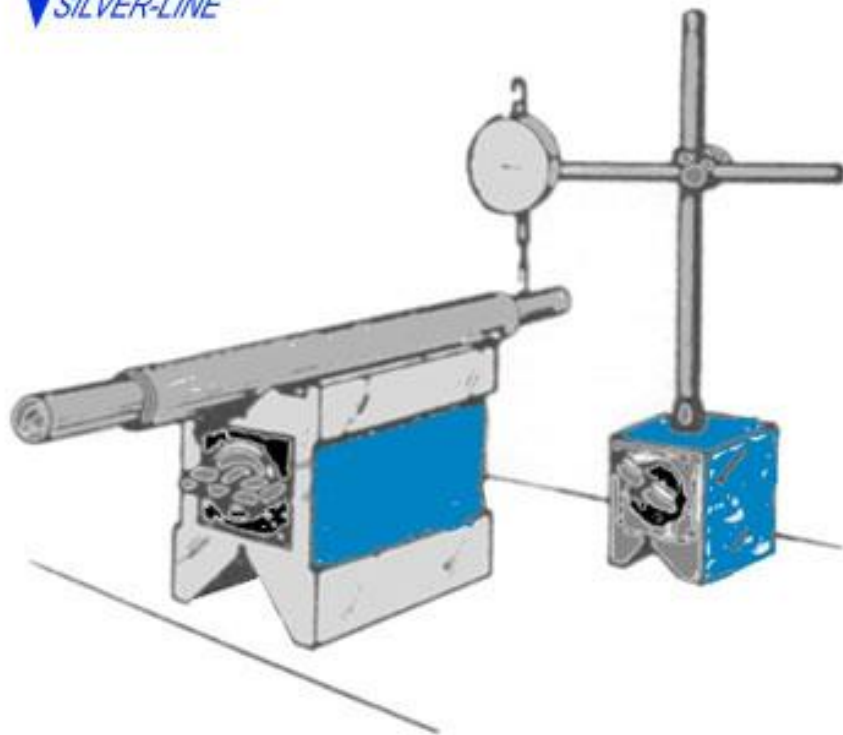
α – угол подъема резьбы ($\alpha=2^{\circ}30' \div 3^{\circ}30'$);

φ – угол трения в резьбовом соединении ($\varphi \approx 6^{\circ}34'$);

i – передаточное отношение редуктора; n – частота вращения двигателя.

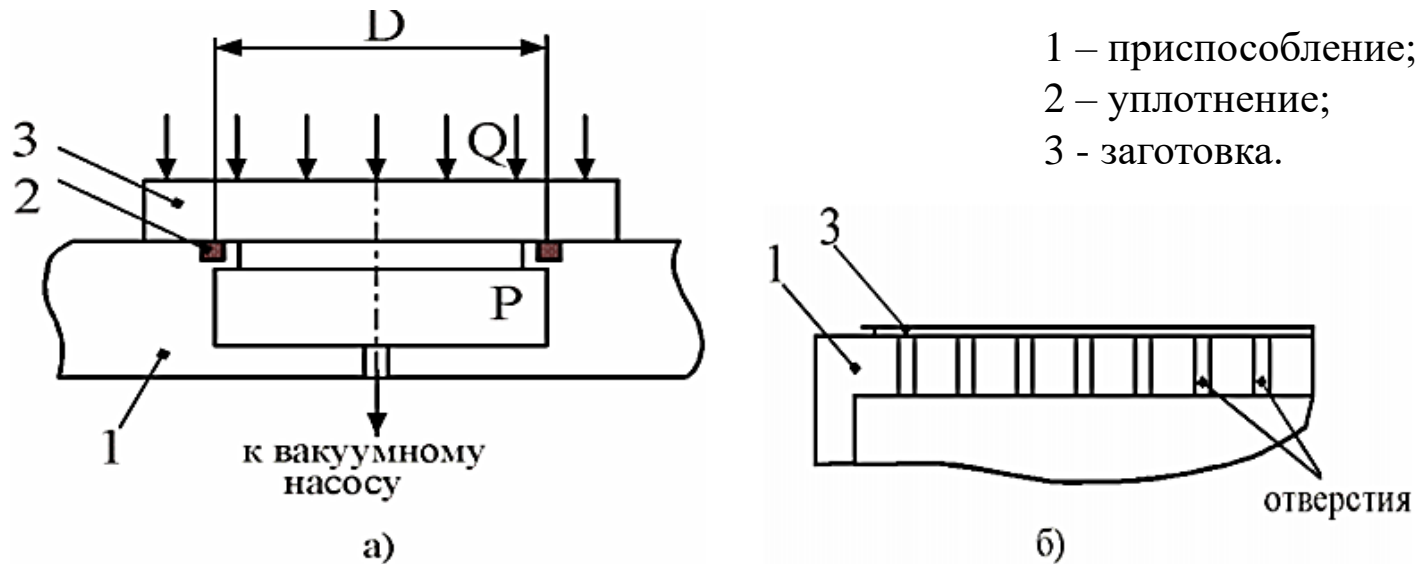
Магнитные приводы

 SILVER-LINE[®]



Вакуумные приводы

Зажим заготовок осуществляют под действием атмосферного давления.



$$Q = k_r F (p_a - p)$$

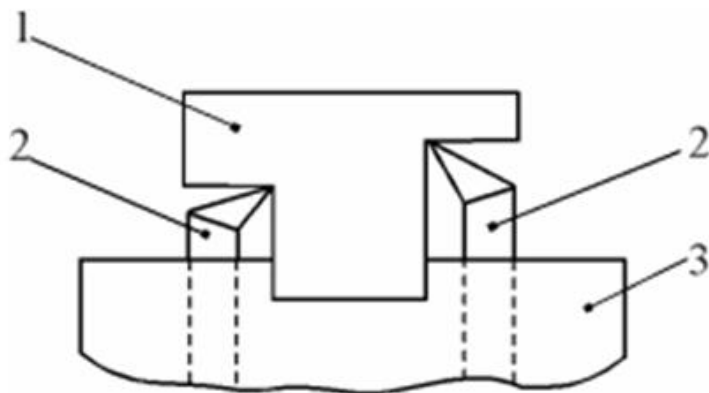
F – полезная площадь прижима;

p_a – атмосферное давление в вакуумной камере ($\sim 1,033$ бар);

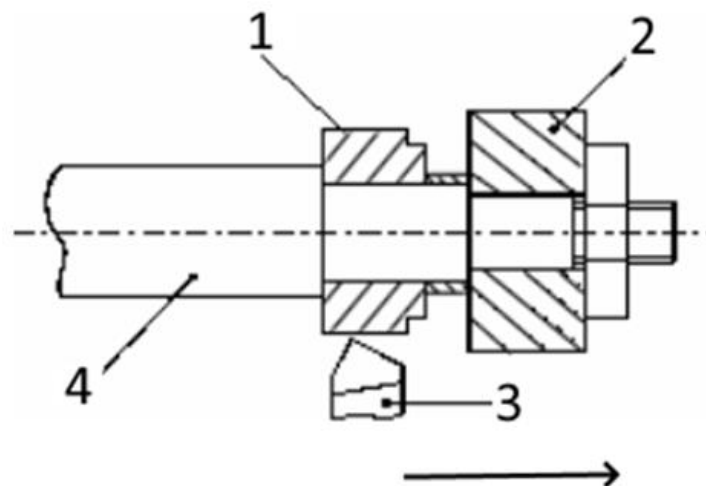
k_r – коэффициент герметичности вакуумной системы ($0,8 \div 0,85$).

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Шаблоны



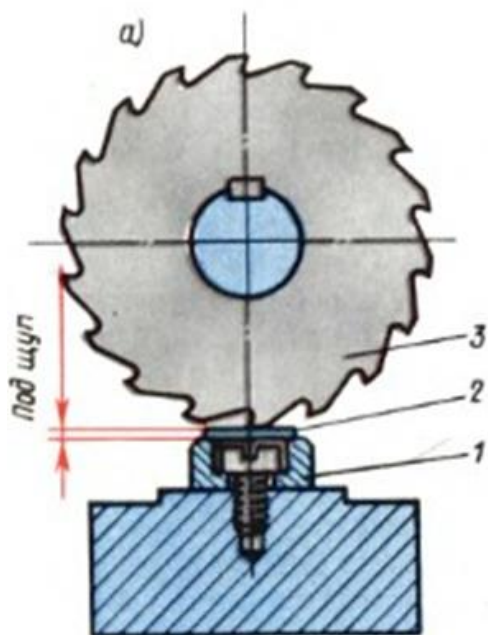
- 1 – шаблон съемный (или откидной);
- 2 – резцы подрезные;
- 3 – резцедержатель станка



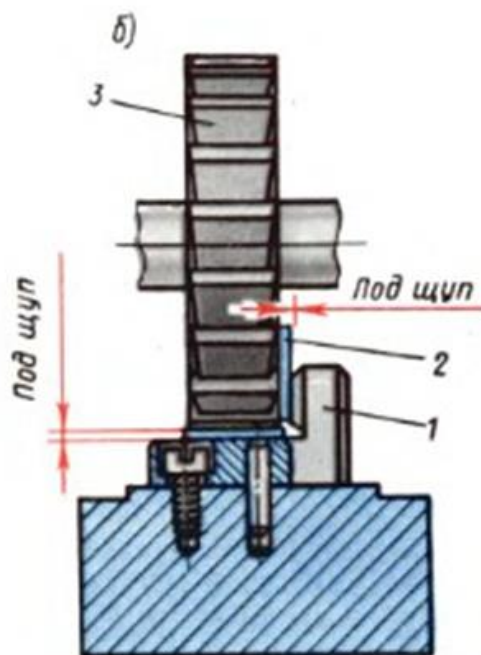
- 1 – шаблон - установочное кольцо;
- 2 – заготовка;
- 3 – резец;
- 4 – оправка

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

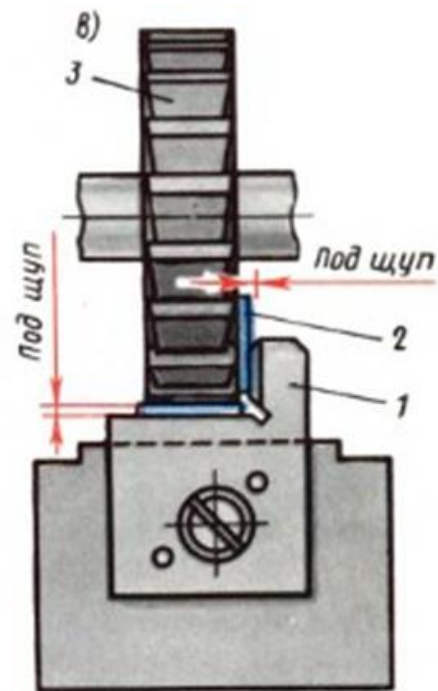
Установы



для установки фрезы в
одном управлении



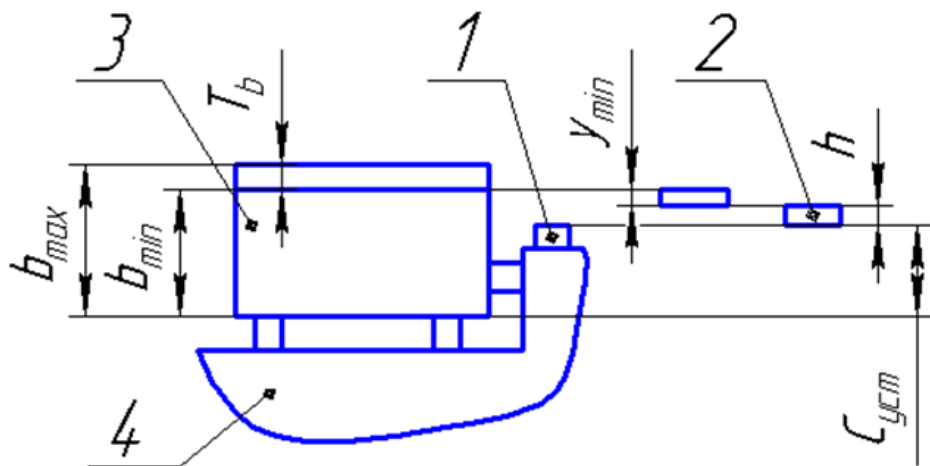
для установки фрезы в 2-х направлениях



Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Установы

Схема применения установа в приспособлении



- 1 – установ,
- 2 – щуп,
- 3 – заготовка,
- 4 – приспособление

b_{max} и b_{min} наибольший и наименьший выполняемые размеры,
 T_b – допуск на размер, y_{min} – наименьшее упругое отжатие технологической системы,
 $C_{уст}$ – размер установа, h – толщина щупа

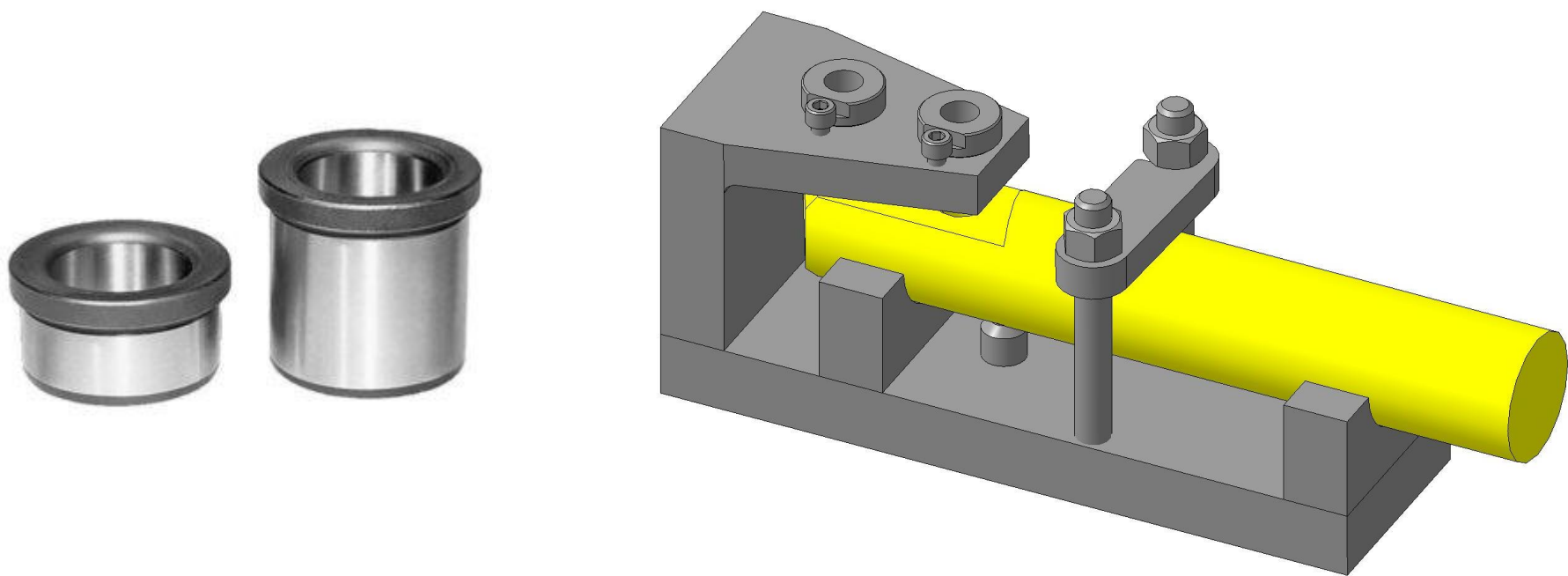
Для настройки по щупу:

$$C_{уст} = b_{min} - y_{min} - h .$$

Форма и размеры установов определены ГОСТ 13444-68; 13445-68; 13446-68.

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

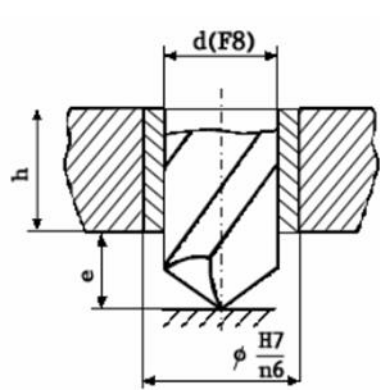
Кондукторные втулки



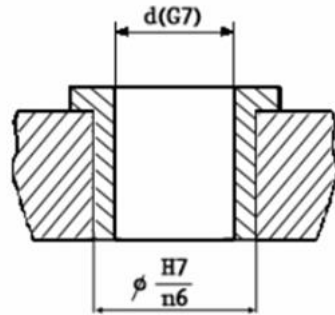
Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Кондукторные втулки

Постоянные неподвижные втулки

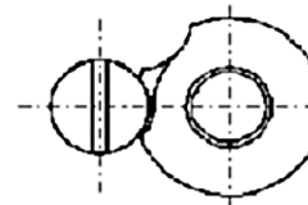
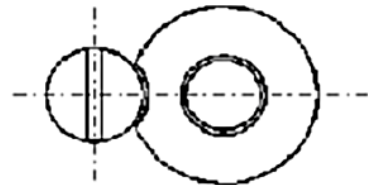
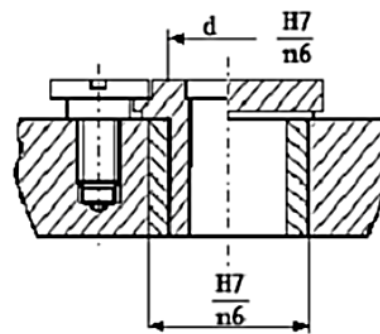


без буртика



с буртиком

Сменные неподвижные втулки

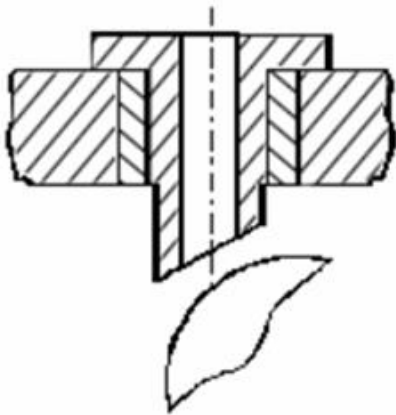


быстросменная

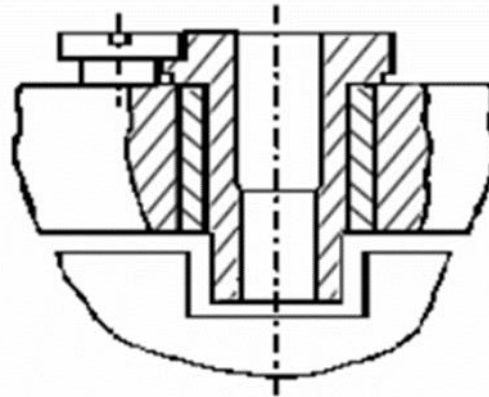
Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Кондукторные втулки

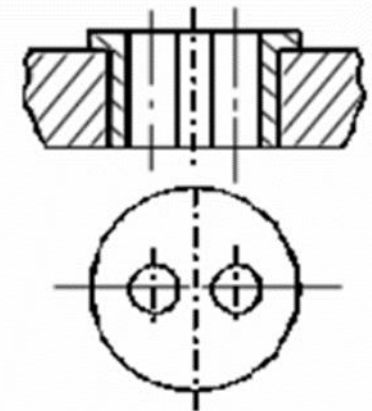
Специальные неподвижные втулки



для сверления отверстий
в наклонных плоскостях
(цилиндрических деталях)



для обработки отверстий
в углублениях заготовки

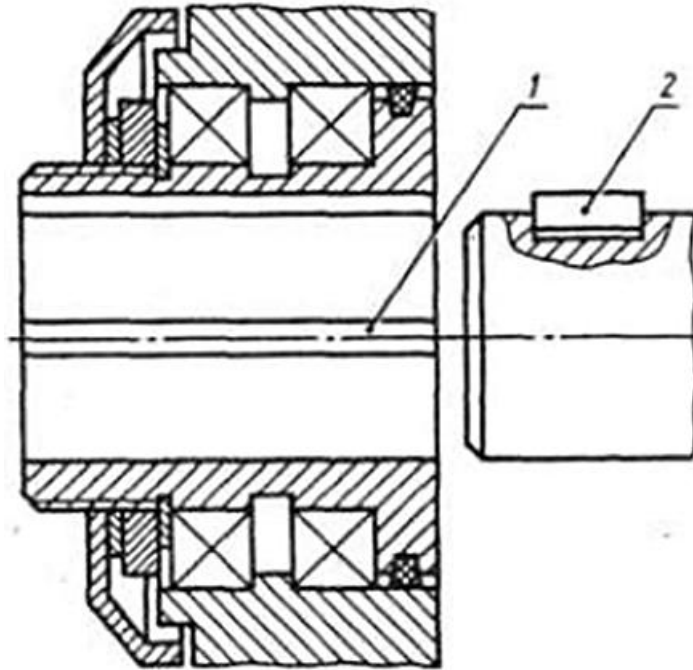


для обработки
близко расположенных
отверстий

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Кондукторные втулки

Вращающиеся втулки



Приспособление с вращающейся втулкой

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Кондукторные втулки

Параметры:

Величина зазора:

для чугуна - $e = (0,3 \div 0,5)d$;

для др. материалов - $e = d$;

в сл. зенкования $e = 0,3d$

Допуски на диаметр отверстий:

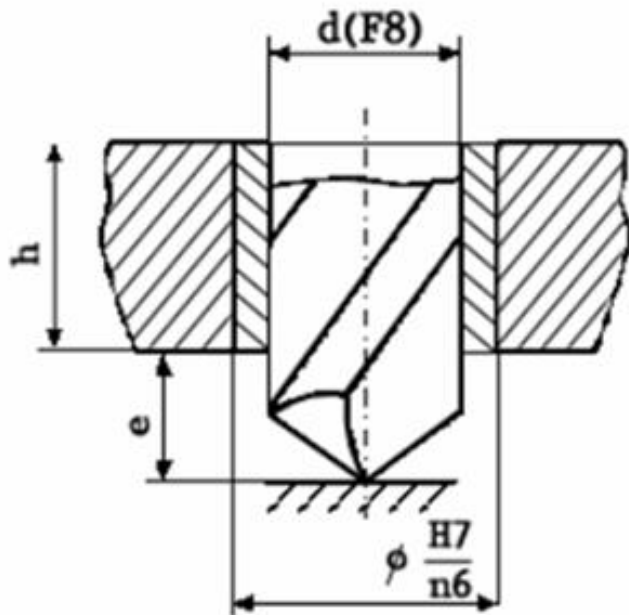
при сверлении и зенковании – F8;

для разверток – G7.

Шероховатость втулок:

посадочные поверхности - $Ra = (1,25 \div 0,12)$

внутренние отверстия - $Ra = (0,32 \div 0,08)$



Материалы:

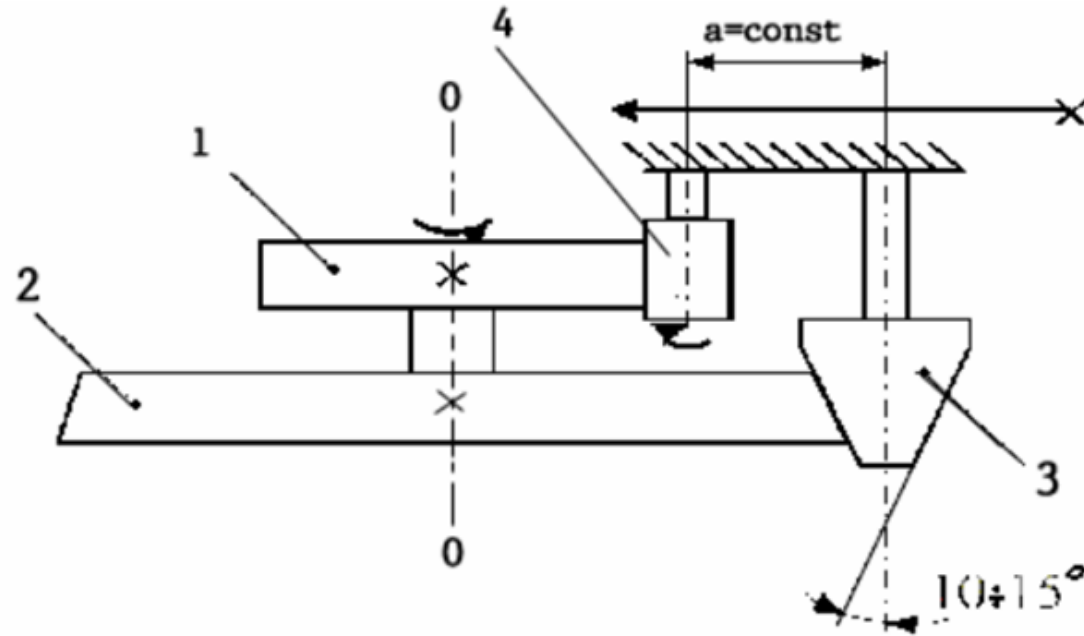
с диаметром отверстия до 25мм - стали У10А, У12А или 9ХС; закалка до HRC_с 62÷65

более 25мм - стали 20 или 20Х с цементацией на глубину

0,8÷1,2мм; закалка до HRC_э 62÷65.

