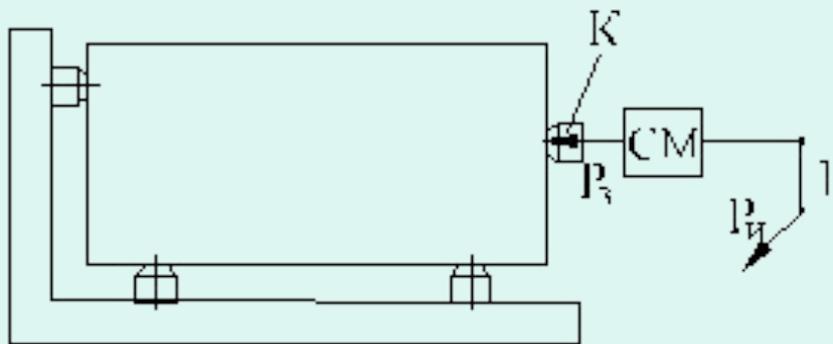
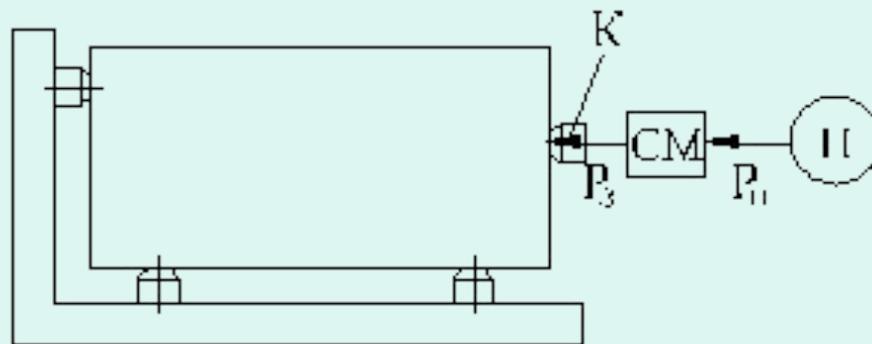


Зажимные устройства приспособлений

Принцип действия и конструкцию зажимного устройства конструктор выбирает исходя из конкретных условий выполнения операций:

- типа производства;
- величин сил резания, действующих на заготовку при выполнении операций;
- конструктивных особенностей заготовки;
- типа станка.

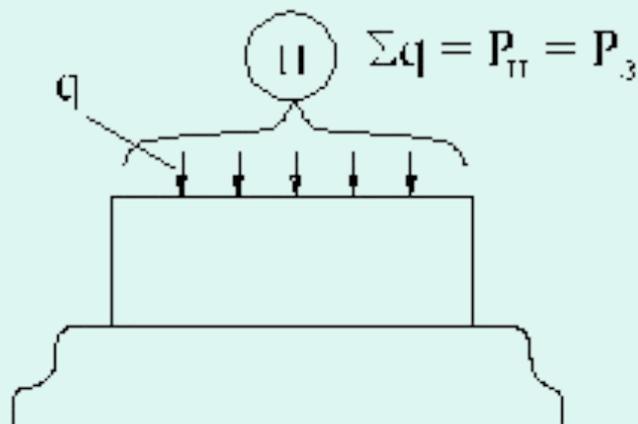
К первой группе относятся зажимные устройства, имеющие в своем составе силовой механизм (СМ) и привод (П), который обеспечивает перемещение контактного элемента (К) и создает исходное усилие P_u , преобразуемое силовым механизмом в зажимное усилие P_3 .

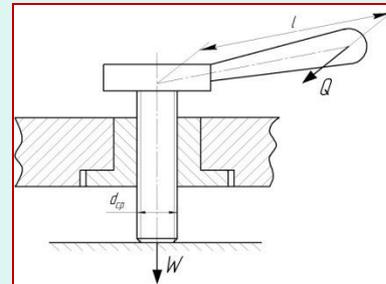
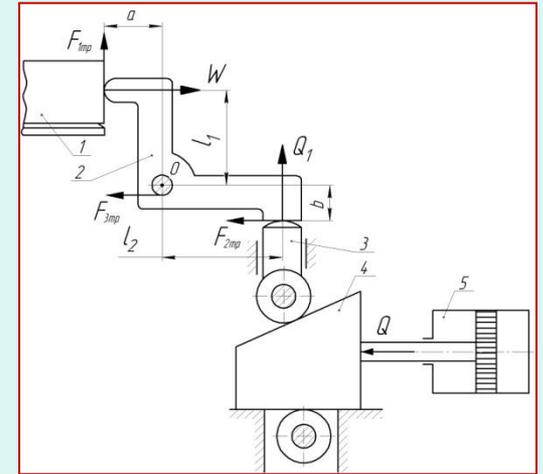
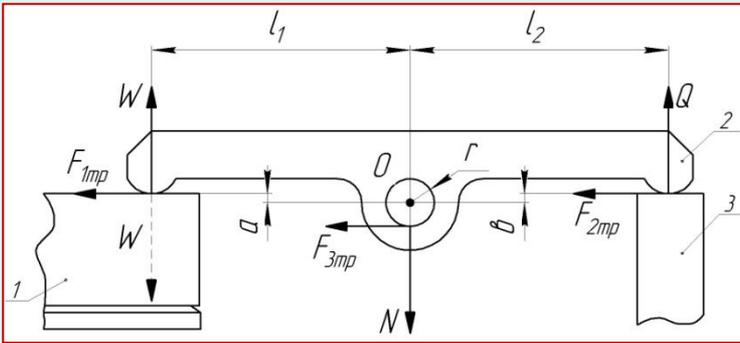
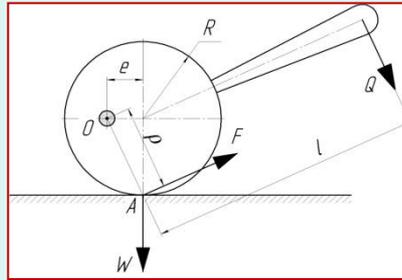
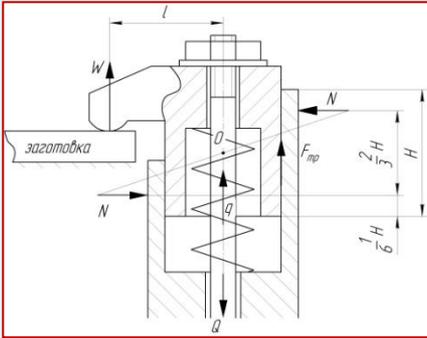


Во вторую группу входят зажимные устройства, состоящие из силового механизма, который приводится в действие непосредственно рабочим, прилагающим исходное усилие P_u на плече l .

К третьей группе относятся зажимные устройства, которые в своем составе не имеют силового механизма, а используемые приводы лишь условно можно назвать приводами, так как они не вызывают перемещений элементов зажимного устройства и только создают зажимное усилие P_3 , которое в этих устройствах является равнодействующей равномерно распределенной нагрузки q , непосредственно действующей на заготовку и создаваемой либо в результате атмосферного давления, либо посредством магнитного силового потока.

К этой группе относятся вакуумные и магнитные устройства.