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Копиры



1 – заготовка; 2 – копир; 3 – ролик; 4 – фреза

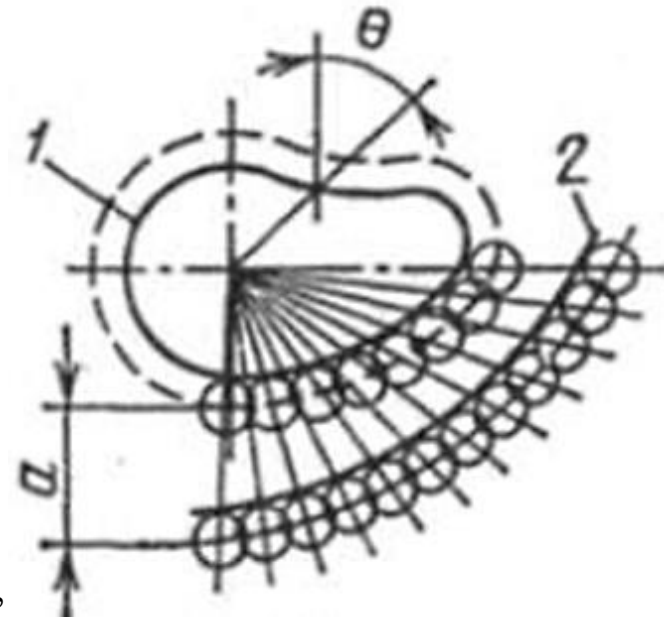
Схема фрезерования замкнутого контура методом круговой подачи

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Копиры

Методика построения профиля копира для поступательно-вращательного движения

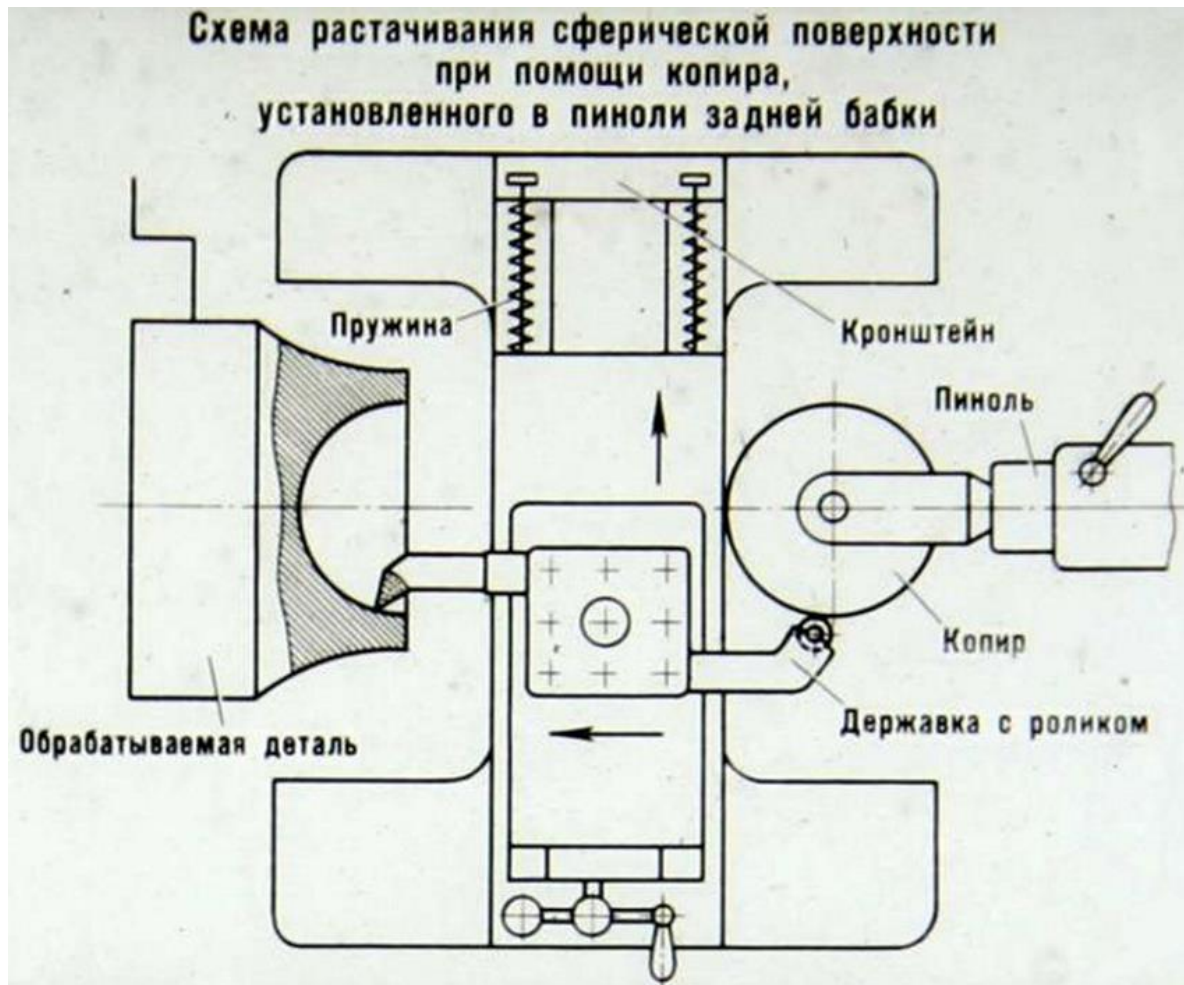
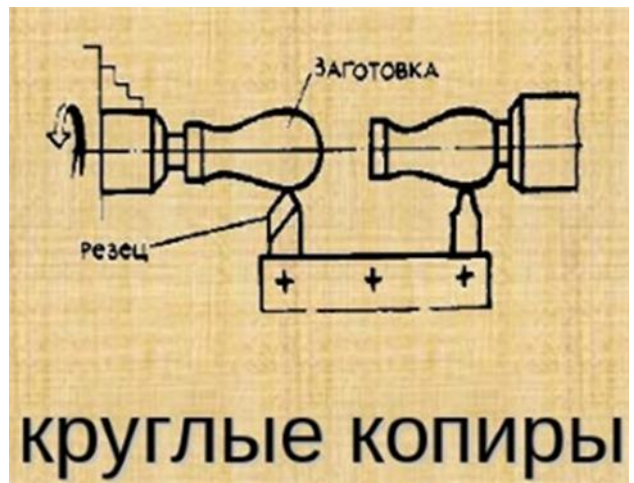
1. Вычерчивают профиль детали в натуральную величину или в увеличенном масштабе.
2. Выбирают диаметр фрезы, ролика и расстояние a между ними.
Радиус фрезы $R_{фр}$ должен быть меньше радиуса вогнутого участка профиля.
3. Выбирают центр вращения заготовки, так чтобы угол давления θ был минимальным.
4. Из выбранного центра вращения проводят радиальные лучи
5. Строят на лучах радиусом фрезы окружности, касающиеся профиля детали, и от центра фрезы откладывают отрезок a .
Используя полученные точки как центры, проводят окружности, соответствующие окружности ролика.
6. По положению окружностей ролика проводят профиль копира.



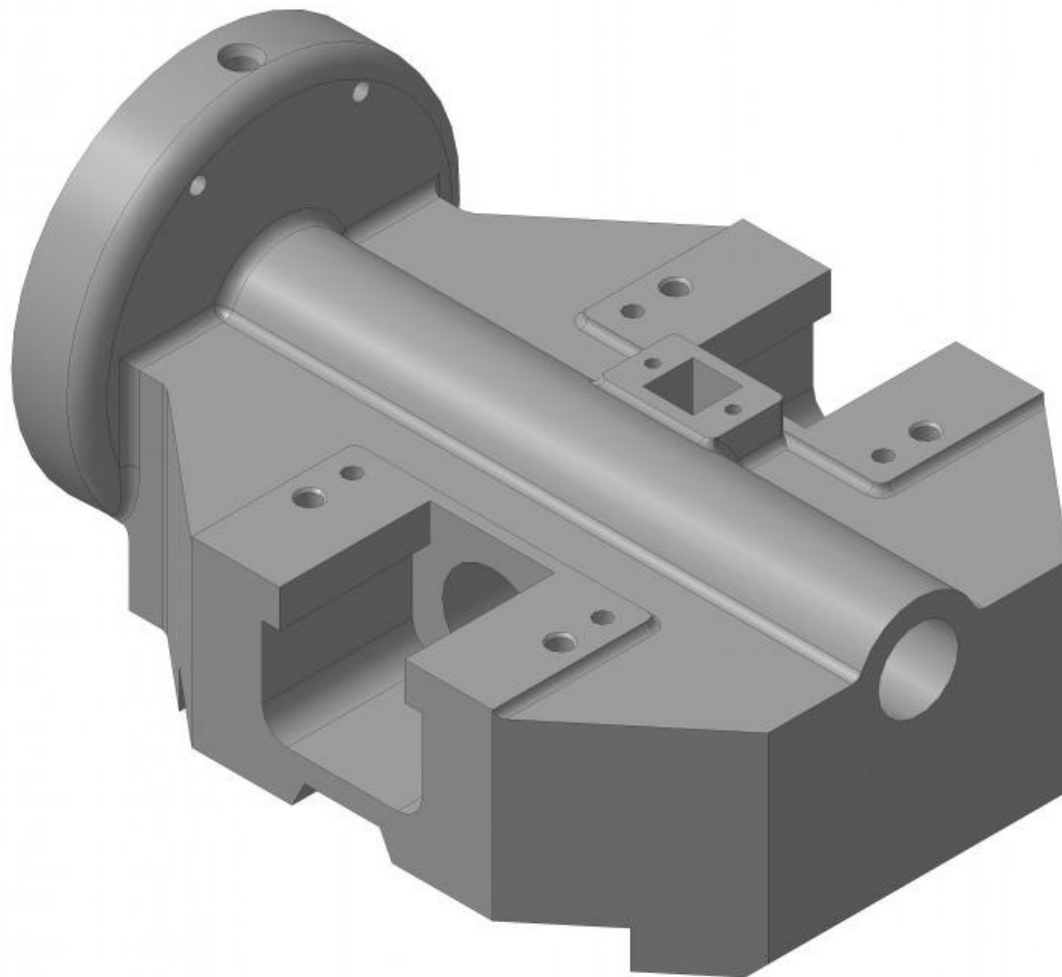
1 – профиль детали;
2 профиль копира

Элементы приспособлений для определения положения и направления режущего инструмента

Копиры

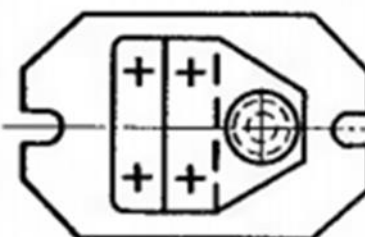
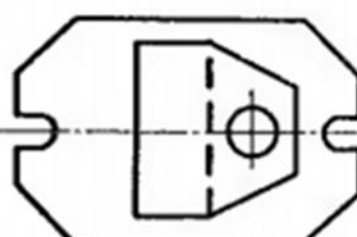
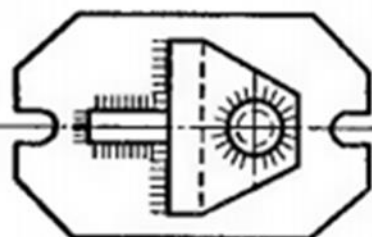
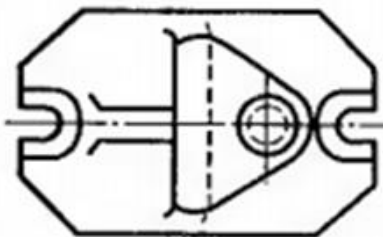
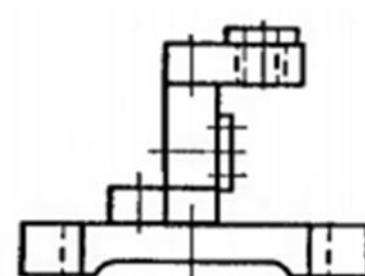
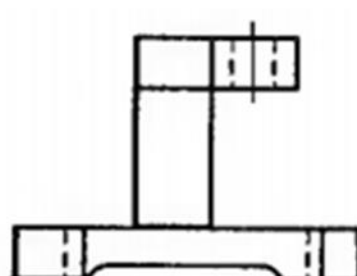
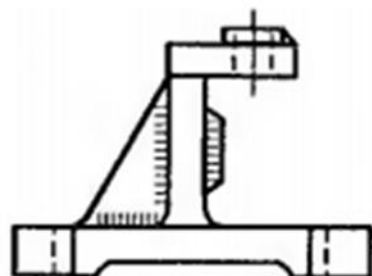
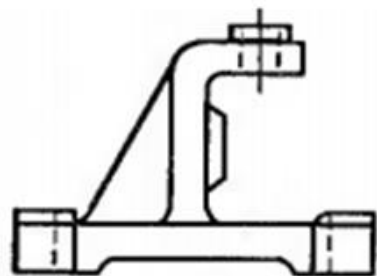


Корпуса станочных приспособлений



Корпуса станочных приспособлений

Варианты конструкции корпусов приспособлений



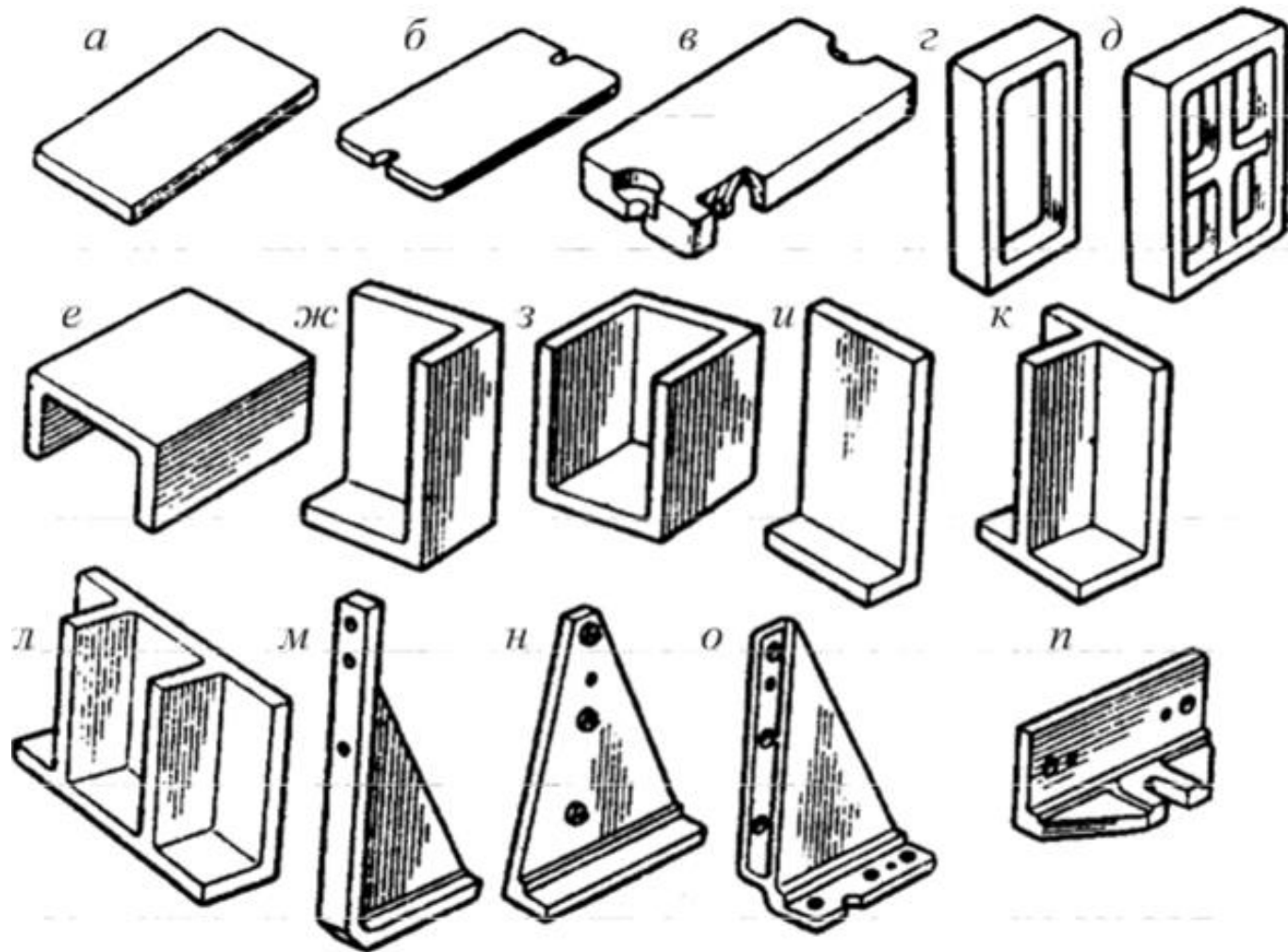
Литой

Сварной

Кованный

Сборный

Корпуса станочных приспособлений



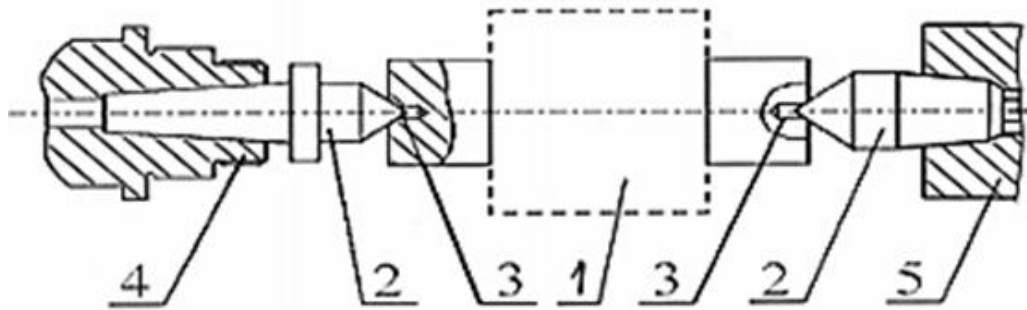
Стандартные детали корпусов приспособлений

Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

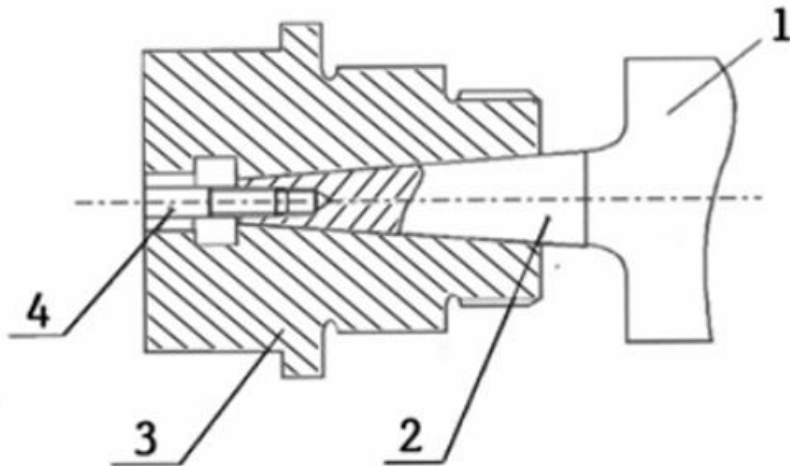
На станках токарной (шлифовальной) группы.

- в центрах



- 1 - корпус приспособления;
- 2 - центр (конуса);
- 3 - центровые гнезда;
- 4 - шпиндель; 5 - пиноль задней бабки

- в конусное отверстие шпинделя



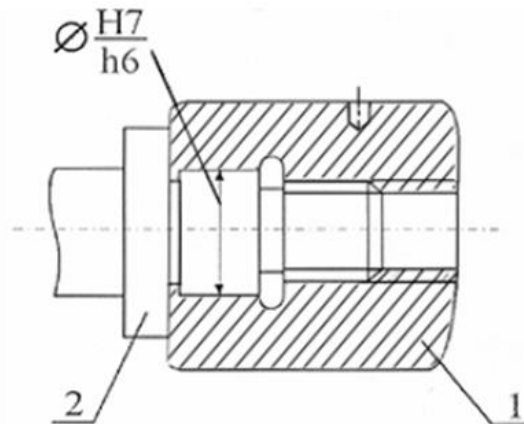
- 1 - корпус приспособления;
- 2 - конусный хвостовик корпуса приспособления;
- 3 - шпиндель станка с конусным отверстием;
- 4 - тяга

Корпуса станочных приспособлений

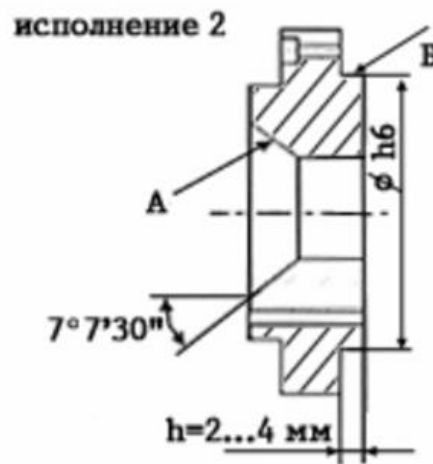
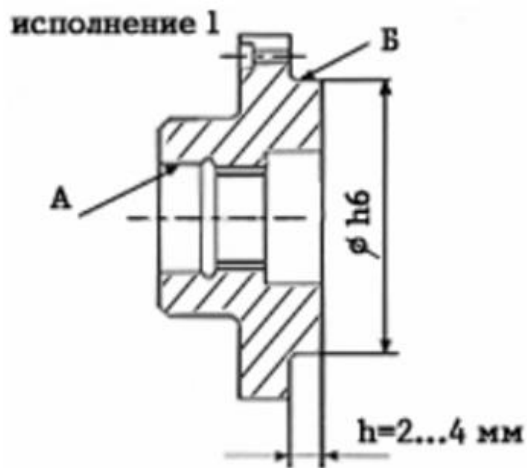
Способы установки корпусов приспособлений на станках

На станках токарной (шлифовальной) группы.

- непосредственно на шпинделе



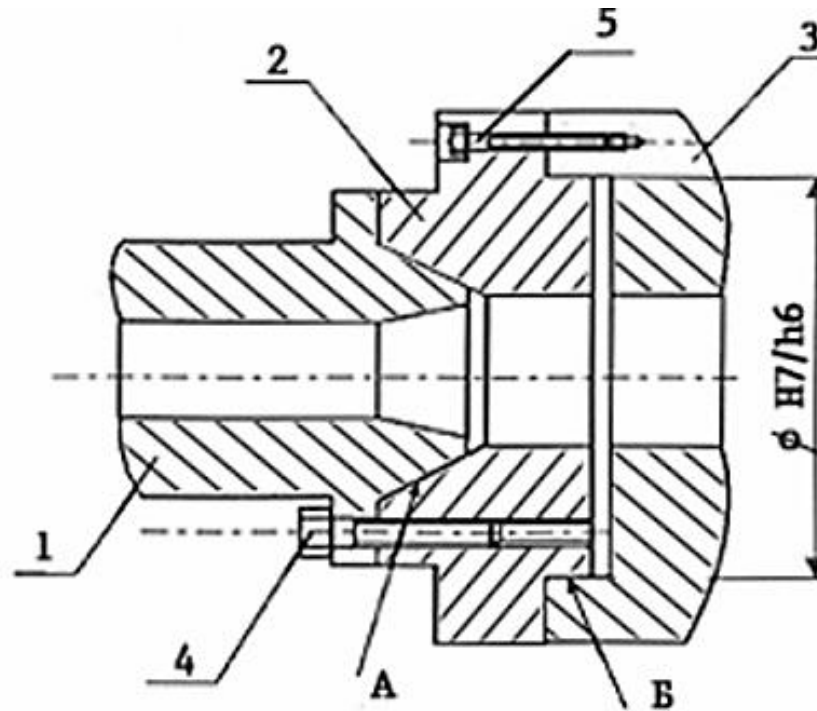
- на переходном фланце (планшайбе)



Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

Установка корпуса на переходные фланцы (пример)



- 1 - шпиндель; 2 - переходной фланец (планшайба);
3 - приспособление; 4,5 - крепежные винты

Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

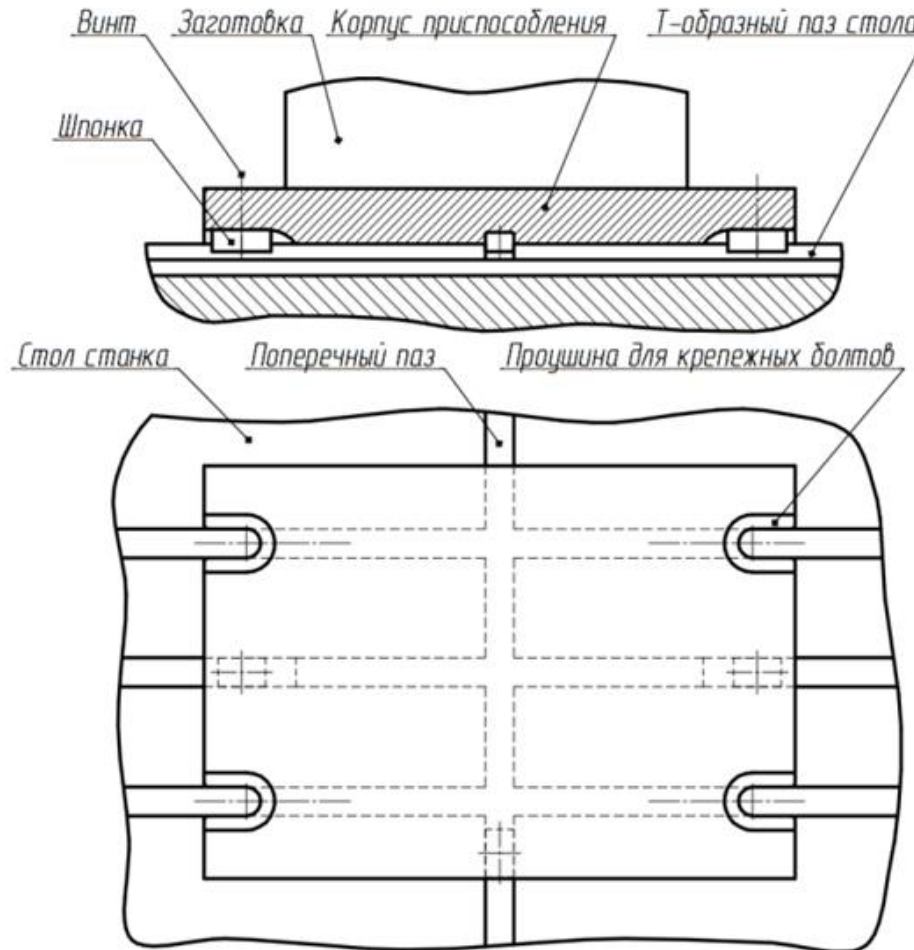
На станках фрезерных, расточных, сверлильных и т.п. групп



Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

На станках фрезерных, расточных, сверлильных и т.п. групп

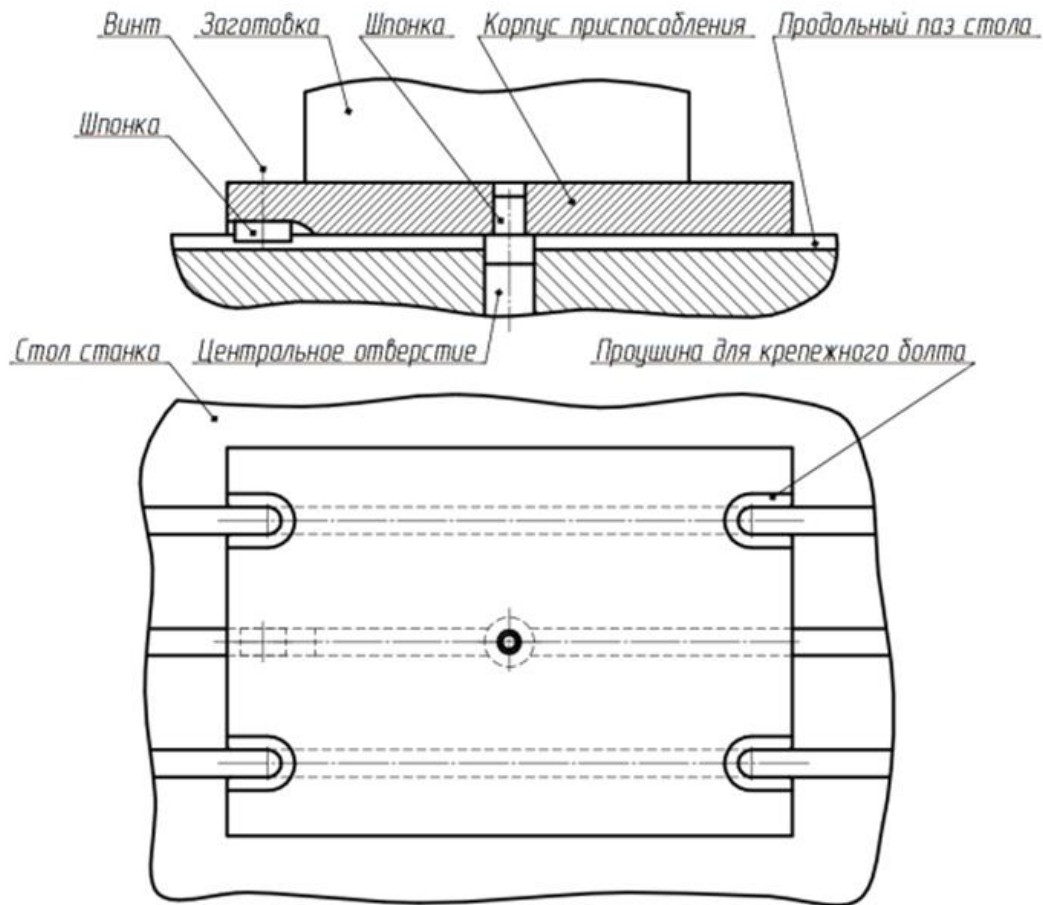


Базирование приспособления на столе станка по шпонкам, продольному и поперечному пазу

Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

На станках фрезерных, расточных, сверлильных и т.п. групп

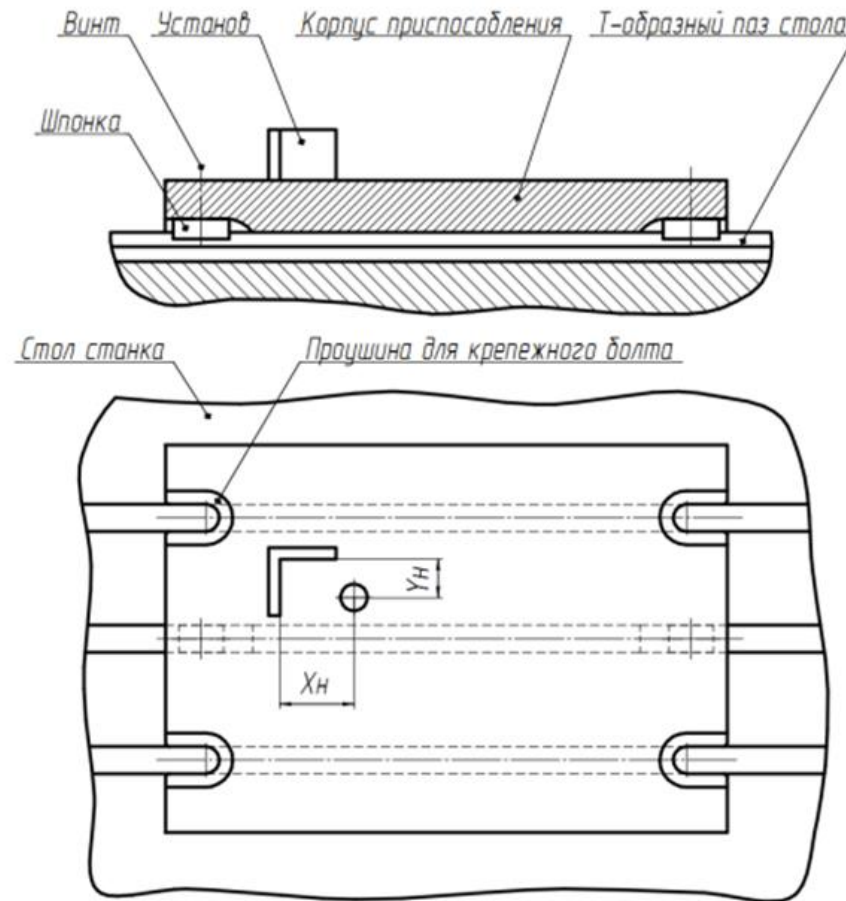


Базирование приспособления на столе станка по шпонкам, продольному пазу и центральному отверстию

Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

На станках фрезерных, расточных, сверлильных и т.п. групп



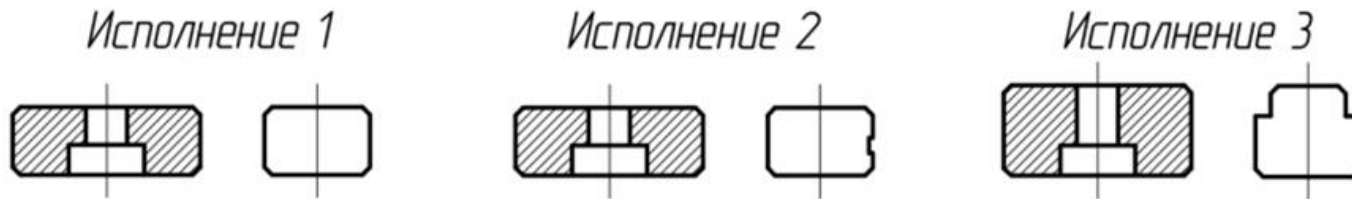
Базирование приспособления на столе станка
по шпонкам и продольному пазу

Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

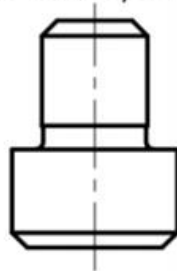
На станках фрезерных, расточных, сверлильных и т.п. групп

Шпонки призматические привертные ГОСТ 14737-69

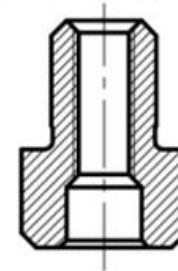


Шпонки круглые ГОСТ 14739-69

*Исполнение 1
(без отверстия)*



*Исполнение 2
(с резьбовым отверстием)*

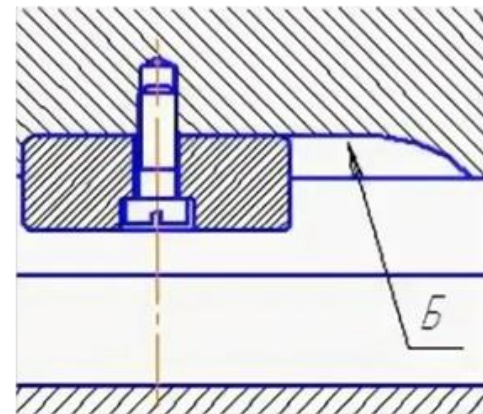
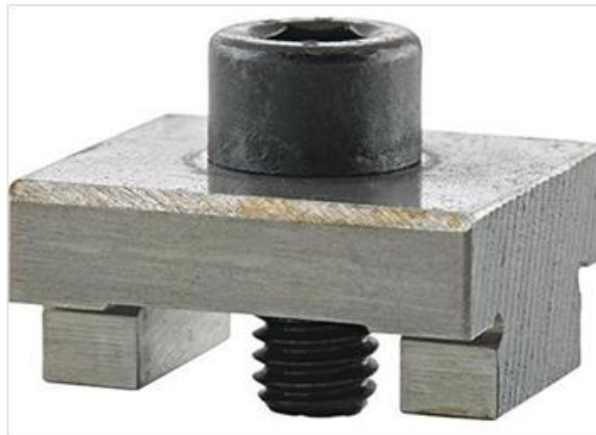


Варианты исполнения шпонок для базирования приспособлений

Корпуса станочных приспособлений

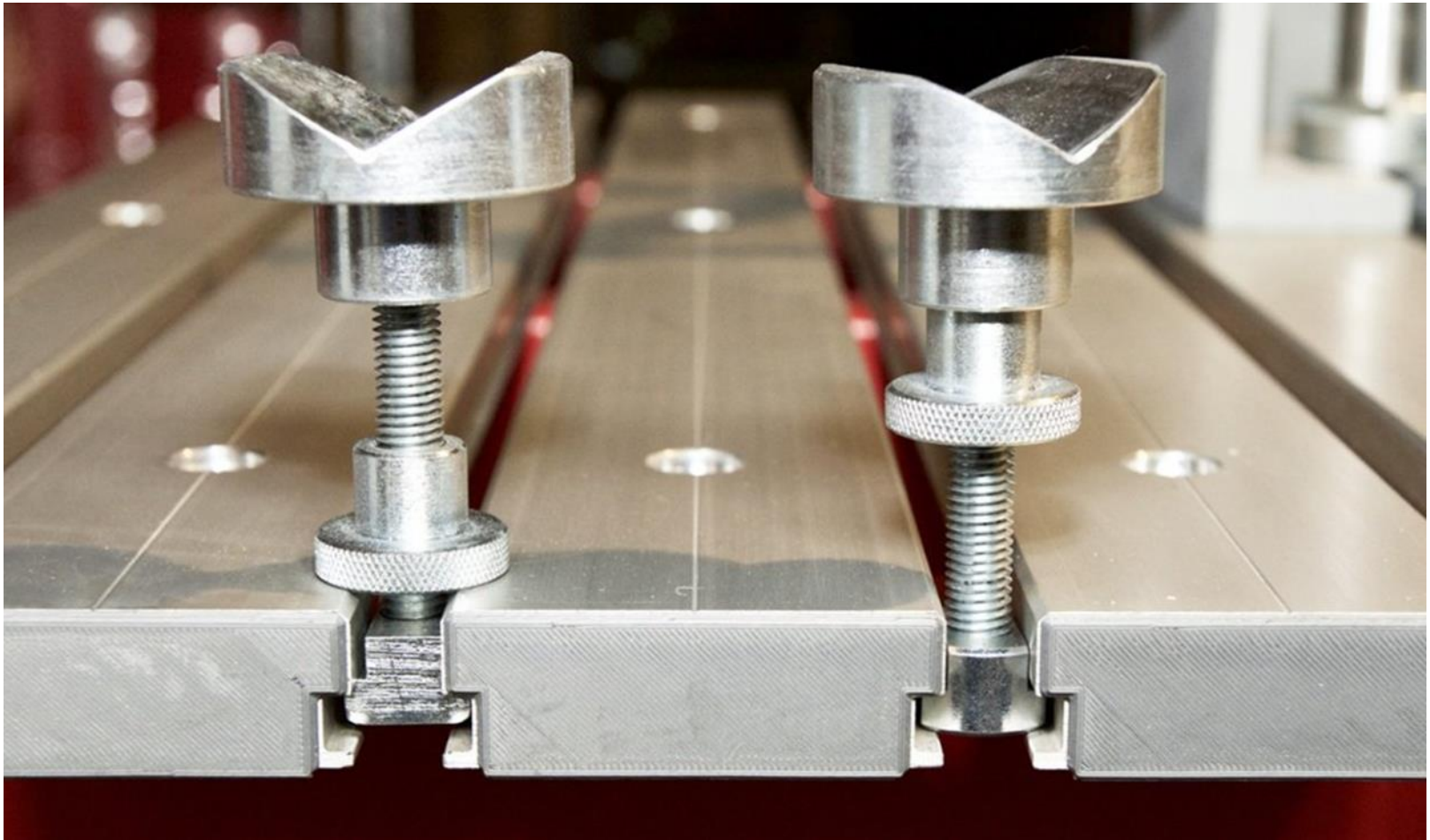
Способы установки корпусов приспособлений на станках

На станках фрезерных, расточных, сверлильных и т.п. групп



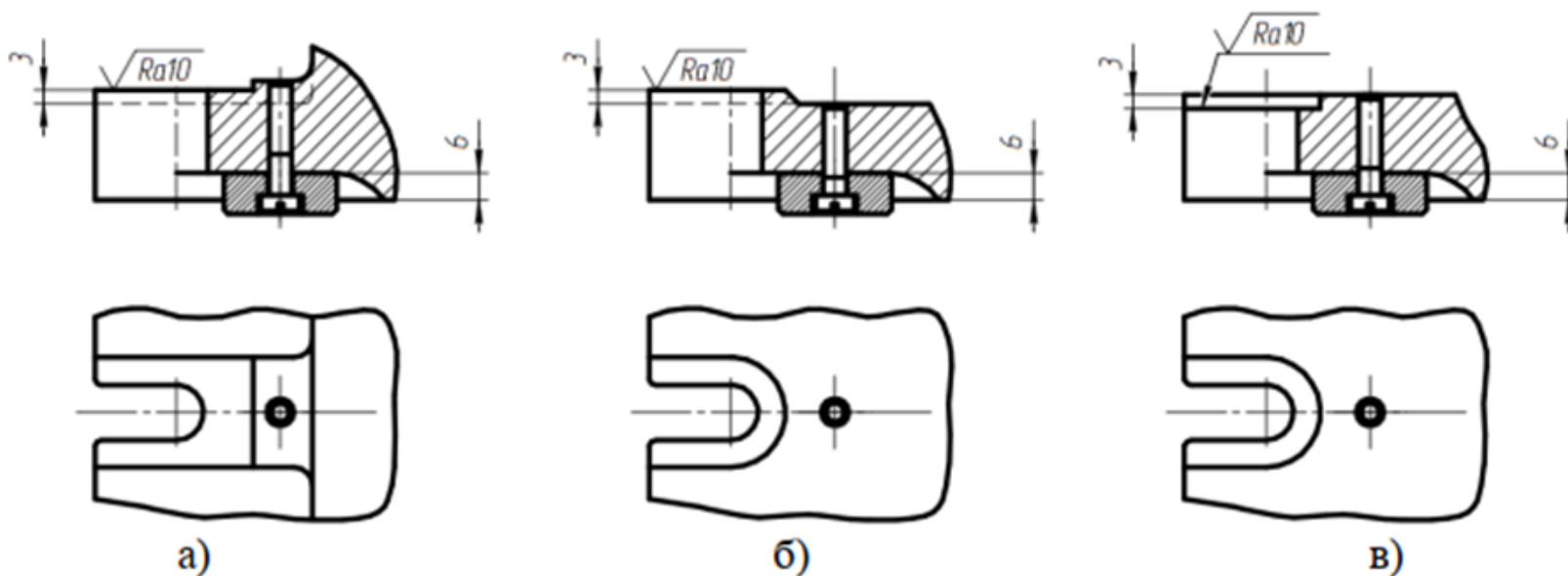
Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках



Корпуса станочных приспособлений

Способы установки корпусов приспособлений на станках

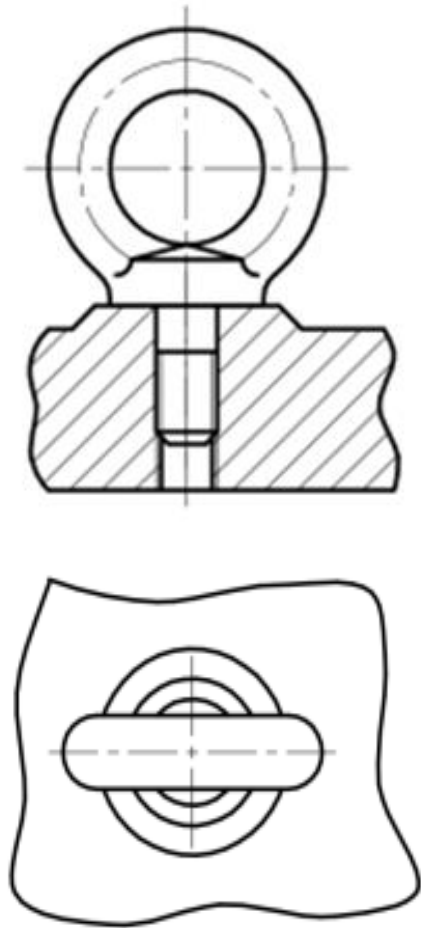


Конструкция проушин в корпусах приспособлений для литых (а) и (б) и прочих (в) корпусов

Вспомогательные элементы и устройства приспособлений

Элементы для захвата и переноса

Элементы для захвата и переноса



Вспомогательные элементы и устройства приспособлений

Делительные устройства

применяют в многопозиционных приспособлениях для придания обрабатываемой заготовке различных положений относительно инструмента и служат для фиксации в требуемом положении относительно режущего инструмента поворотной части приспособления вместе с закрепленной обрабатываемой деталью.

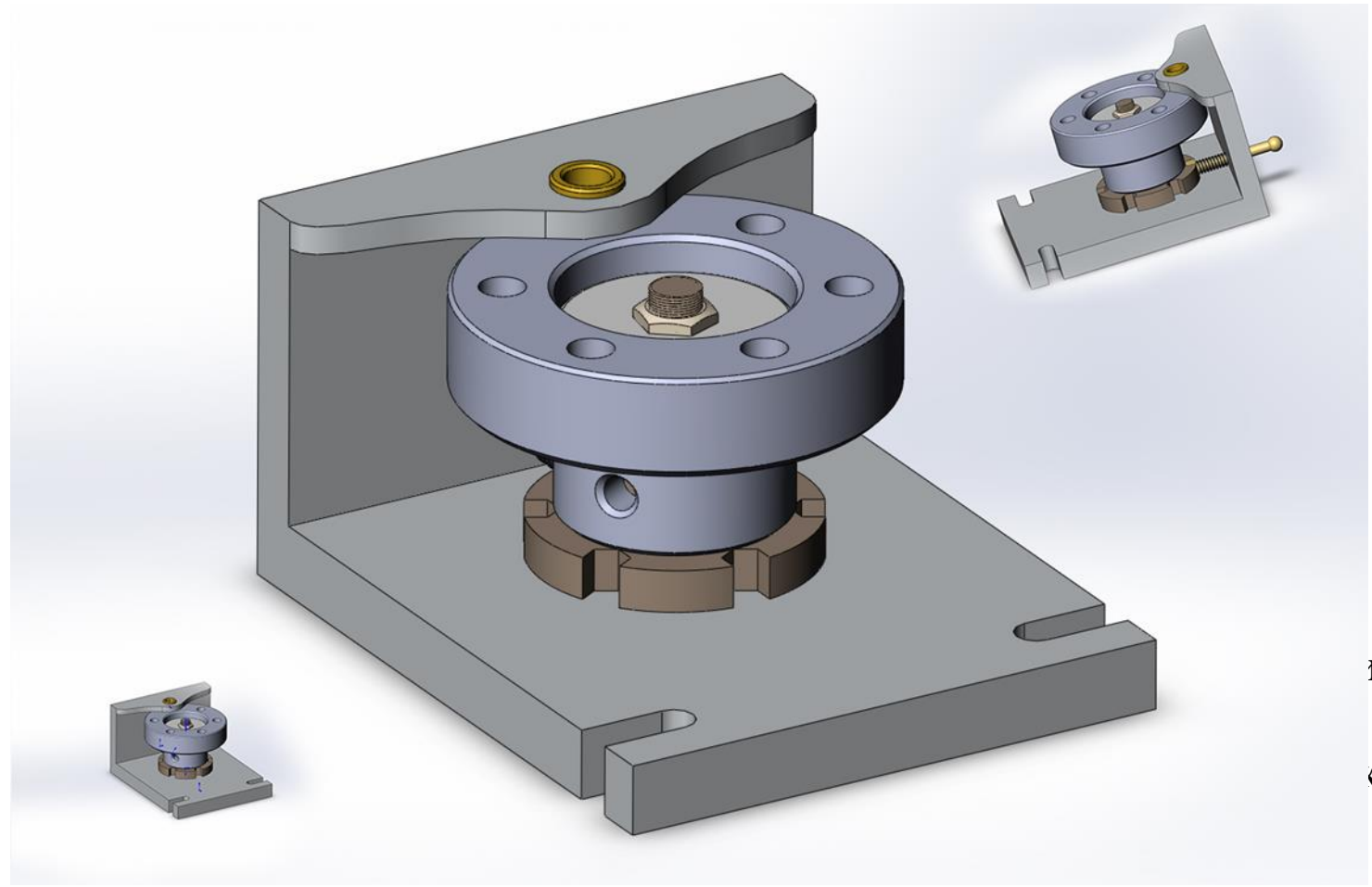


Вспомогательные элементы и устройства приспособлений

приспособлений

Делительные устройства

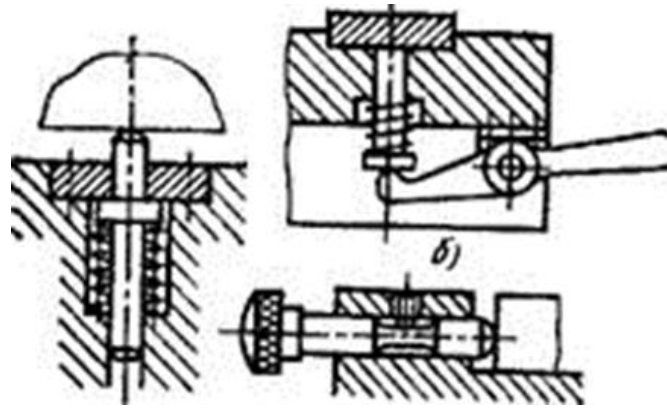
Фиксаторы различных конструкций



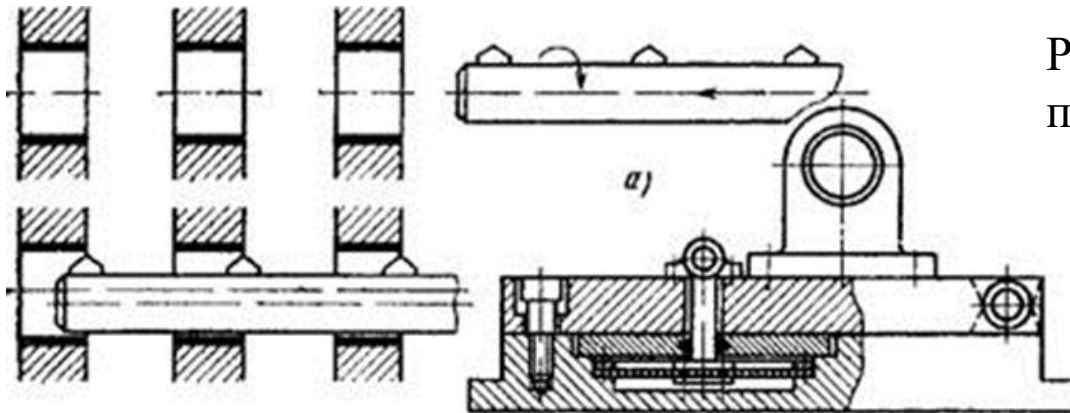
г;
ка;

Вспомогательные элементы и устройства приспособлений

Выталкиватели ручного и автоматического типа применяют для быстрого удаления небольших деталей из приспособлений



Подъемные устройства



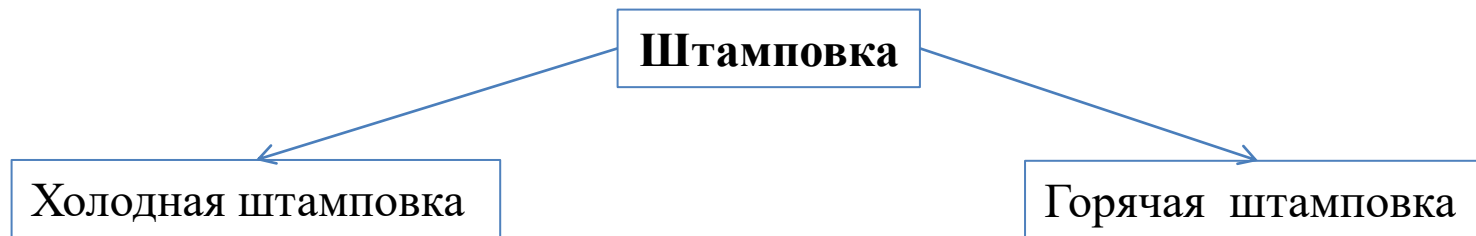
Расточный кондуктор с подъемным устройством

Лекция 9

Общие сведения о технологии
заготовительно-штамповочных работ при
производстве летательных аппаратов.
Технологическая оснастка операций
холодной листовой штамповки

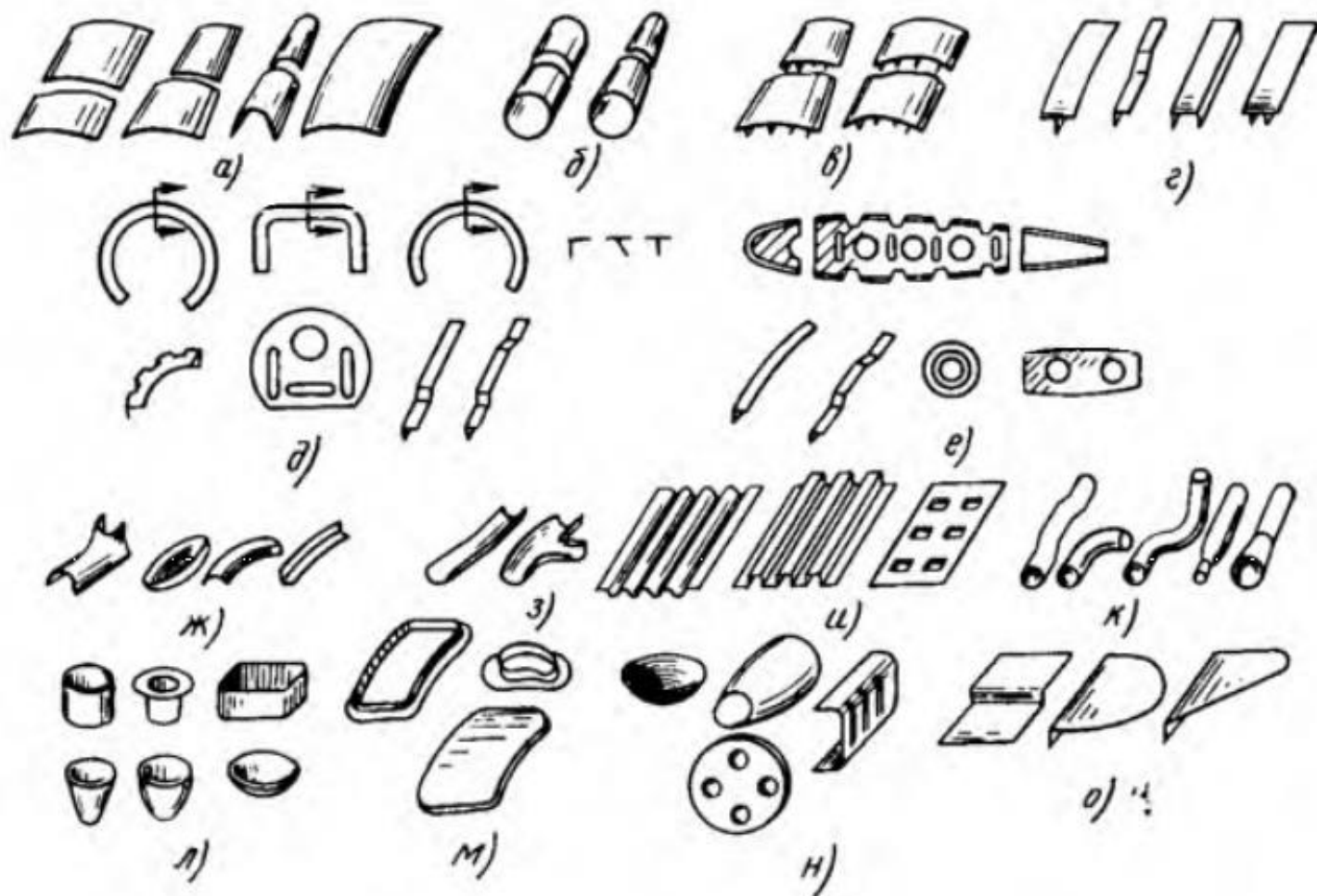
Заготовительно-штамповочные работы

Заготовительно-штамповочные работы объединяют комплекс операций обработки материалов давлением и сопутствующих операций, предназначенных для изготовления заготовок и деталей летательного аппарата.



Трудоемкость изготовления деталей планера летательного аппарата, изготавливаемых штамповкой распределяется следующим образом:

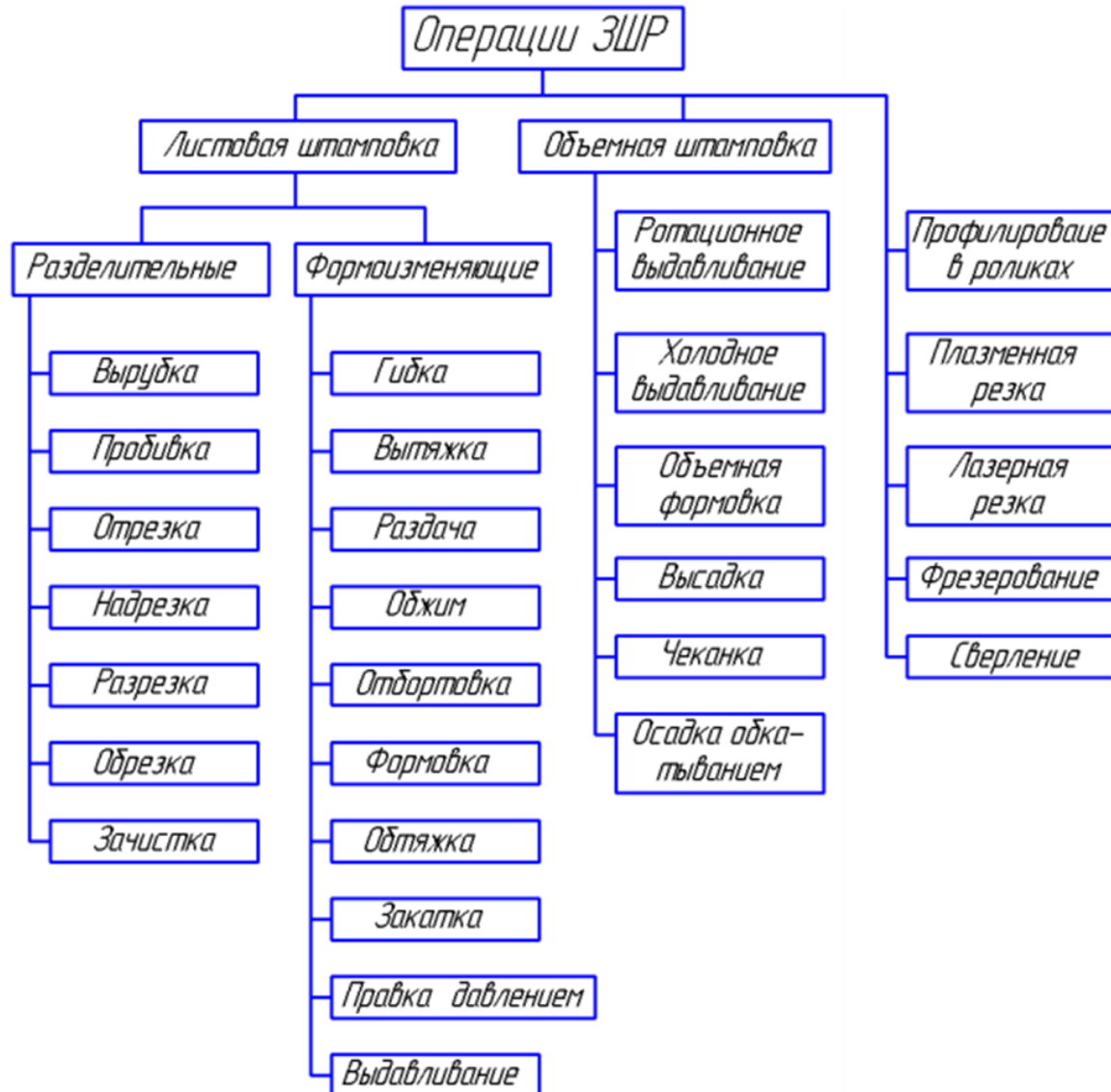
- на обшивки приходится около 15% от всей трудоемкости ЗШР;
- на детали из прессованных профилей – 25-27 %;
- на детали трубопроводов – 10 %;
- на детали нервюр, шпангоутов, диафрагм – 15 %;
- на сложные детали типа двери, люки, окантовки, законцовки и т.п. -12-14 %;
- раскройные работы – 12 %.



Типовые самолетные детали из листовых, профилированных и трубчатых полуфабрикатов:

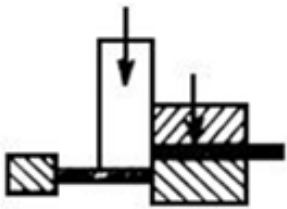
а—обшивки; б—обечайки корпусов; в—монолитные панели; г—стрингеры; д—детали шпангоутов; е—детали нервюр; ж—зализы, законцовки; з—полупатрубки; и—гофры, панели; к—детали из труб; л—детали баллонов, кожухов; м—двери, люки, окантовки; н—детали баков; о—соединительные детали

Классификация операций ЗШР



Основные операции листовой штамповки

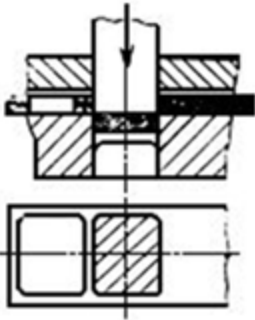
Разделительная операция – обработка материала давлением, в результате которой происходит частичное или полное отделение одной части заготовки от другой.



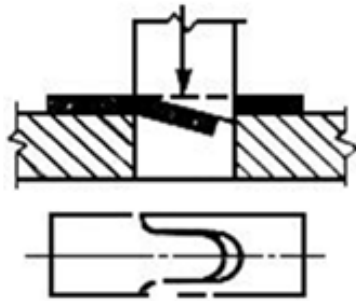
отрезка



разрезка



вырубка



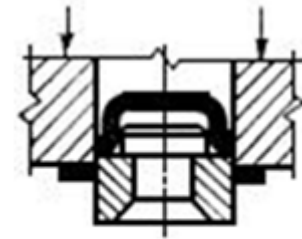
надрезка



проколка



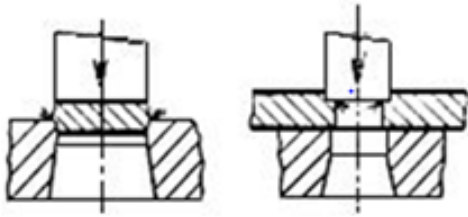
пробивка



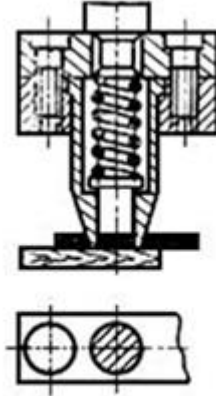
обрезка

Основные операции листовой штамповки

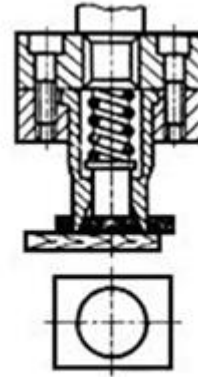
Разделительная операция



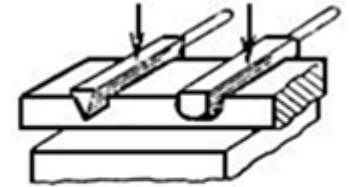
зачистка



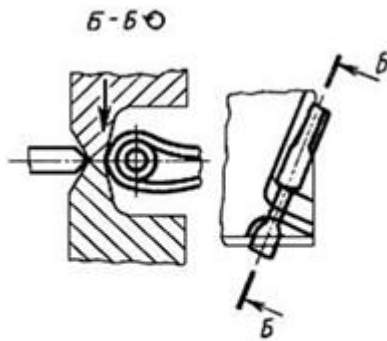
высечка



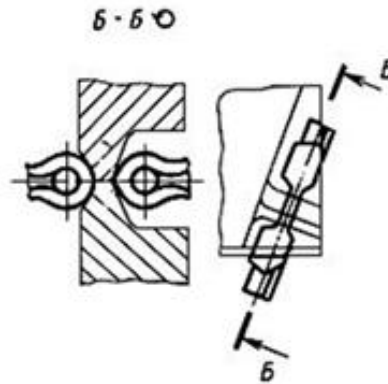
просечка



надрубка



отрубка



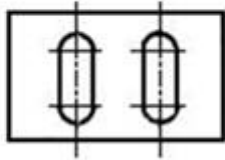
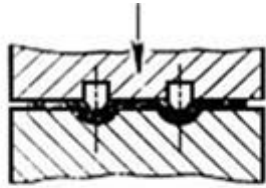
разрубка



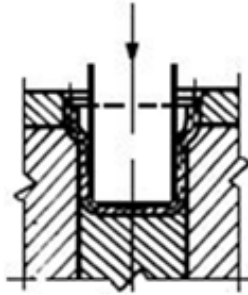
ломка

Основные операции листовой штамповки

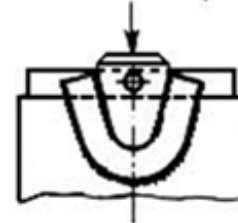
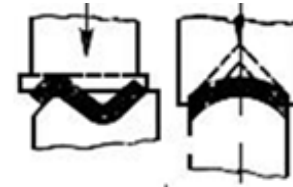
Формоизменяющая операция – обработка материала давлением, при которой изменяется форма плоской заготовки в результате её пластического деформирования



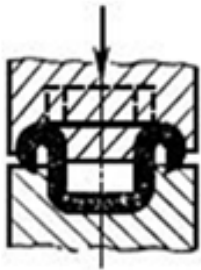
рельефная формовка



вытяжка



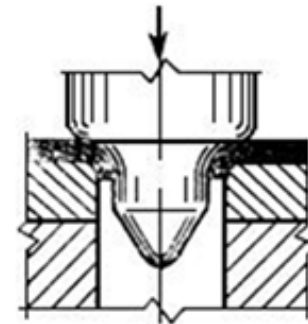
гибка



закатка



завивка



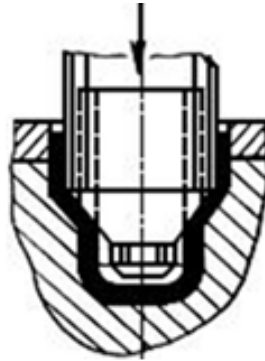
отбортовка

Основные операции листовой штамповки

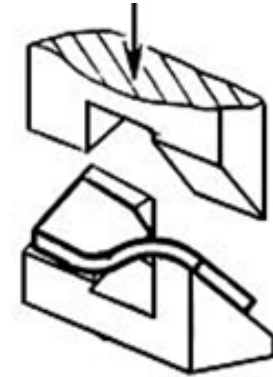
Формоизменяющая операция



обжим в штампе



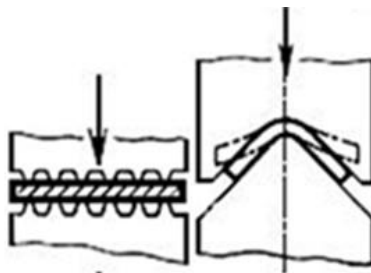
раздача



скручивание



Обтяжка



Правка давлением

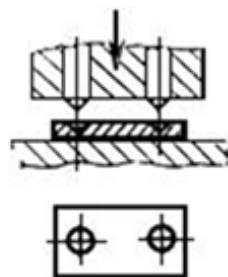


Калибровка

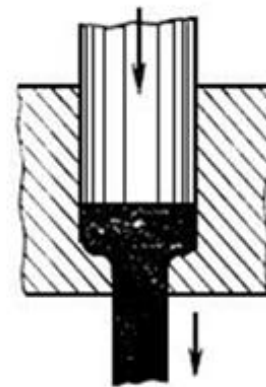
Формоизменяющие операции объемной штамповки



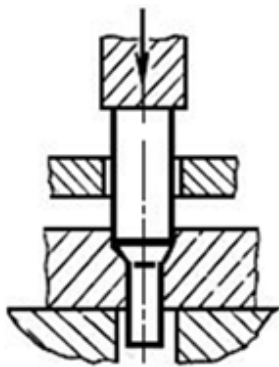
Чеканка



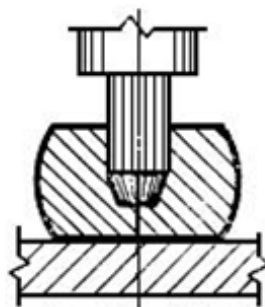
Кернение



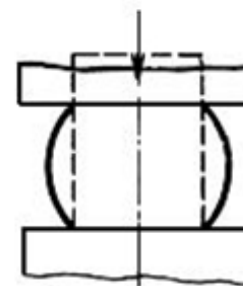
Выдавливание



Редуцирование



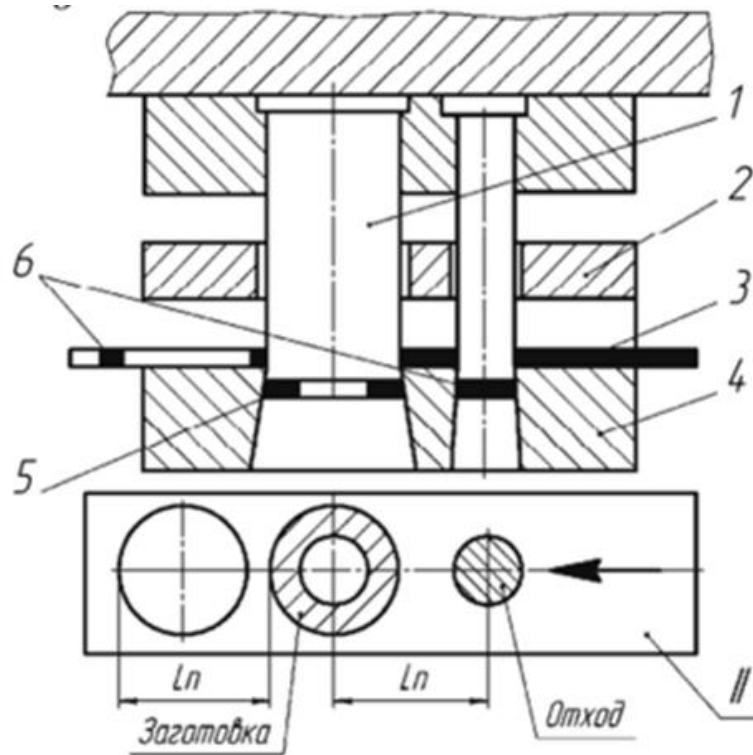
Прошивка



Осадка

Комбинированная штамповка

совмещенная и последовательная



1 – пуансон;

2 – съемник;

3 – полоса;

4 – матрица;

5 – заготовка;

6 – отход;

L_n – шаг подачи полосы.

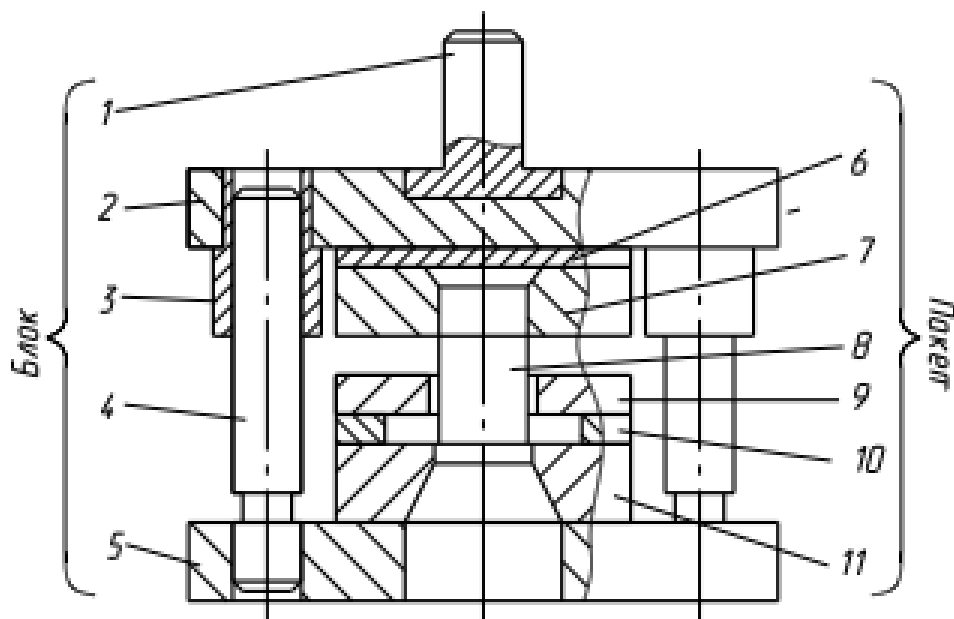
Схема штампа последовательного действия

Типовые узлы и элементы конструкции штампов



Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Схема штампа



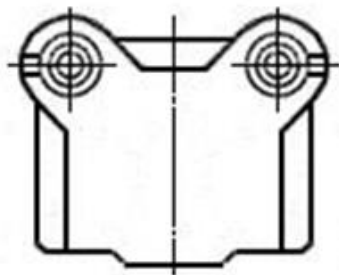
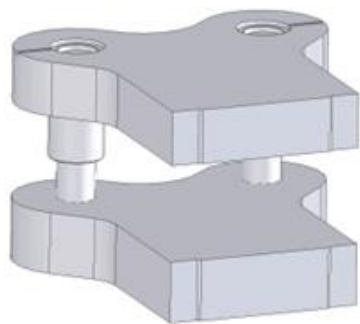
Блок штампа:

- 1 – хвостовик,
- 2 – верхняя плита,
- 3 – втулка,
- 4 – колонка,
- 5 – нижняя плита.

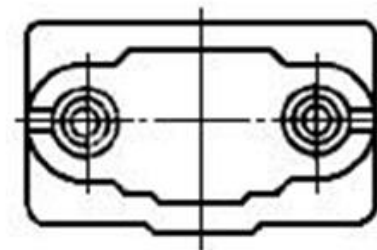
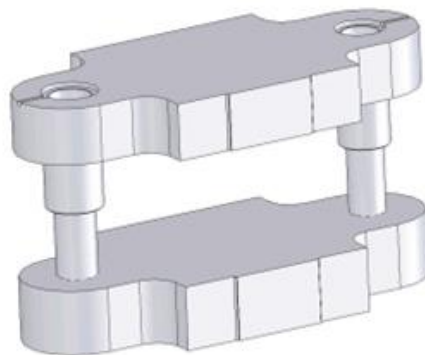
Пакеты штампа:

- 6 – подкладка,
- 7 – пуансонодержатель,
- 8 – пуансон,
- 9 – съемник,
- 10 – подкладка,
- 11 – матрица

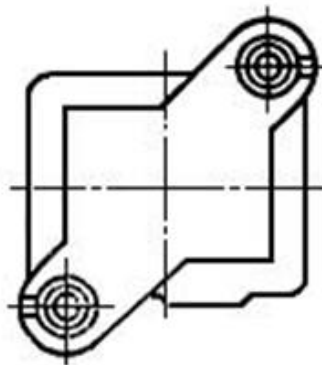
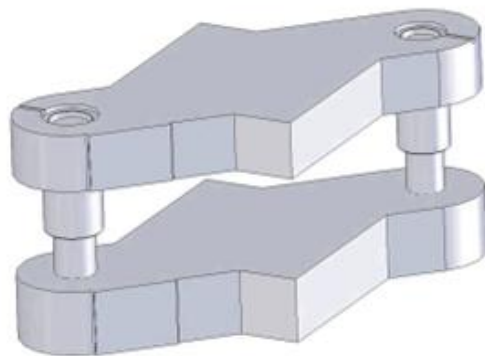
Типовые узлы и элементы конструкции штампов



с задним расположением направляющих узлов



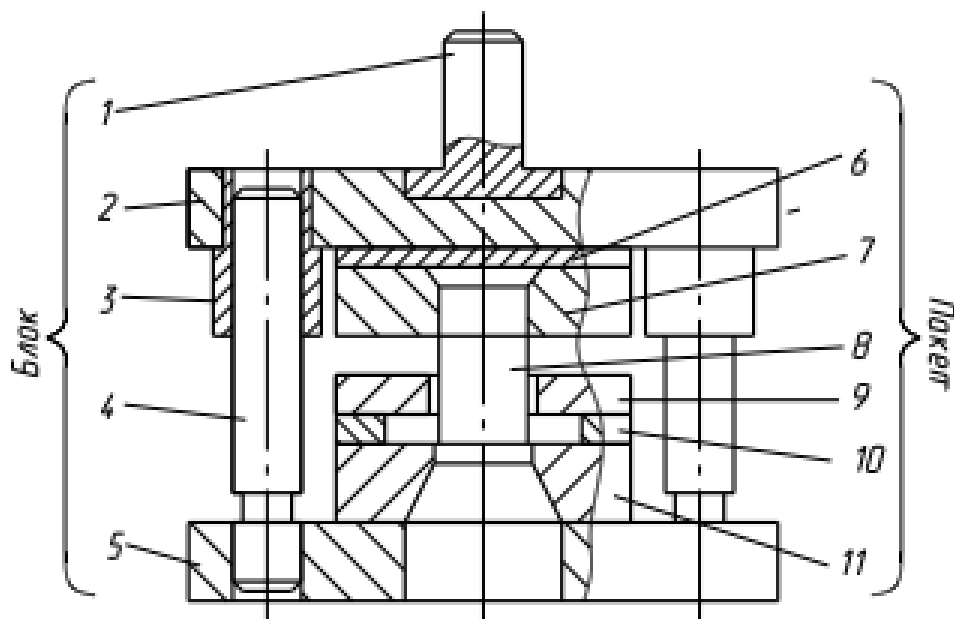
с осевым расположением направляющих узлов



с диагональным расположением направляющих узлов

Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Схема штампа



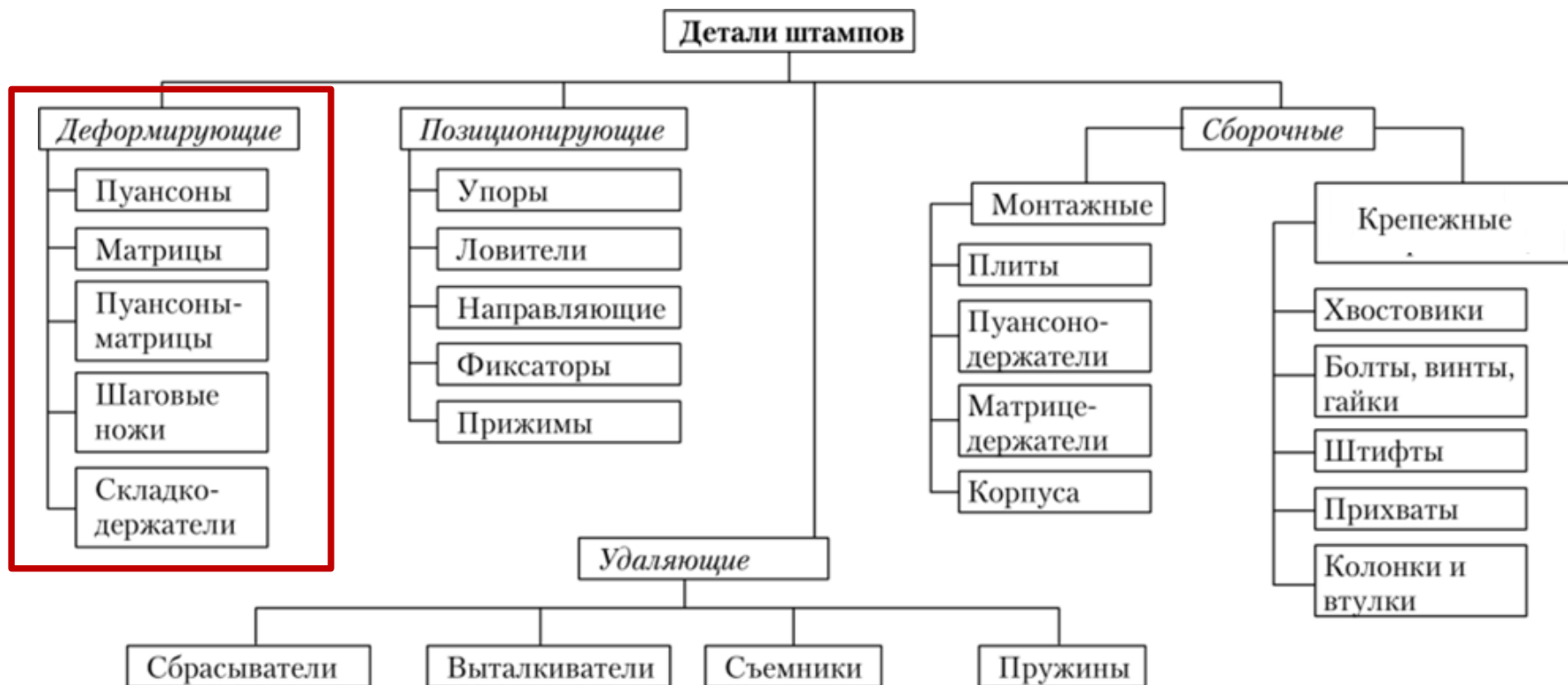
Блок штампа:

- 1 – хвостовик,
- 2 – верхняя плита,
- 3 – втулка,
- 4 – колонка,
- 5 – нижняя плита.

Пакеты штампа:

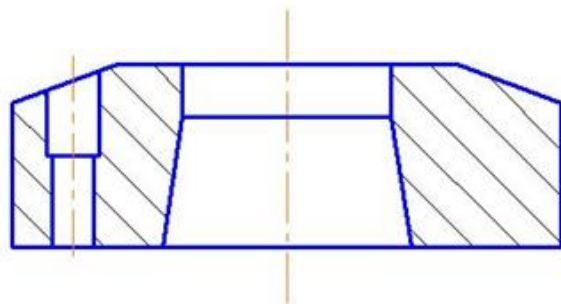
- 6 – подкладка,
- 7 – пуансонодержатель,
- 8 – пуансон,
- 9 – съемник,
- 10 – подкладка,
- 11 – матрица

Типовые узлы и элементы конструкции штампов

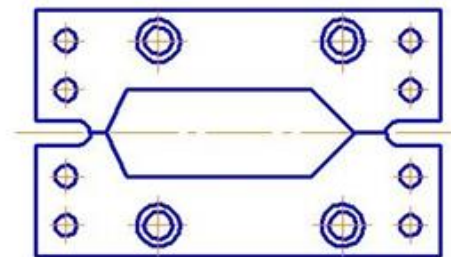


Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Деформирующие (рабочие) детали



цельная

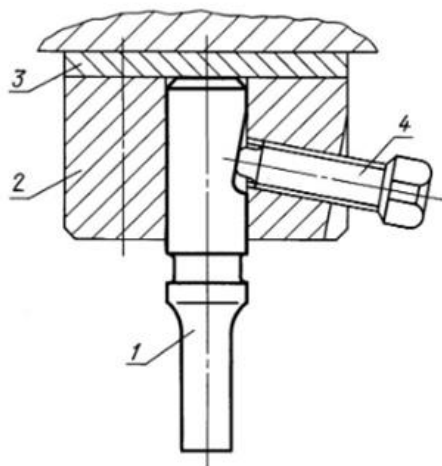


составная (двухсекционная)

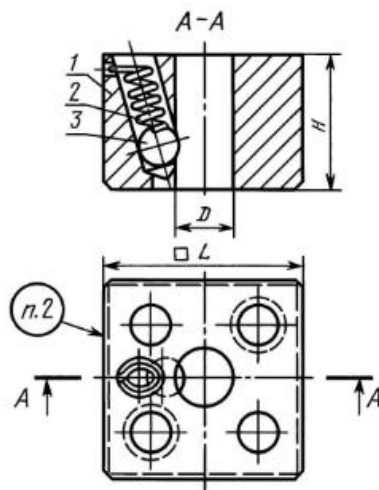
Схемы матриц

Типовые узлы и элементы конструкции штампов

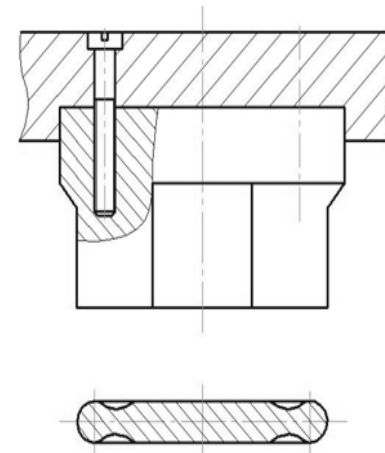
Деформирующие (рабочие) детали



1- пуансон, 2- пуансонодержатель (державка),
3- подкладная плита, 4 - винт
Пуансон для пробивки больших отверстий



Шариковое крепление



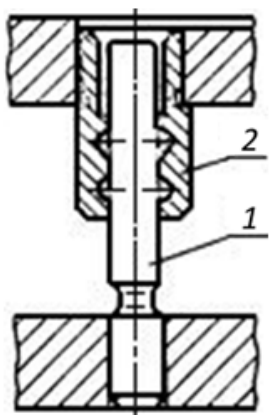
Профильный пуансон для вырубке детали сложной формы

Типовые узлы и элементы конструкции штампов



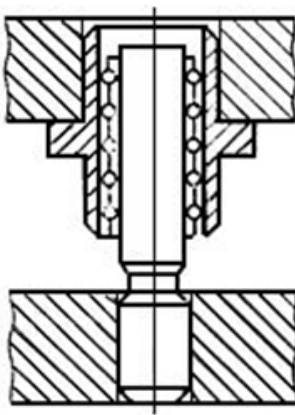
Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Направляющие и крепежные детали

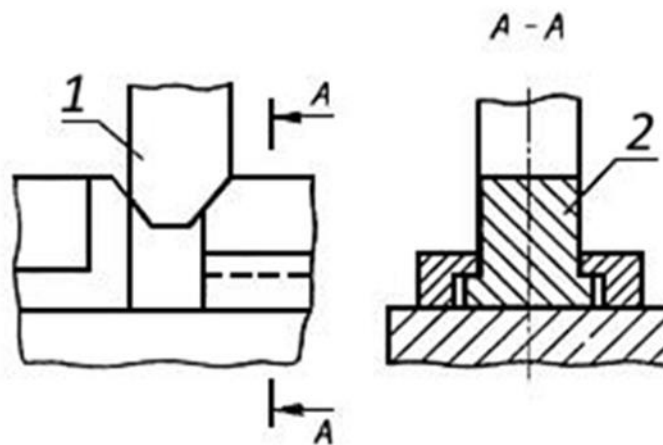


узел скольжения

1 – направляющая колонка; 2 – направляющая втулка



узел качения

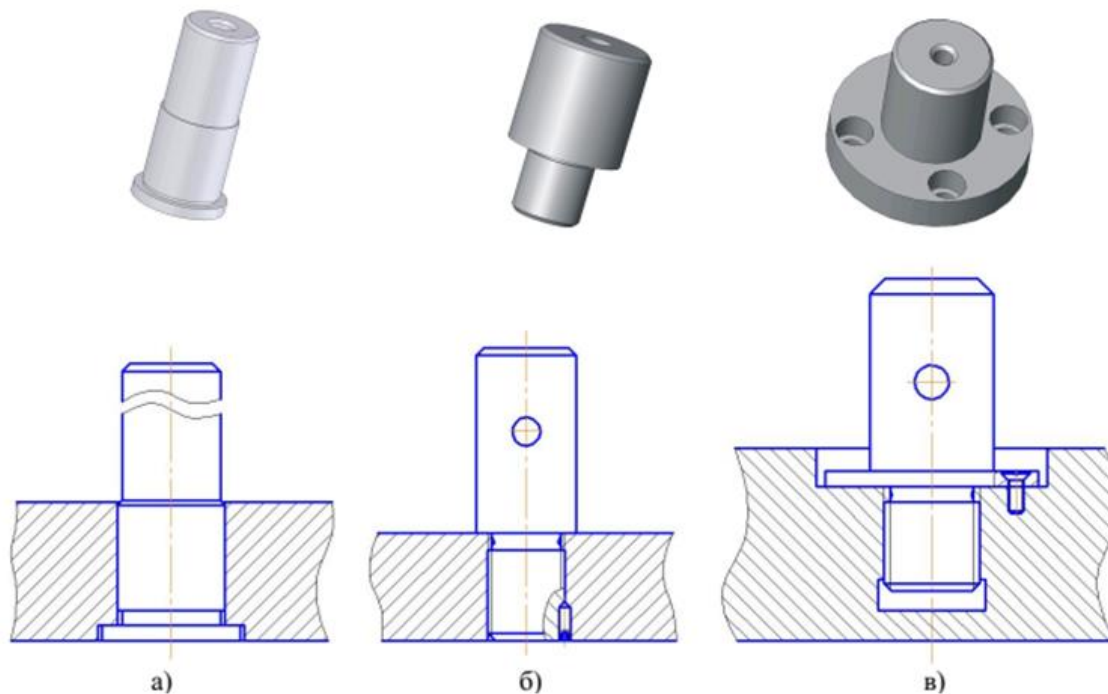


1 – клин штампа; 2 – ползушка

Плоский направляющий узел штампа

Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Направляющие и крепежные детали



а) с буртиком для разделительных штампов;

б) с резьбой для вытяжных и гибочных штампов;

в) с резьбой и буртиком для крупных штампов

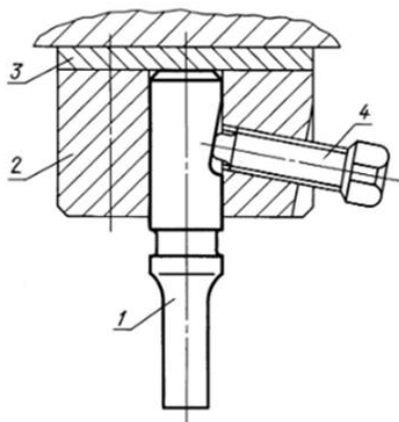
Типы хвостовиков

Типовые узлы и элементы конструкции штампов

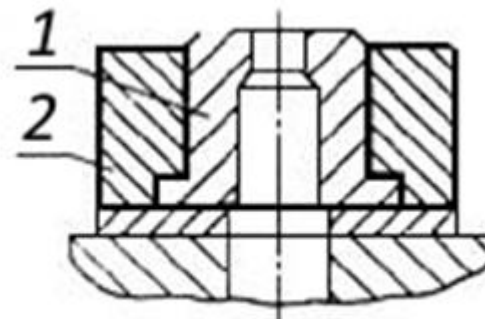


Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Монтажные (корпусные) детали



1- пуансон, 2- пуансонодержатель (державка),
3- подкладная плита, 4 - винт
Пуансон для пробивки больших отверстий



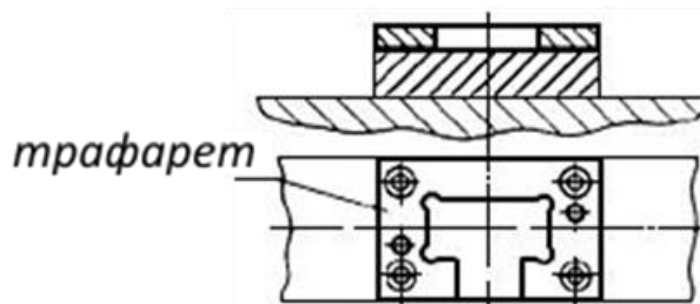
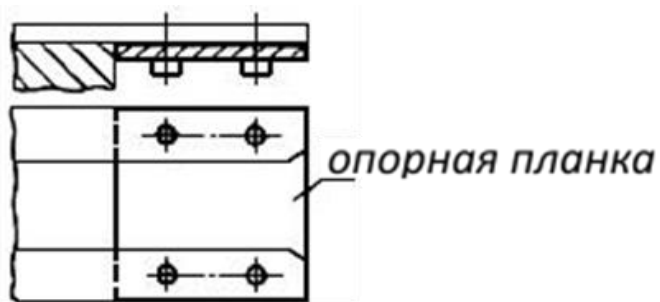
1 – матрица, 2 – матрицедержатель

Типовые узлы и элементы конструкции штампов



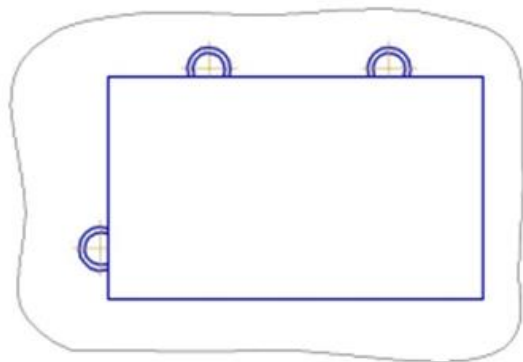
Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Позиционирующие (установочно-фиксирующие) детали

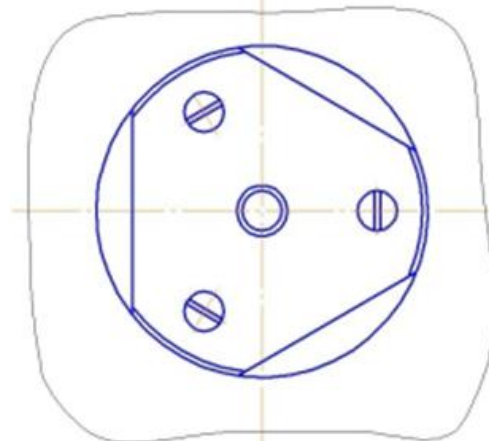


Типовые узлы и элементы конструкции штампов

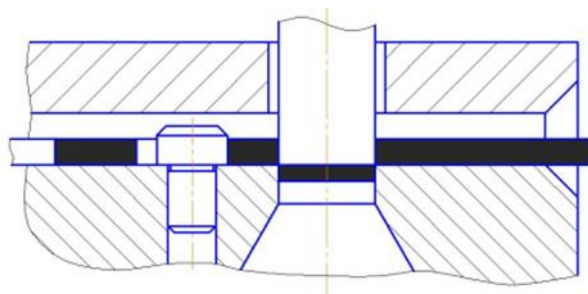
Позиционирующие (установочно-фиксирующие) детали



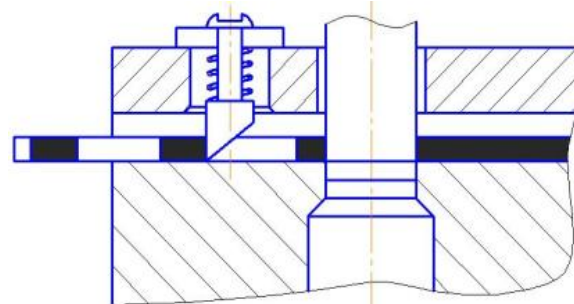
по наружному контуру
(штифтовые фиксаторы)



по контуру отверстия
(планочные фиксаторы)



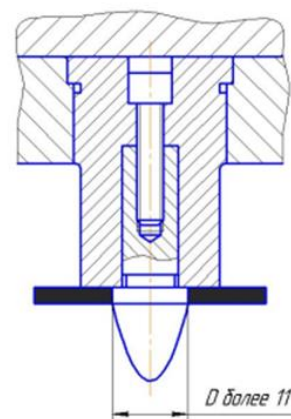
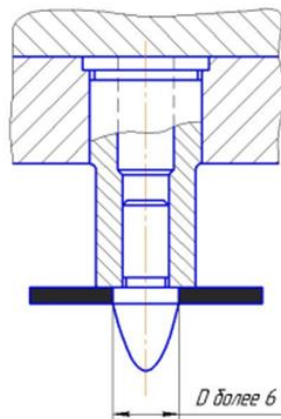
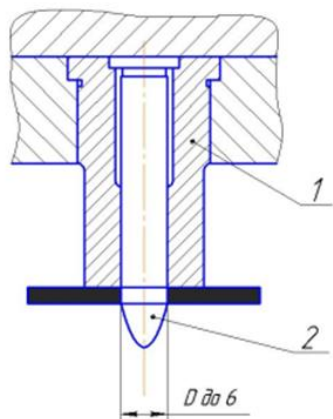
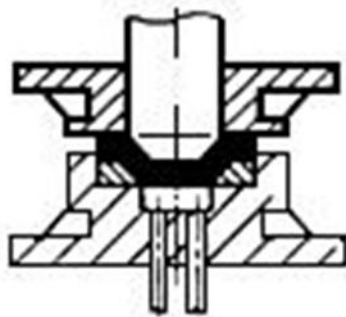
неподвижный



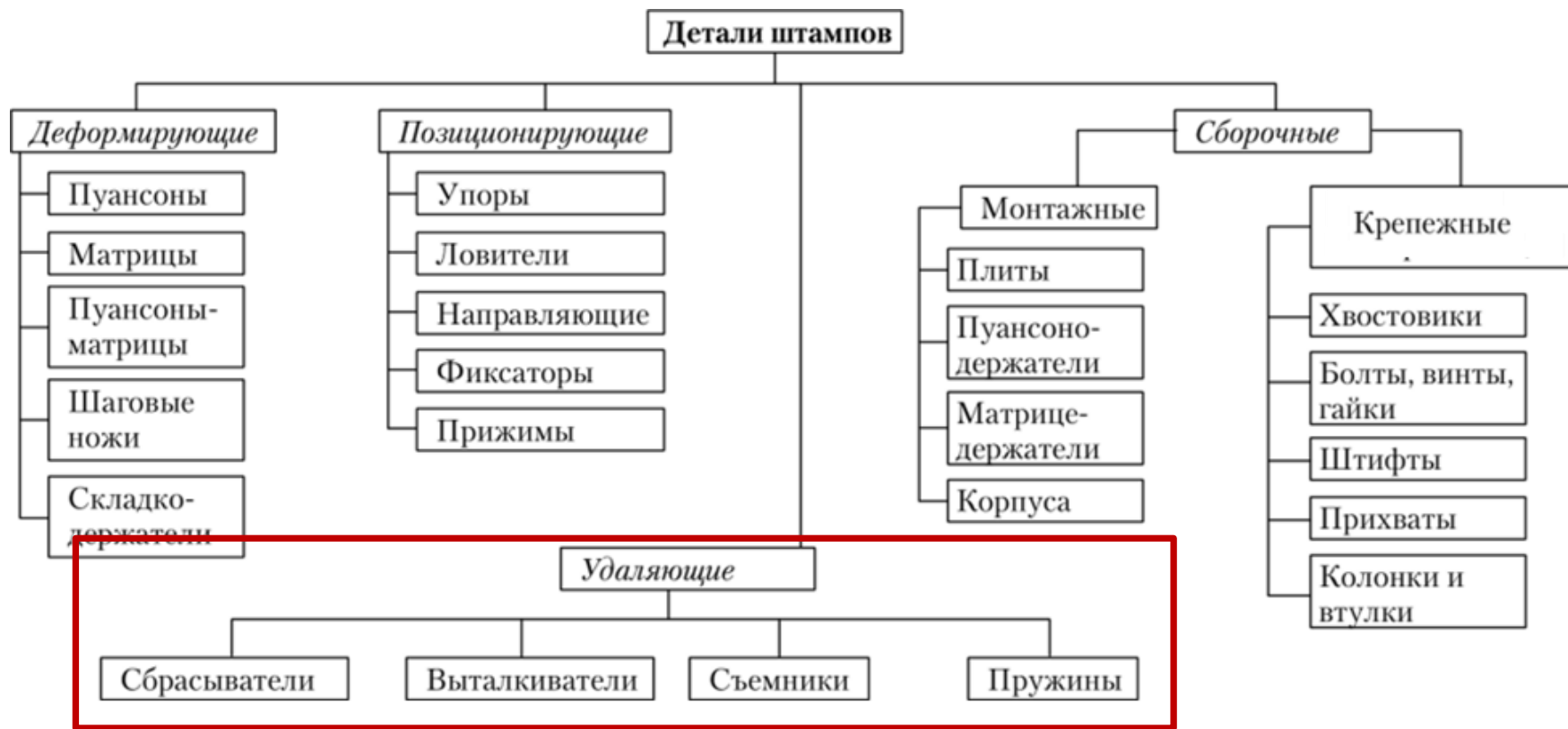
подвижный (утопающий)

Типовые узлы и элементы конструкции штампов

Позиционирующие (установочно-фиксирующие) детали

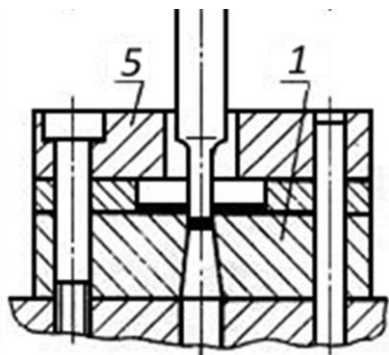


Типовые узлы и элементы конструкции штампов

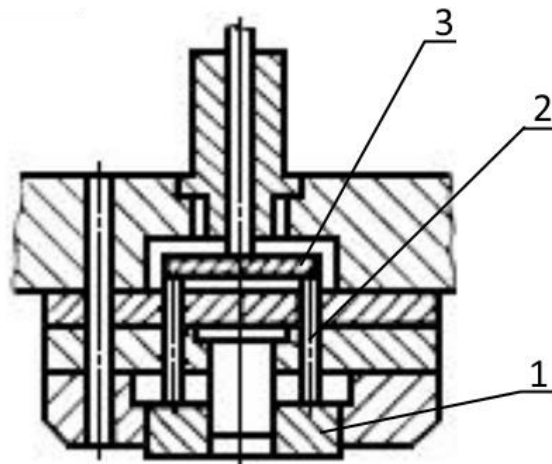


Типовые узлы и элементы конструкции штампов

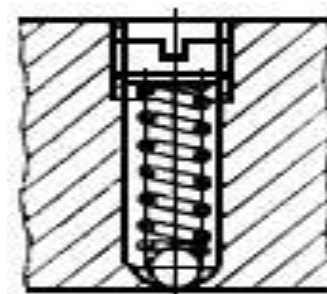
Удаляющие детали



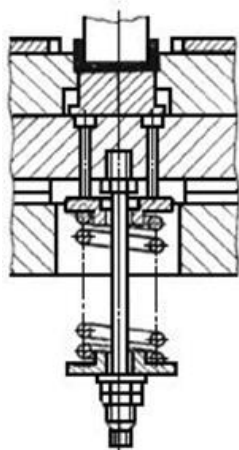
5 - сЪЕМНИК



1 – выталкиватель; 2 – толкатель;
3 – траверса

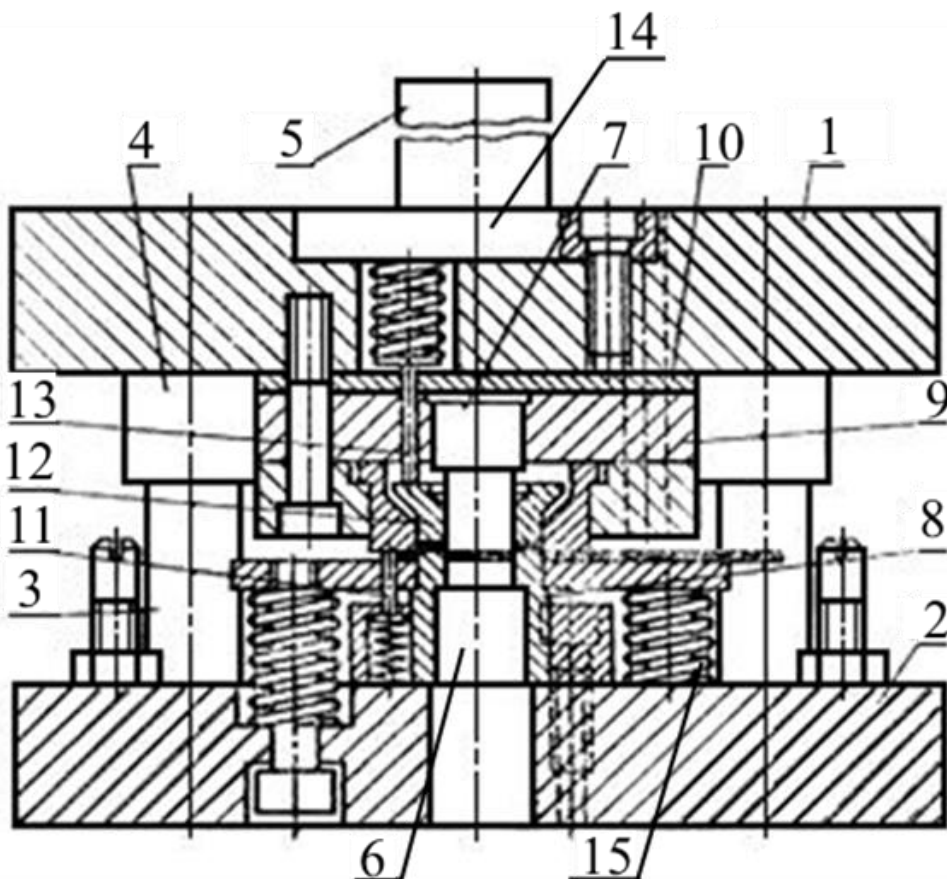


Отлипателъ



Буфер штампа

Схема универсального штампа



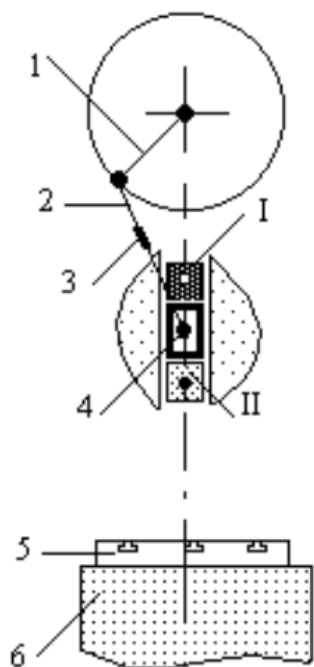
- 1 – верхняя плита
- 2 – нижняя плита
- 3 – направляющая колонка
- 4 – направляющая втулка
- 5 – хвостовик
- 6 – матрица
- 7 – пуансон
- 8 – матрицедержатель
- 9 – пуансонодержатель
- 10 – подкладная плита
- 11 – упор
- 12 – выталкиватель
- 13 – толкатель
- 14 – траверса
- 15 – буфер

Лекция 10

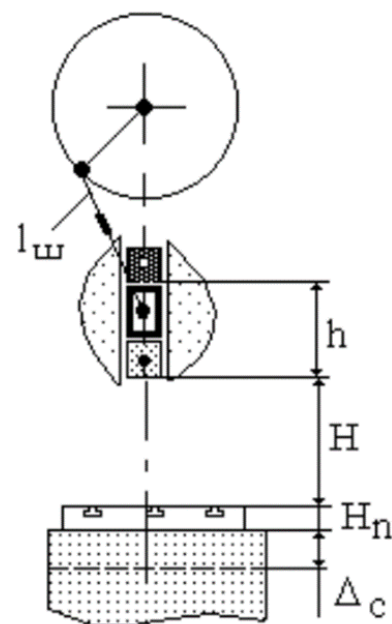
Лекция 11

**Методика проектирования штамповой
оснастки**

2. Выбор пресса, расчет величины рабочего хода



- 1 – кривошип;
- 2 – шатуна;
- 3 – устройство регулировки длины шатуна;
- 4 – ползуна,
- 5 – подштамповая плита;
- 6 – стол пресса
- I – верхнее положение ползуна;
- II – нижнее положение ползуна.

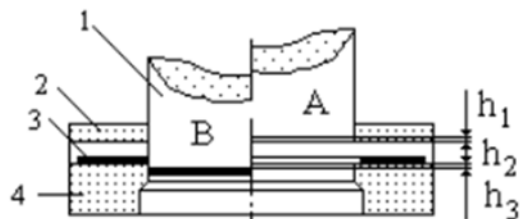


Принципиальная схема кривошипного пресса

2. Выбор прессы, расчет величины рабочего хода

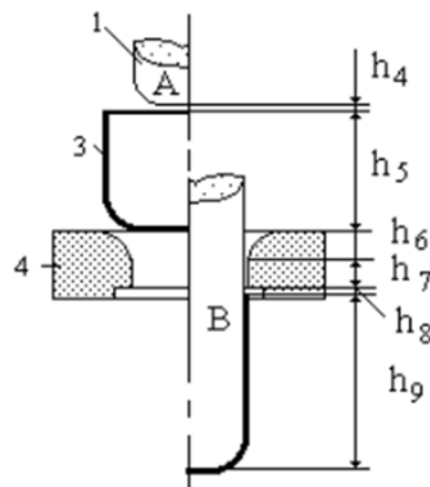
Определение величины рабочего хода

вырубка-пробивка



$$h = h_1 + h_2 + h_3$$

ВЫТЯЖКА



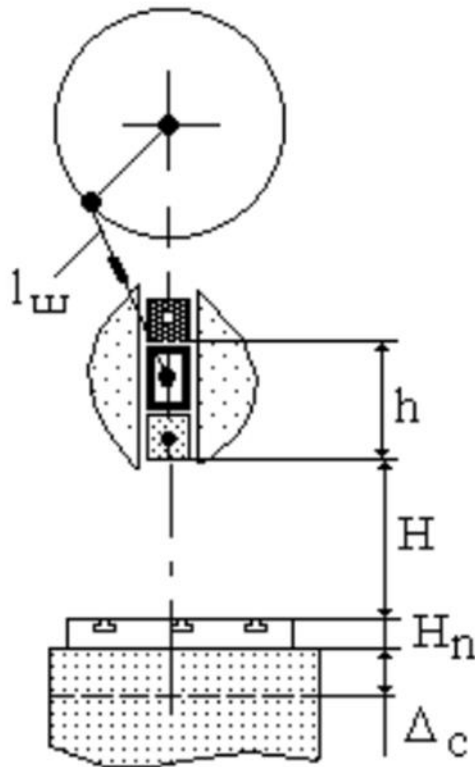
$$h = h_4 + h_5 + h_6 + h_7 + h_8 + h_9$$

А – верхнее положение инструмента; В – нижнее положение.

1 – пуансон; 2 – сьемник; 3 – деформируемая заготовка; 4 – матрица

2. Выбор пресса, расчет величины рабочего хода

Определение закрытой высоты штампа (пресса) $H_{зак}$



При заданной величине рабочего хода h ползуна максимальное и минимальное значения закрытой высоты пресса определится

$$H_{max} = H - H_{пл} + 0,5(h_{max} - h),$$

$$H_{min} = H - H_{пл} - \Delta_{ш} - \Delta_c + 0,5(h_{max} - h)$$

H – номинальная закрытая высота пресса;

$H_{пл}$ – толщина подштамповой плиты;

h_{max} и h_{min} – наибольший и наименьший рабочий ход пресса;

$\Delta_{ш}$ – допускаемое укорочение длины шатуна;

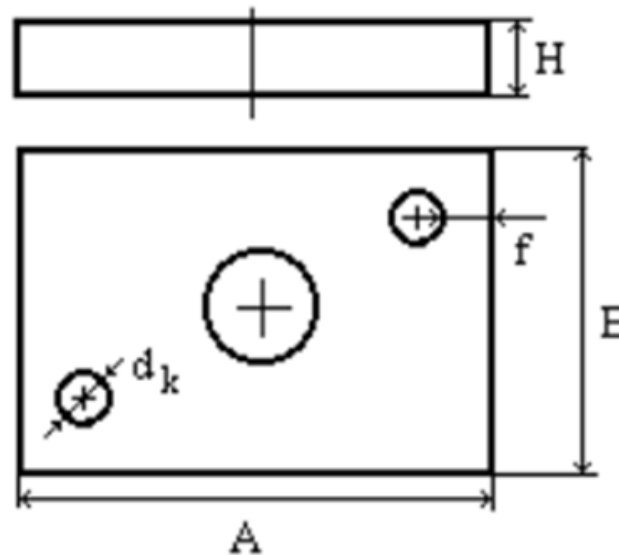
Δ_c – допустимое поднятие стола пресса.

3. Определение конструкции блока штампа

Материал	Термическая обработка	$\sigma_{н}$, МПа	Материал	Термическая обработка	$\sigma_{н}$, МПа
Сталь			Чугун		
45	Улучшение	175	СЧ 28-48	Отжиг	65
	Нормализация	130	СЧ 24-44	Отжиг	65
35	Улучшение	155	СЧ 21-40	Отжиг	60
	Нормализация	110	СЧ 18-36	Отжиг	50
20Л	Отжиг		СЧ 15-32	Отжиг	50
35Л	Отжиг		-	-	-

Материалы для изготовления плит штампов

3. Определение конструкции блока штампа



Геометрические размеры плиты

ГОСТ 15861-81 - Плиты-заготовки прямоугольные пакетов штампов листовой штамповки для разделительных операций. Конструкция и размеры

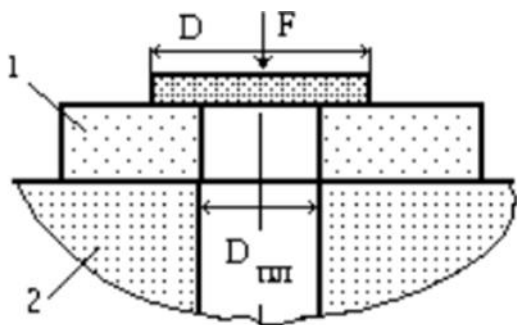
ГОСТ 15862-81 - Плиты-заготовки круглые пакетов штампов листовой штамповки для разделительных операций. Конструкция и размеры

ГОСТ 15863-81 - Плиты-заготовки пакетов штампов листовой штамповки для разделительных операций. Технические требования

3. Определение конструкции блока штампа

Расчетные схемы плит штампа на прочность

плита, работающая на сжатие

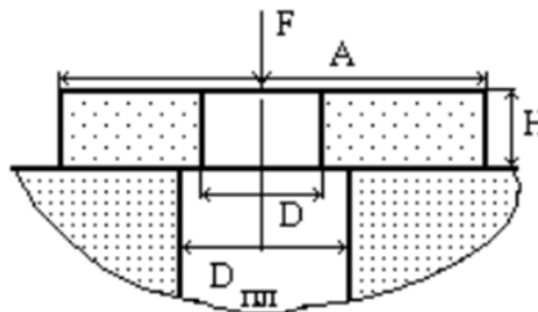


проверка плиты на смятие

$$\sigma_k = F/A_k \leq [\sigma_{см}]$$

σ_k – контактные напряжения смятия;
 F – технологическое усилие;
 A_k – площадь контактной поверхности;
 $[\sigma_{см}]$ – допускаемые напряжения на смятие для стали - 100 МПа; для чугуна - 50 МПа

плита, работающая на изгиб



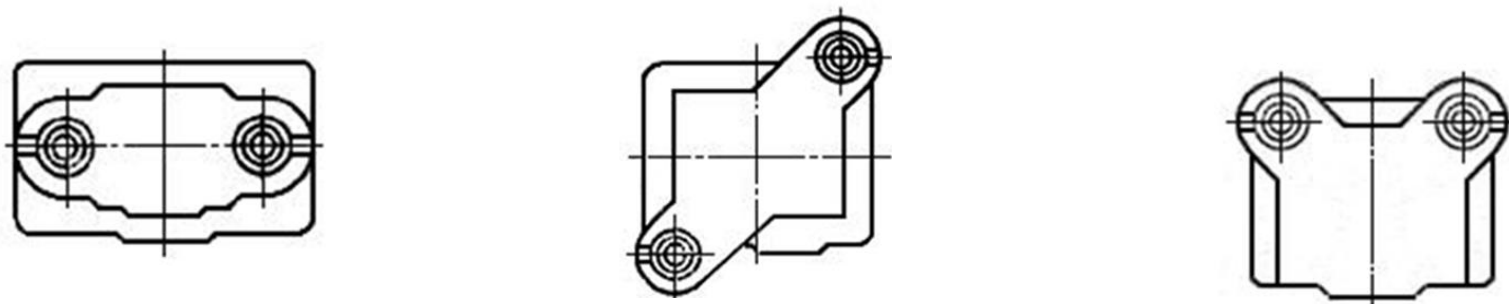
определение толщины плиты

$$H = 2,5 \sqrt{\frac{W}{A - D}}, \quad W = 0,25 \frac{F \cdot D_{пл}}{[\sigma_{и}]}$$

W – момент сопротивления плиты в направлении размера $D_{пл}$;
 F – технологическое усилие;
 $[\sigma_{и}]$ – допускаемое напряжение на изгиб материала нижней плиты;
 A – наименьший линейный размер плиты штампа;
 D – диаметр провального отверстия плиты штампа.

3. Определение конструкции блока штампа

Размеры направляющих узлов



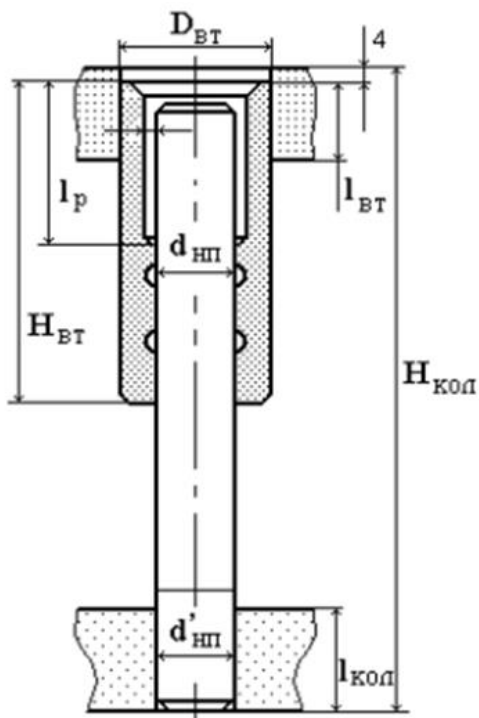
$$d_k = 0,5 \cdot \sqrt{A_{пл} + 70} \cdot \sqrt[8]{F}$$

Пример параметров гладких (по ГОСТ 131120-83) колонок и втулок направляющих узлов скольжения

d_k	$D_{вг}$	$D'_{вг}$	d_k	$D_{вг}$	$D'_{вг}$	d_k	$D_{вг}$	$D'_{вг}$	d_k	$D_{вг}$	$D'_{вг}$
12	20	24	22	34	38	40	56	60	71	95	100
14	22	25	25	38	42	45	60	65	80	105	110
16	26	30	28	42	45	50	67	71	90	120	125
18	28	32	32	45,	50	56	75	80	100	130	135
20	30	34	36	50	56	63	85	90	125	160	170

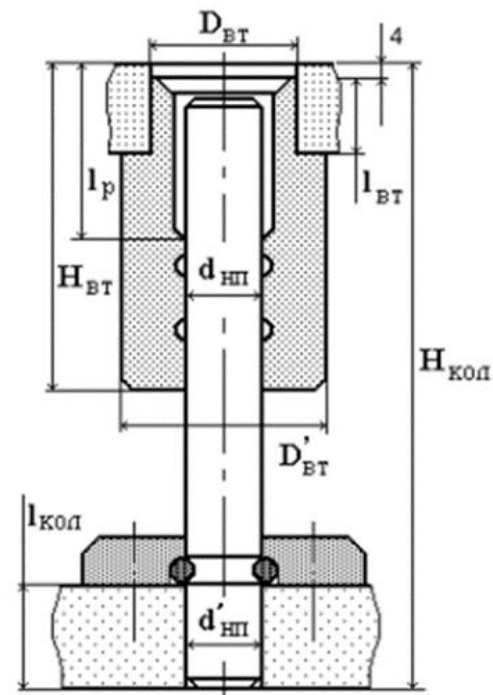
3. Определение конструкции блока штампа

Размеры направляющих узлов



Направляющий узел
с гладкой колонкой и втулкой
(по ГОСТ 131120-83)

применяют при $d_k \leq 80$ мм



Направляющий узел
со ступенчатой колонкой и втулкой
(по ГОСТ 131121-83)

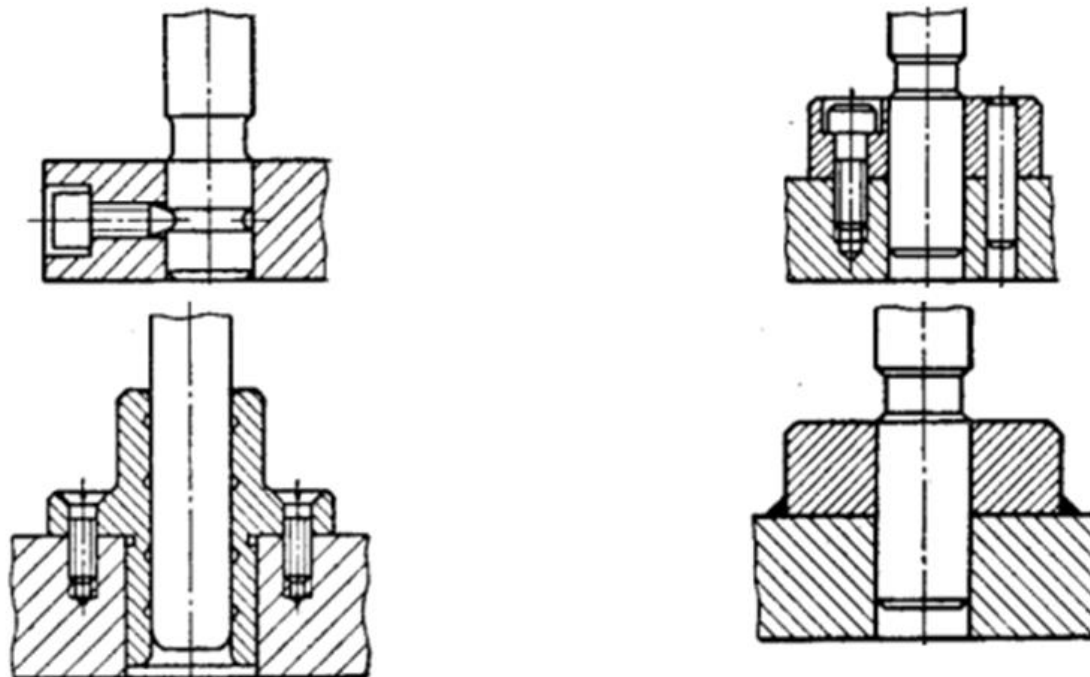
3. Определение конструкции блока штампа

Основным методом соединения цилиндрических направляющих с плитами блока является запрессовка с натягом.

$l_{\text{кол}} = (0,8-1,0)d_k$ - минимально допустимая глубина запрессовки;

$(1,2-1,5)d_k$ - рекомендуемая глубина запрессовки;

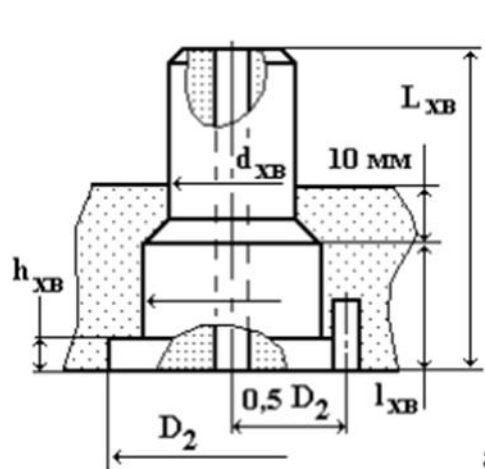
$(2,0-3,0)d_k$ - глубина запрессовки в прецизионных штампах.



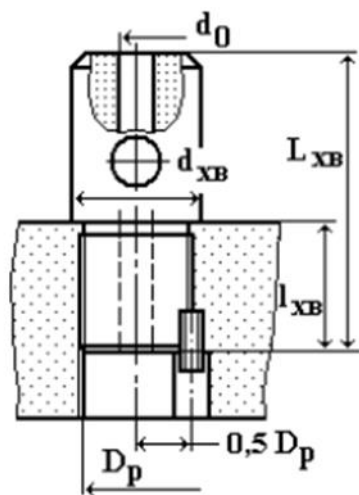
Примеры дополнительных креплений направляющих втулок

3. Определение конструкции блока штампа

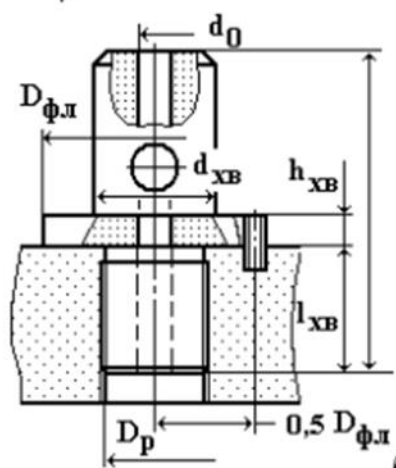
Хвостовики штампов



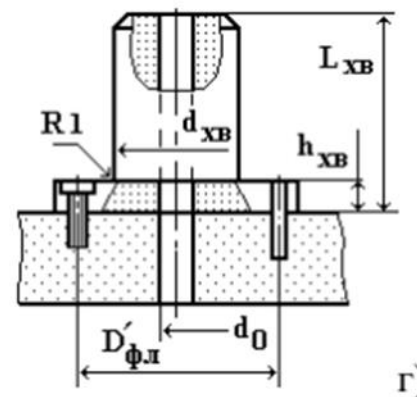
а)



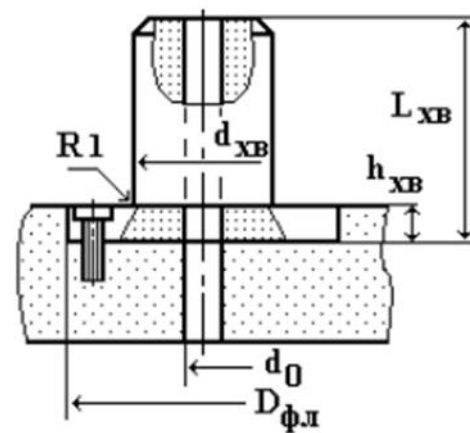
б)



в)



г)



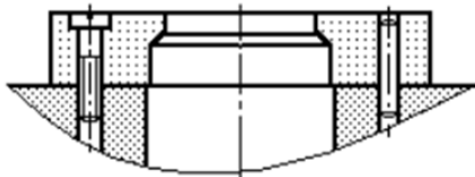
д)

а) – с буртиком ГОСТ 16715-71;

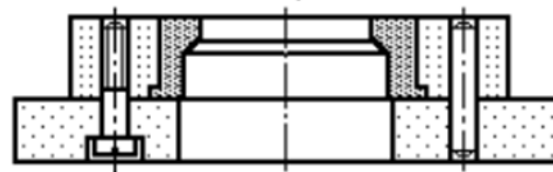
б) – с резьбой и буртиком ГОСТ 16717-71; в) – резьбой ГОСТ 16716-71;

г) и д) – с фланцем ГОСТ 16719-71.

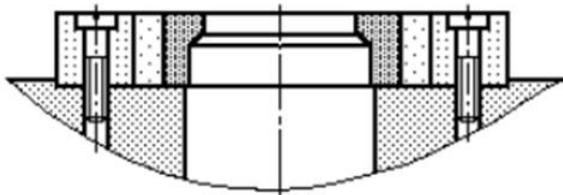
4. Определение конструкции матрицы



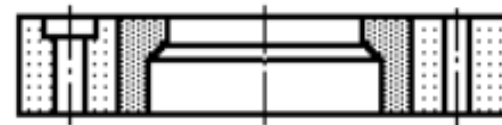
Сплошная матрица,
крепление винтами и штифтами



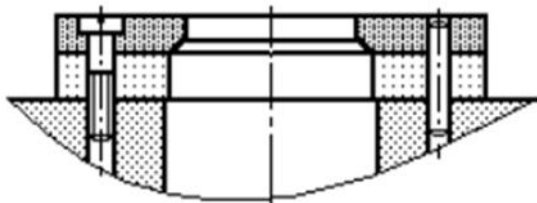
Сплошная матрица с буртиком в матрицедержателе,
крепление за счет посадки и буртика



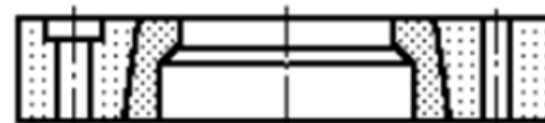
Бандажированная матрица,
крепление винтами и врезкой



Сплошная матрица в матрицедержателе,
крепление за счет посадки (H7/n6)



Составная матрица,
крепление винтами и штифтами



Сплошная матрица в матрицедержателе,
крепление за счет малой конусности боковой поверхности
($1^{\circ}30' \div 3^{\circ}$)

4. Определение конструкции матрицы

ГОСТ 16637-80 - Матрицы с круглым отверстием. Конструкция и размеры

ГОСТ 16638-80 - Матрицы с круглым отверстием усиленные. Конструкция и размеры

ГОСТ 16639-80 - Матрицы с круглым отверстием и фланцем. Конструкция и размеры

ГОСТ 16640-80 - Матрицы с круглым отверстием и фланцем усиленные. Конструкция и размеры

ГОСТ 16641-80 - Матрицы с круглым отверстием быстросменные. Конструкция и размеры

ГОСТ 16642-80 - Матрицы с квадратным отверстием. Конструкция и размеры

ГОСТ 16643-80 - Матрицы с квадратным отверстием быстросменные. Конструкция и размеры

ГОСТ 16644-80 - Матрицы с продолговатым отверстием. Конструкция и размеры

ГОСТ 16645-80 - Матрицы с продолговатым отверстием быстросменные. Конструкция и размеры

ГОСТ 16646-80 - Матрицы с удлиненно-продолговатым отверстием. Конструкция и размеры

ГОСТ 16647-80 - Матрицы с удлиненно-продолговатым отверстием быстросменные.

Конструкция и размеры

4. Определение конструкции матрицы

Основные конструктивные размеры круглых матриц

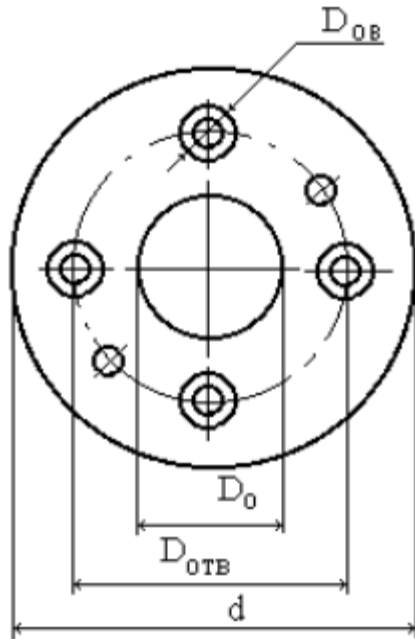


Таблица 3 – Наименьший наружный диаметр круглой матрицы, мм

D_0	d	D_0	d
До 15	50	Св.115 до 130	200
Св.15 до 25	63	Св.130 до 150	220
Св.25 до 35	80	Св.150 до 180	250
Св.35 до 50	100	Св.180 до 210	280
Св.50 до 75	125	Св.210 до 250	320
Св.75 до 85	140	Св.250 до 280	360
Св.85 до 105	160	Св.280 до 310	400
Св.105 до 115	180		

Таблица 4 – Диаметры винтов и штифтов для крепления матрицы

Наибольший габаритный размер матрицы, мм	Диаметры винтов и штифтов при технологическом усилии, воспринимаемом матрицей в кН					
	До 500 кН		Св.500 до 1000		Св.1000 кН	
	Винт	Штифт	Винт	Штифт	Винт	Штифт
До 100	M6	6	M8	6	-	-
Св.100 до 125	M8	8	M10	8	-	-
Св.125 до 160	M10	8	M12	10	M12	10
Св.160 до 250	M10	10	M12	10	M12	10
Св.250 до 280	M10	10	M12	10	M12	10
Св.280 до 400	M12	10	M12	10	M12	10
Св.400	M12	10	M12	12	M16	12

$$D_{ов} \leq \frac{d - D_0}{6} \quad \text{и} \quad D_{отв} = \frac{d + D_0}{2},$$

$D_{ов} = D_{гол} + 2$ – диаметр отверстия под головку винта,

$D_{гол}$ – диаметр головки винта

4. Определение конструкции матрицы

Основные конструктивные размеры прямоугольных матриц

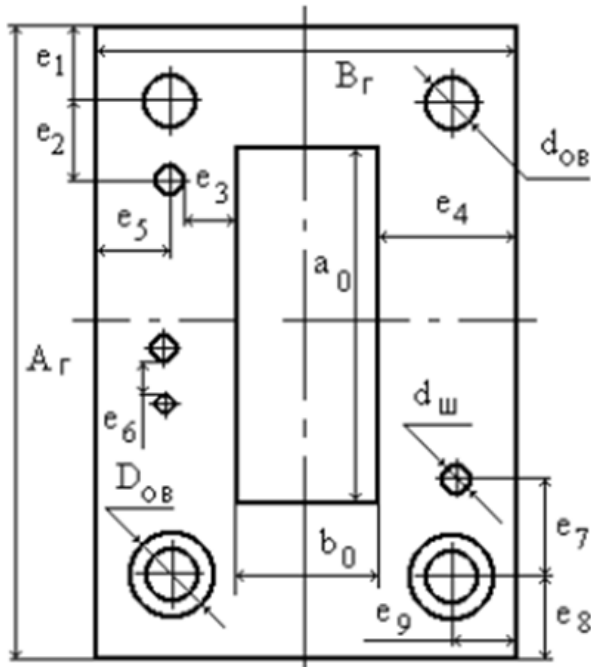


Таблица 5 – Наименьшие габаритные размеры прямоугольной матрицы, мм

$a_0 \times b_0$	$A_{г} \times B_{г}$	$a_0 \times b_0$	$A_{г} \times B_{г}$	$a_0 \times b_0$	$A_{г} \times B_{г}$
30×20	63×50	200×80	280×140	220×180	320×250
40×20	80×50	100×100	160×160	250×180	360×250

Таблица 6 – Размеры и координаты винтов и штифтов для крепления матрицы, мм

Длина матрицы (диаметр)	Наименьшие значения координат отверстий под винты и штифты в зависимости от диаметра винта (штифта)										Число винтов в одном ряду
	M6 (6)		M8 (6; 8)		M10 (8; 10)		M12 (10; 12)		M16 (12)		
	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	
До 100	7,5	12	10	16							2
Св. 100 до 125			10	16	12,5	20					2
Св. 125 до 160					12,5	20	15	25			2
Св. 160 до 250					15	20	15	25			3
80					15	20	15	25			3
100							15	25			3
							15	25	20	32	3

Таблица 7 – Наименьшие расстояния между элементами стальной матрицы, мм

Материал матрицы	e_3	e_4	e_5		e_6
			$d_{ов} \leq 8,5$	$d_{ов} > 8,5$	
У8А	$(0,8 - 1,0) d_{ов}$	$(1,2 - 2,5) H_{М}$	$1,2 d_{ов}$	$1,4 d_{ов}$	$2 s$
У10А					
7ХЗ					
9ХС					
9ХВГ	$(0,6 - 0,8) d_{ов}$	$(1,0 - 2,0) H_{М}$	$d_{ов}$	$1,2 d_{ов}$	$1,5 s$
Х12М					
Х12Ф					

я: 1. Координаты винтов и штифтов приведены для случая в матрице отверстий под стержни винтов. Если в матрице отверстия под головки винтов (рисунок 8), их координаты определять из следующих зависимостей:

$$e_8 = e_1 + 0,5 \cdot (D_{ов} - d_{ов}) \text{ и } e_7 = e_2 + 0,5 \cdot (D_{ов} - d_{ов})$$

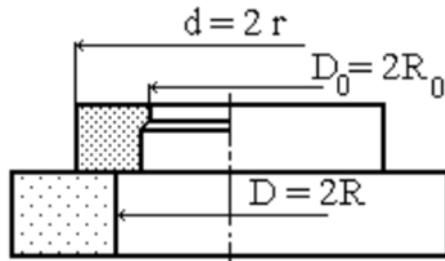
е технологическое усилие, действующее на матрицу, не 500 кН. Если усилие составляет 500–1000 кН, приведенные значения следует умножить на 1,2, при усилнии св. 1000 кН на

4. Определение конструкции матрицы

Расчет матриц на прочность

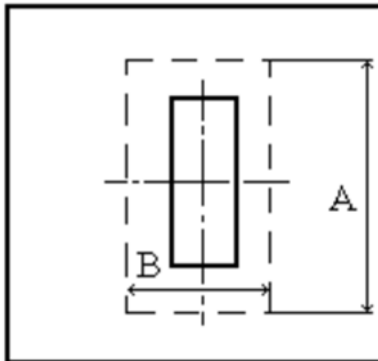
Расчет на прочность цельных матриц *к изгибу*

1. Круглая матрица внутренним диаметром D_0



$$H = \sqrt{\frac{2,5 \cdot F}{[\sigma_{и}] \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot R_0}{3 \cdot R}\right)}} \quad \text{— толщина матрицы}$$

2. Прямоугольная матрица, опертая на плиту с прямоугольным отверстием размерами A x B , $B \leq A$



$$H = \sqrt{\frac{3 \cdot F}{[\sigma_{и}] \cdot \left(\frac{B/A}{1 + (B/A)^2}\right)}} \quad \text{— толщина матрицы}$$

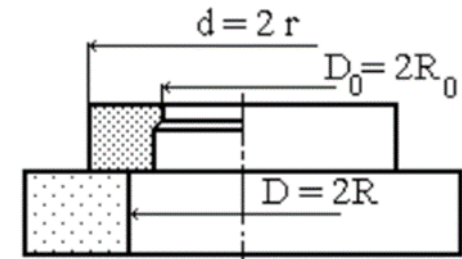
F - технологическое усилие; $[\sigma_{и}]$ - допускаемое напряжение изгиба материала матрицы

4. Определение конструкции матрицы

Расчет матриц на прочность

Проверочный расчет *устойчивости* кольцевых матриц к *тангенсальному растягивающему (распирающему) воздействию*

$$\sigma_p = p \cdot \frac{r_0^2}{r^2 - r_0^2} \left(1 + \frac{r^2}{r_0^2} \right) \leq [\sigma_p]$$



где $p = \frac{(0,3...0,4) \cdot F}{\pi \cdot r_0 \cdot H}$ - внутреннее давление, создаваемое распирающим усилием;

F – технологическое усилие;

H – толщина матрицы;

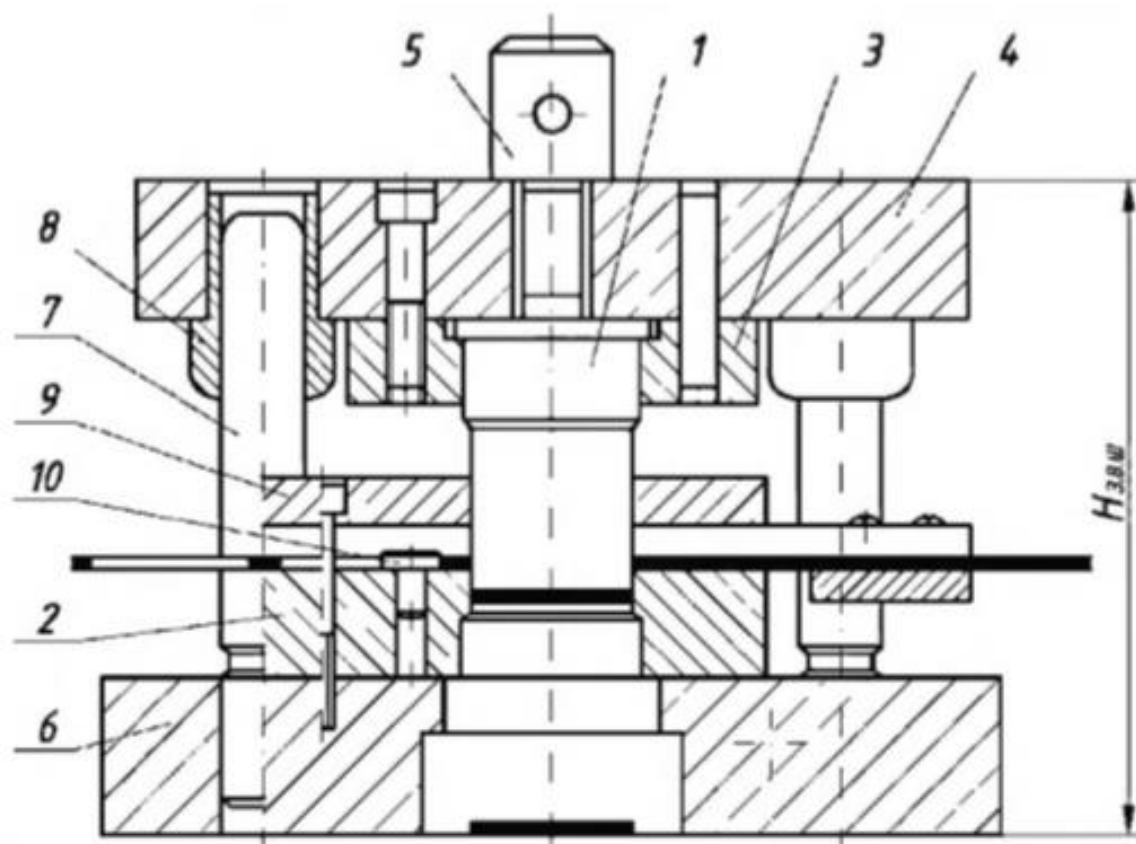
$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение материала матрицы (при запасе прочности, равном 1,5...2,0).

Проверочный расчет *устойчивости* кольцевых матриц к *тангенсальному сжимающему воздействию* (возникающие при запрессовке матрицы в матрицедержатель)

$$\sigma_c = p \cdot \frac{r_0^2}{r^2 - r_0^2} \left(1 - \frac{r^2}{r_0^2} \right) \leq [\sigma_c]$$

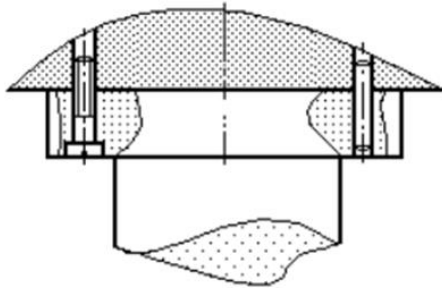
$[\sigma_c]$ – допускаемое напряжение сжатия материала матрицы (при запасе прочности, равном 1,5...2,0).

5. Вычерчивается эскиз блока штампа

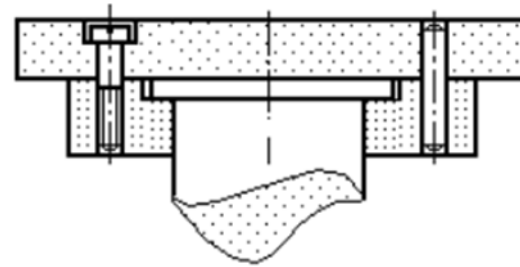


6. Проектирование пуансонов

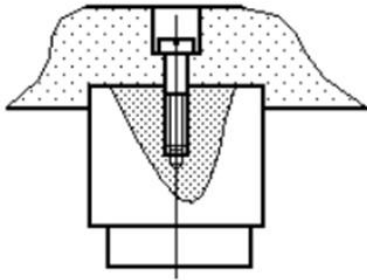
Выбирается материал для изготовления, конструкция пуансона, способ его крепления к плите штампа. Производится расчет на прочность, смятие, изгиб, устойчивость.



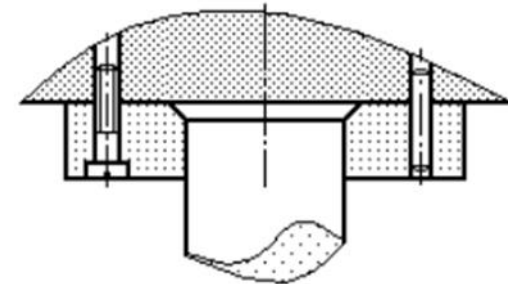
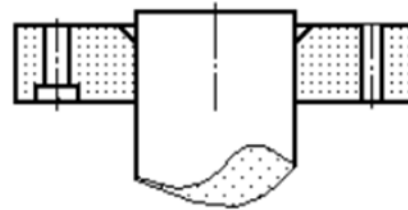
Крепление винтами и штифтами, для крупногабаритных пуансонов



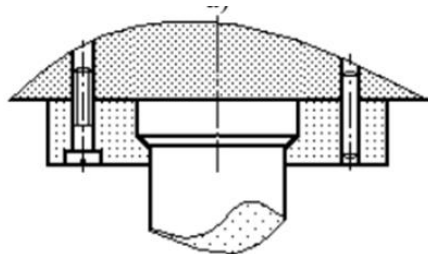
Крепление винтами и штифтами пуансона с буртиком



Крепление винтами и врезкой



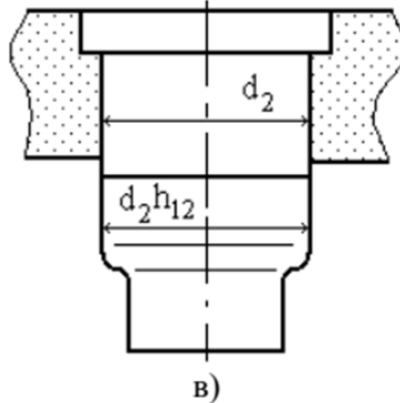
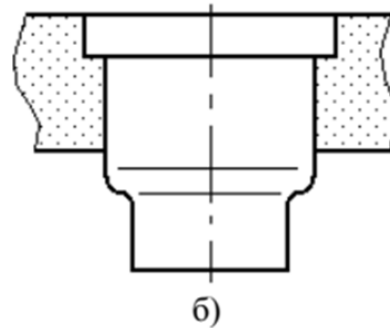
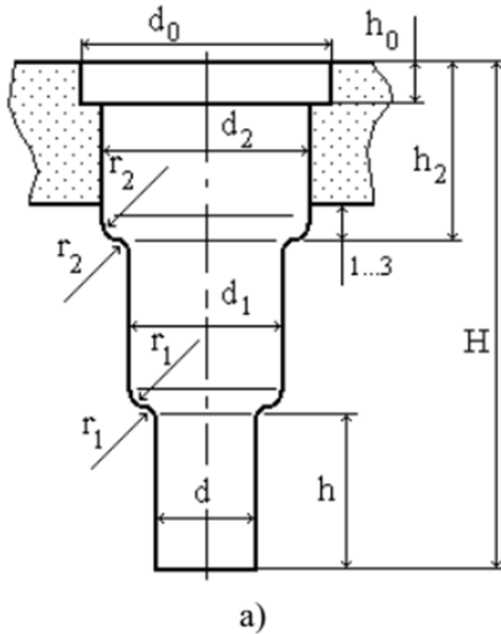
Пуансон без фланца, под расклепку и совместное с пуансонодержателем шлифование



Крепление винтами и штифтами пуансона с коническим фланцем

6. Проектирование пуансонов

Конструкции пуансонов



Высота буртика $h_0 \approx 0,1 d_0$

Длина посадочной части $h_2 \approx (0,25 \div 0,40)H$

Длина рабочего участка пуансона h

а) – пуансон со ступенчатым усиленным основанием;

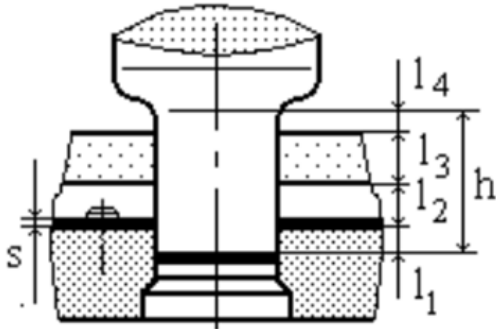
б) – пуансон без усиленного основания;

в) – пуансон с бесступенчатым основанием

6. Проектирование пуансонов

Конструкции пуансонов

Штамп для вырубki с жестким съемником



длина рабочего участка $h = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$,

где l_1 – глубина заглабления кромки пуансона в матрицу ($l_1 \approx (0,2 \div 0,5)s$);

l_2 – просвет между матрицей и жестким съемником;

l_3 – толщина съемника;

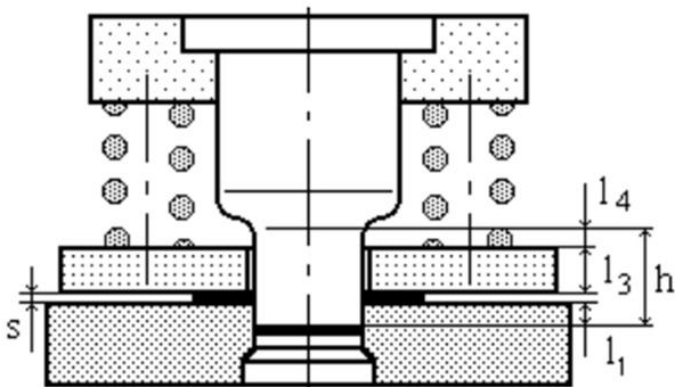
l_4 – припуск на переточку ($l_4 \approx 3 \div 5$ мм).

Рабочий ход инструмента в этом случае равен:

$$x = l_1 + l_2 + \Delta,$$

Δ – величина подъема торца пуансона над зеркалом съемника, обеспечивающая съем отхода

Штамп для вырубki с подвижным съемником-прижимом



рабочая длина пуансона: $h = l_1 + l_2 + s + l_4$,

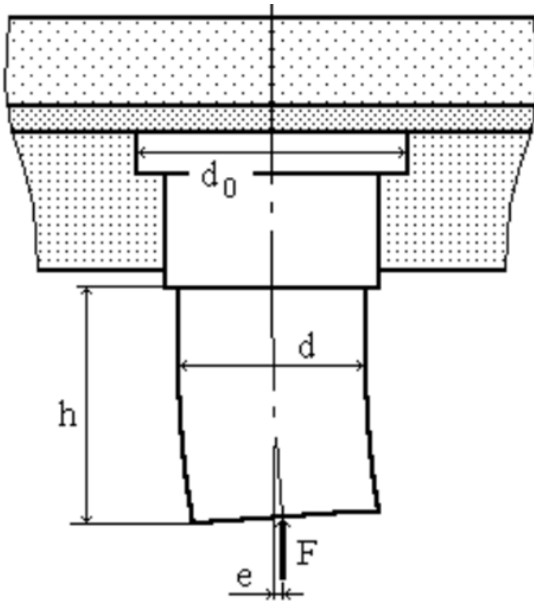
рабочий ход пуансона: $x = l_1 + (s + \Delta_1) + \Delta_2$.

где Δ_1 – величина просвета между листом, лежащим на матрице и рабочей поверхностью съемника, обеспечивает свободную подачу листа, $\Delta_1 \approx 1 \dots 2$ мм;

Δ_2 – расстояние от торца пуансона в верхнем его положении до прижимной поверхности съемника, гарантирует съем отхода.

6. Проектирование пуансонов

Расчет пуансонов на прочность и устойчивость



Расчетная схема для расчета пуансона на прочность

1. Проверка опорной поверхности плиты штампа на смятие

$$\sigma_{см} = F/A_0 \leq [\sigma_{см}],$$

где F – технологическое усилие;

A_0 – площадь опорной поверхности буртика пуансона;

$[\sigma_{см}]$ – допускаемые напряжения смятия для материала плиты штампа

2. Расчет пуансона на сжатие

$$\sigma_{сж} = F/A_{мин} \leq [\sigma_{сж}],$$

$A_{мин}$ – площадь минимального сечения пуансона;

$[\sigma_{сж}]$ – допускаемые напряжения сжатия для материала пуансона

3. Расчет пуансона на изгиб и сжатие:

$$\sigma_{сж} + \sigma_{и} = F/A + M/W \leq [\sigma_{сж}],$$

где W – момент сопротивления пуансона в опасном сечении, для круглого сечения $W = \pi \cdot d^3/32$;

e – величина смещения оси пуансона;

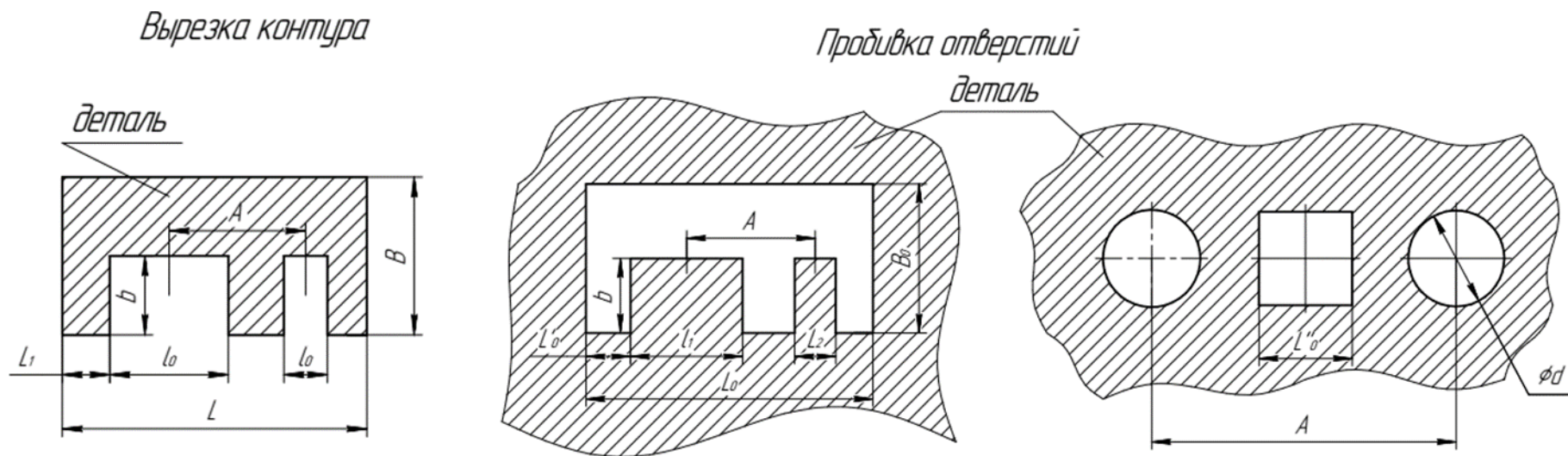
$M = F \cdot e$ – изгибающий момент;

A – площадь поперечного сечения пуансона в опасном сечении.

4. Расчет пуансонов на устойчивость и сжатие

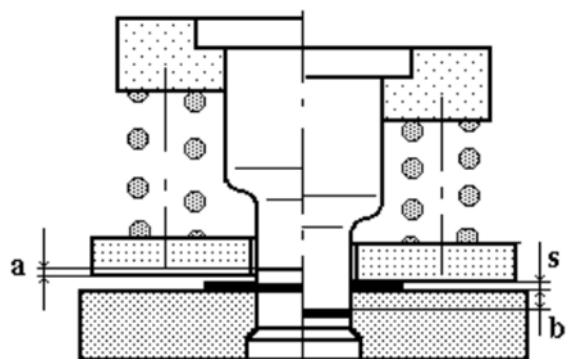
$$P_{дон} = \varphi \cdot F_K \cdot [\sigma_{сж}] \geq P_c$$

7. Определение исполнительных размеров рабочих элементов штампов



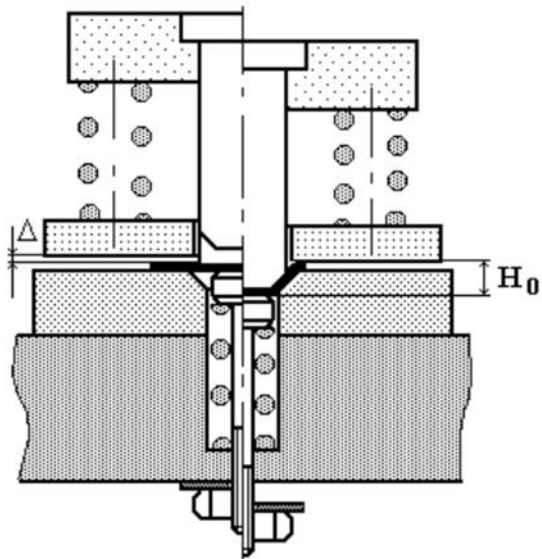
Схемы для расчета исполнительных размеров пуансонов и матриц при вырубке контура и пробивке отверстий

8. Проектирование приводов буферных устройств



Рабочий ход *съемника* при вырубке-пробивке

$$h_{p.x.} = a + b + s,$$



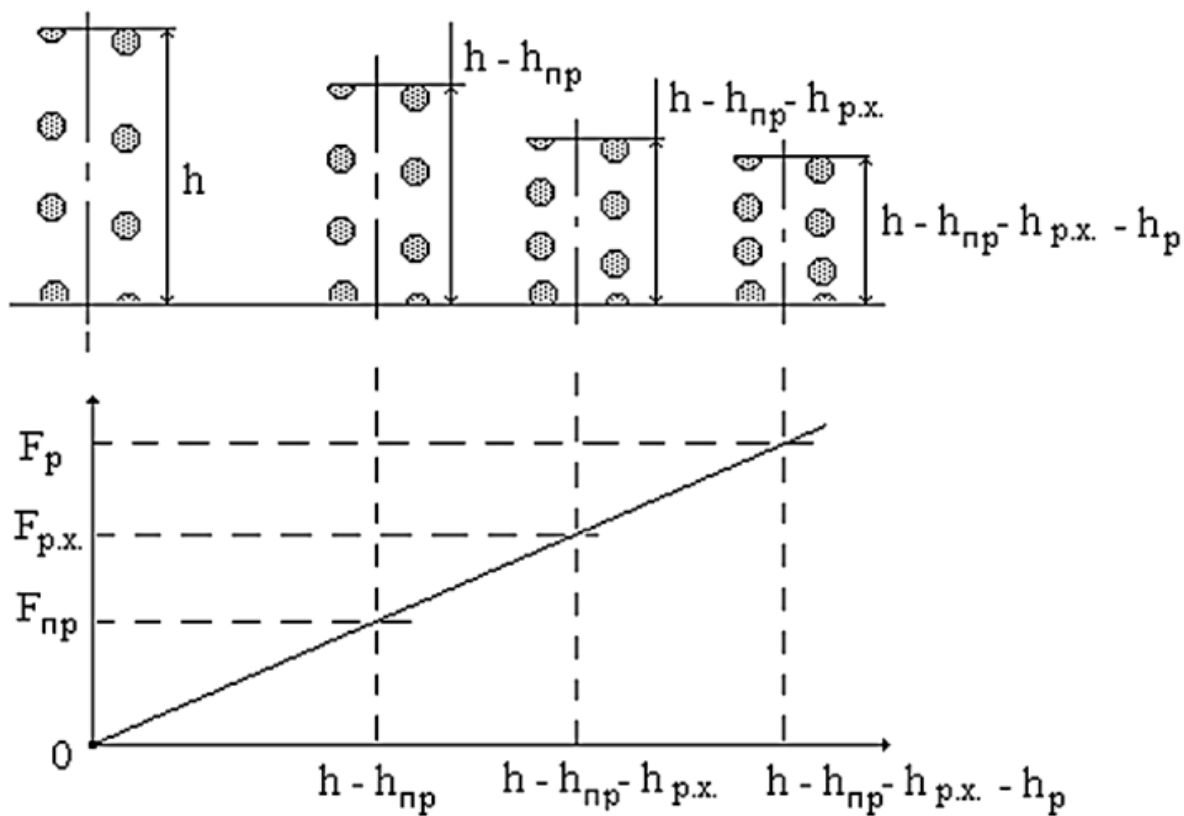
Рабочий ход *прижима*

$$h_{p.x.} = H_0 + \Delta + s.$$

Рабочий ход *выталкивателя* равен высоте отштампованной детали

8. Проектирование приводов буферных устройств

Величина сжатия упругих элементов $h_{сж}$ должна быть больше величины рабочего хода $h_{р.х.}$ буферного устройства.



8. Проектирование приводов буферных устройств

Расчет пружин сжатия

1) Определяют наибольшую величину сжатия, равную: $h_{сж} = h_{пр} + h_{р.х.} + h_p$

где $h_{пр} = k \cdot h_{сж}$ – величина предварительного сжатия, $k \approx (0,1 \dots 0,5)$;

h_p – запас хода на переточку рабочих инструментов.

2) Определение величину допускаемого усилия

Определяют наибольшее усилие, приходящееся на одну пружину:

$$F = F_{пр} / k$$

Выбрав материал для изготовления пружины, задавшись ее диаметром - D и диаметром проволоки – d , подбирают пружину с требуемым усилием из условия

$$F \leq [F].$$

Здесь $[F]$ – допускаемое значение усилия.

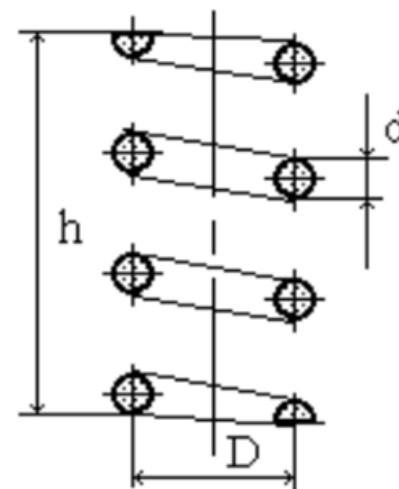
Наибольшее усилие, которое выдерживает пружина равно:

$$F_{max} = \frac{\pi \cdot d^3}{8 \cdot D} \cdot [\tau],$$

где $[\tau]$ – допускаемое напряжение на кручение материала пружины

Величину допускаемого усилия принимают из условия:

$$[F] = 0,85 \cdot F_{max}.$$



8. Проектирование приводов буферных устройств

Расчет пружин сжатия

3) Подбирают количество витков пружины, обеспечивающее заданную величину сжатия – $h_{сж}$. Максимальное сжатие определяется условием прочности и равно:

$$h_{\max} = \frac{n \cdot \pi \cdot D^2}{d \cdot G} \cdot [\tau].$$

где n – количество витков пружины; G – модуль второго рода материала пружины.

Величина сжатия должно быть меньше максимального сжатия:

$$h_{сж} \leq 0,85 \cdot h_{\max}.$$

4) Уточняют величину предварительного сжатия пружины $h_{пр}$.

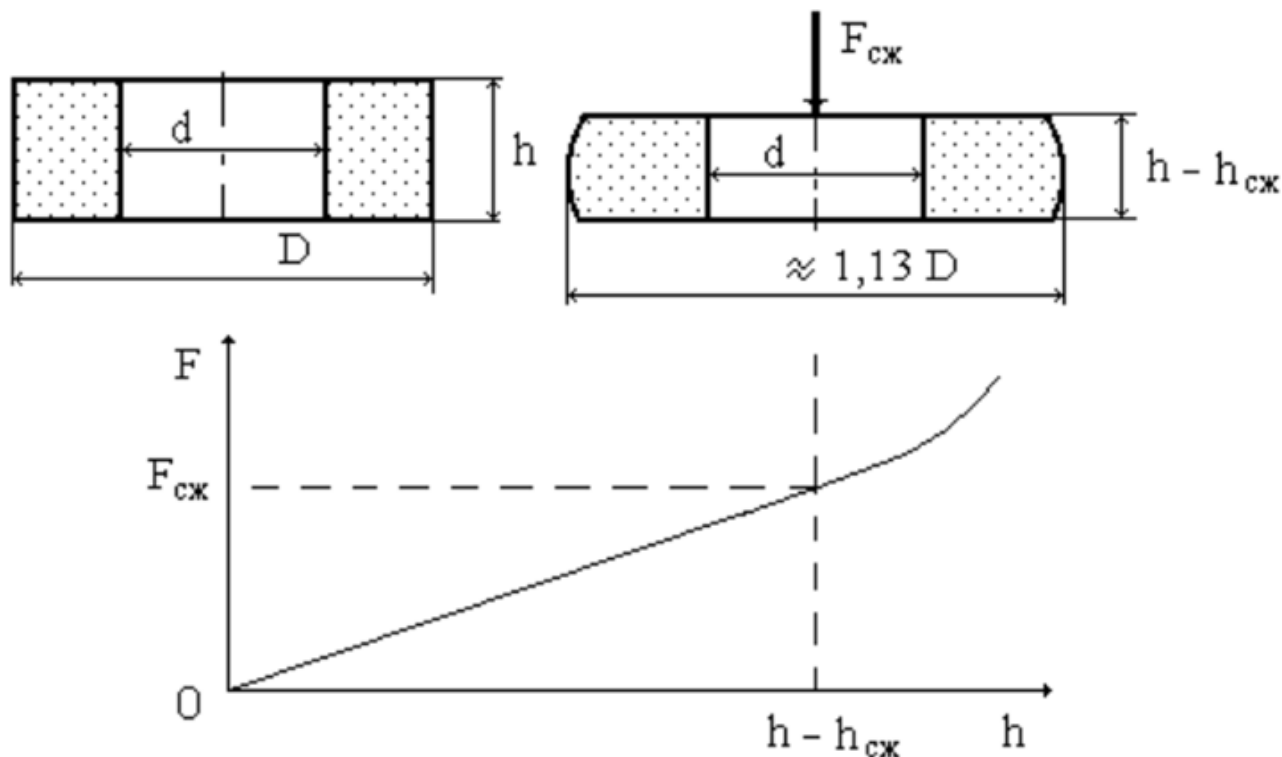
$$h_{пр} = F_{пр} \cdot (h_{сж} / [F])$$

5) Определяют длину ненагруженной пружины:

$$h = n \cdot d + h_{сж} - 1,5 \cdot (h_{сж} / n)$$

8. Проектирование приводов буферных устройств

Расчет эластичных элементов



максимально допустимая величина сжатия устанавливается:

- для тихоходных, гидравлических прессов $h_{\max} \approx 0,3 \cdot h$;
- при числе ходов пресса 30 – 40 в минуту $h_{\max} \approx 0,25 \cdot h$;
- при числе ходов больше 60 в минуту $h_{\max} \approx 0,15 \cdot h$.

8. Проектирование приводов буферных устройств

Расчет эластичных элементов

Величина сжатия кольца

$$h_{сж} = h_{пр} + h_{р.х.} + h_p$$

1. По величине сжатия определяют высоту несжатого кольца – h из условия $h_{сж} \leq h_{max}$ и задаются величиной предварительного сжатия.

$$h_{пр} \approx (0,05 \dots 0,20) \cdot h$$

2. Определяют диаметральные размеры кольца

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{пр}}{\pi \cdot p_{пр}} + d^2}, \quad p_{пр} = \frac{[p]}{h_{сж}} \cdot h_{пр}$$

Давление при сжатии полиуретанового (СКУ-7Л) кольца на 30%

Твердость по Шору А	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Давление, МПа	3,25	3,36	3,48	3,60	3,74	3,85	4,0	4,17	4,3	4,49	4,7

9. Определяется положение центра давления штампа

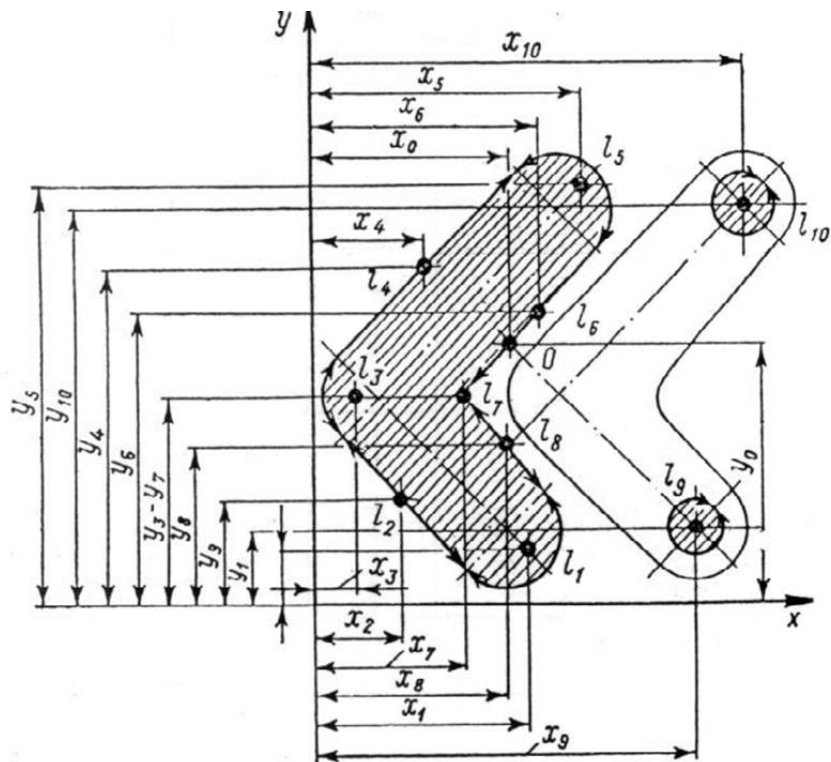


Схема определения центра давления штампа

Центр давления штампа должен совпадать с продольной осью хвостовика

$$X_c \cdot P = X_1 \cdot P_1 + X_2 \cdot P_2 + \dots + X_n \cdot P_n$$

$$Y_c \cdot P = Y_1 \cdot P_1 + Y_2 \cdot P_2 + \dots + Y \cdot P_n$$

Координаты центр давления штампа

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$X_c = \frac{X_1 \cdot P_1 + X_2 \cdot P_2 + \dots + X_n \cdot P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

$$Y_c = \frac{Y_1 \cdot P_1 + Y_2 \cdot P_2 + \dots + Y_n \cdot P_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

или выражая через длины контура вырубаемого участка

$$X_c = \frac{X_1 \cdot L_1 + X_2 \cdot L_2 + \dots + X_n \cdot L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

$$Y_c = \frac{Y_1 \cdot L_1 + Y_2 \cdot L_2 + \dots + Y_n \cdot L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^n L_i}$$

Лекция 12

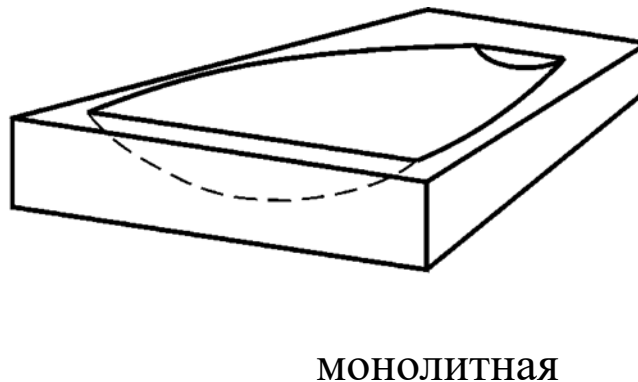
Формообразующая оснастка для изготовления авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов

Формообразующая оснастка



Классификация формообразующей оснастки

1. По конструкции

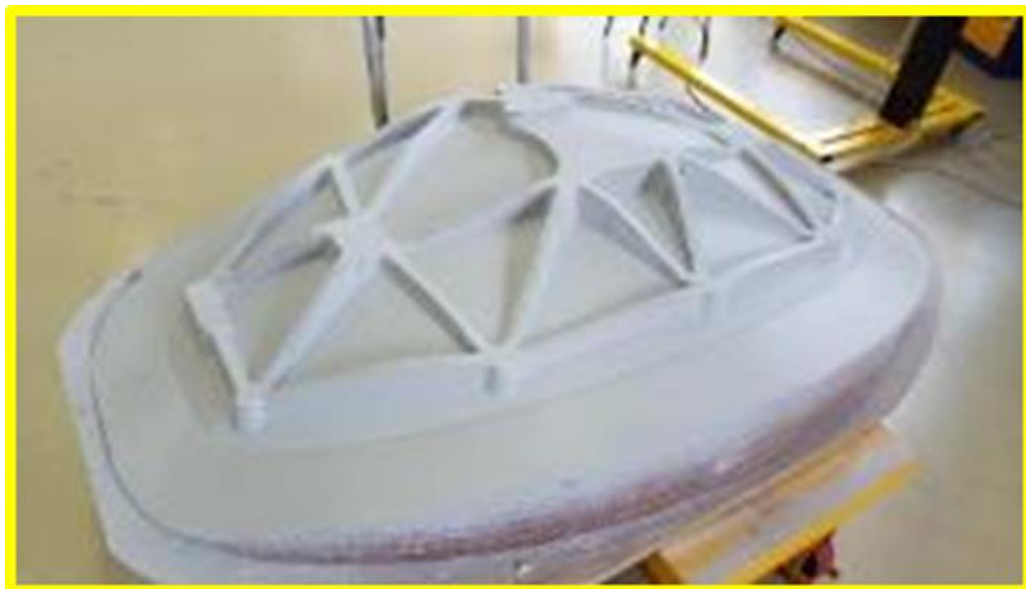


Классификация формообразующей оснастки

2. По качеству формируемой поверхности



НЕГАТИВНАЯ



ПОЗИТИВНАЯ

Классификация формообразующей оснастки

3. По сроку применения

- *многократного использования;*
- *одноразового применения.*

Материалы применяемые для изготовления оснастки одноразового применения

Материал	Температура плавления, К	Разрушающее напряжение при сжатии, МПа
Смесь воска, парафина, стеарина	363...383	2
Сплав Вуда	343	30
Ксилит	363...366	3
Парапласт	427...560*	119
Гипс	1723	3,5...17,5
Песчаная смесь	473...503*	8...20
Соли	523	80...110

Классификация формообразующей оснастки

4. По конструктивно-технологическим особенностям

- не удаляемые



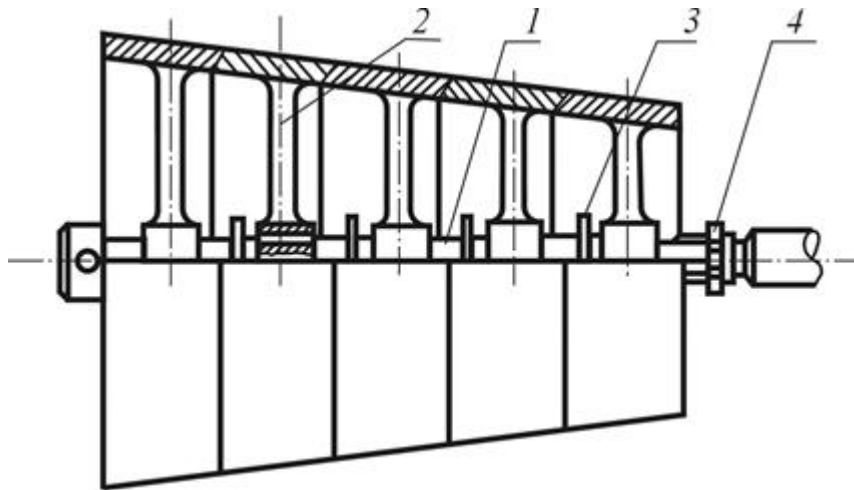
- удаляемые

- *неразборные;*
- *разборные;*
- *разрушаемые.*

Классификация формообразующей оснастки

4. По конструктивно-технологическим особенностям

- *неразборные;*
- *разборные;*
- *разрушаемые.*



Разборная коническая оправка

1 – ось; *2* – наборные секции оправки; *3* – калибровочные шайбы; *4* – стопорное кольцо

Классификация формообразующей оснастки

4. По конструктивно-технологическим особенностям

- *неразборные;*
- *разборные;*
- *разрушаемые.*

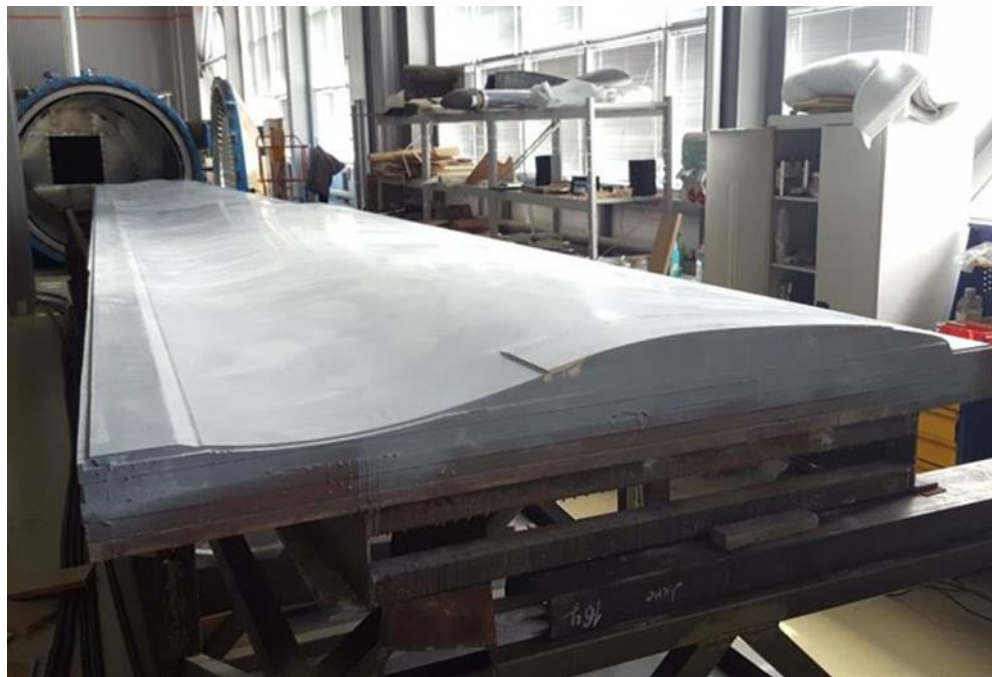
Материал	Температура плавления, К	Разрушающее напряжение при сжатии, МПа
Смесь воска, парафина, стеарина	363...383	2
Сплав Вуда	343	30
Ксилит	363...366	3
Парапласт	427...560*	119
Гипс	1723	3,5...17,5
Песчаная смесь	473...503*	8...20
Соли	523	80...110

Примечание: * – температура разложения

Классификация формообразующей оснастки

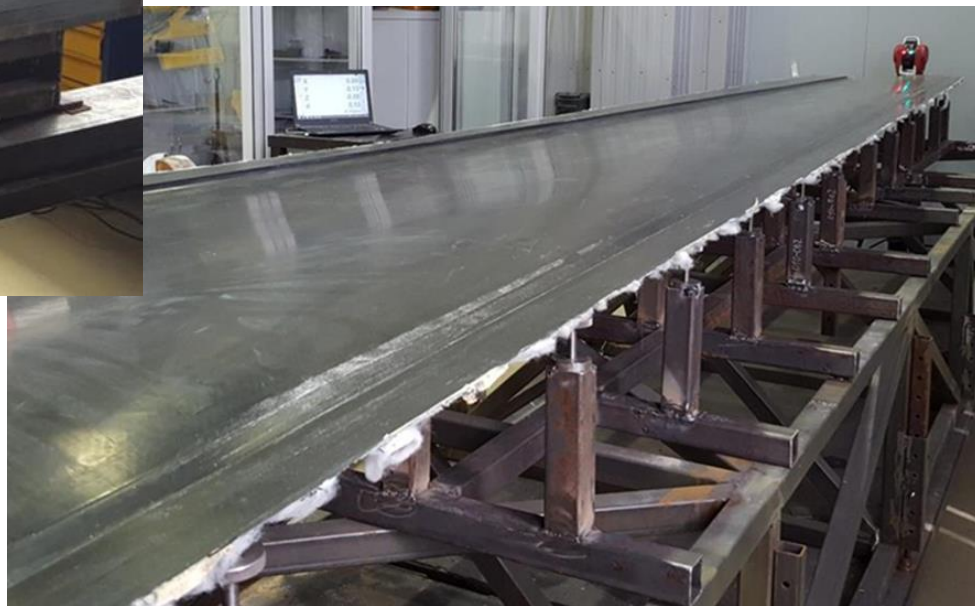
5. По назначению

- оснастка 1-ого порядка (мастер-модель);
- оснастка 2-ого порядка (матрица);
- вспомогательная оснастка



Мастер-модель
(оснастка 1-ого порядка)

Матрица
(оснастка 2-ого порядка)



Материалы для оснастки

Материал	КЛТР, 10^{-6} 1/К	Плотность, кг/м ³	Термоустойчивость, °С
Слоистые пластики, армированные волокном:			
- углеродным	-0,5 ÷ 3	1400 ÷ 2000	180
- стеклянным	4 ÷ 9	1800 ÷ 2300	80 ÷ 180
Керамика (обоженное шликерное литье)	4 ÷ 9		2000
Инструментальная сталь	11 ÷ 15	7800	700
Железо, получаемое гальванопластикой	12		550
Никель, получаемый гальванопластикой	13	8900	800
Сталистый чугун	9 ÷ 12	7400	950
Термообработанный литой гипс	14 ÷ 18		600
Алюминиевые сплавы	22 ÷ 24	2700	850
Модельные пластики			
- полиуретановые	45 ÷ 55	600 ÷ 800	70 ÷ 90
- эпоксидные	35 ÷ 45	700	100 ÷ 140
МДФ, фанера	-	600 ÷ 1200	110
Инвар (Fe-Ni)	1,2 ÷ 3,6	8130	1400

Материалы для оснастки

Композитные материалы



Материалы для оснастки

Древесно-стружечные материалы (фанера, МДФ)

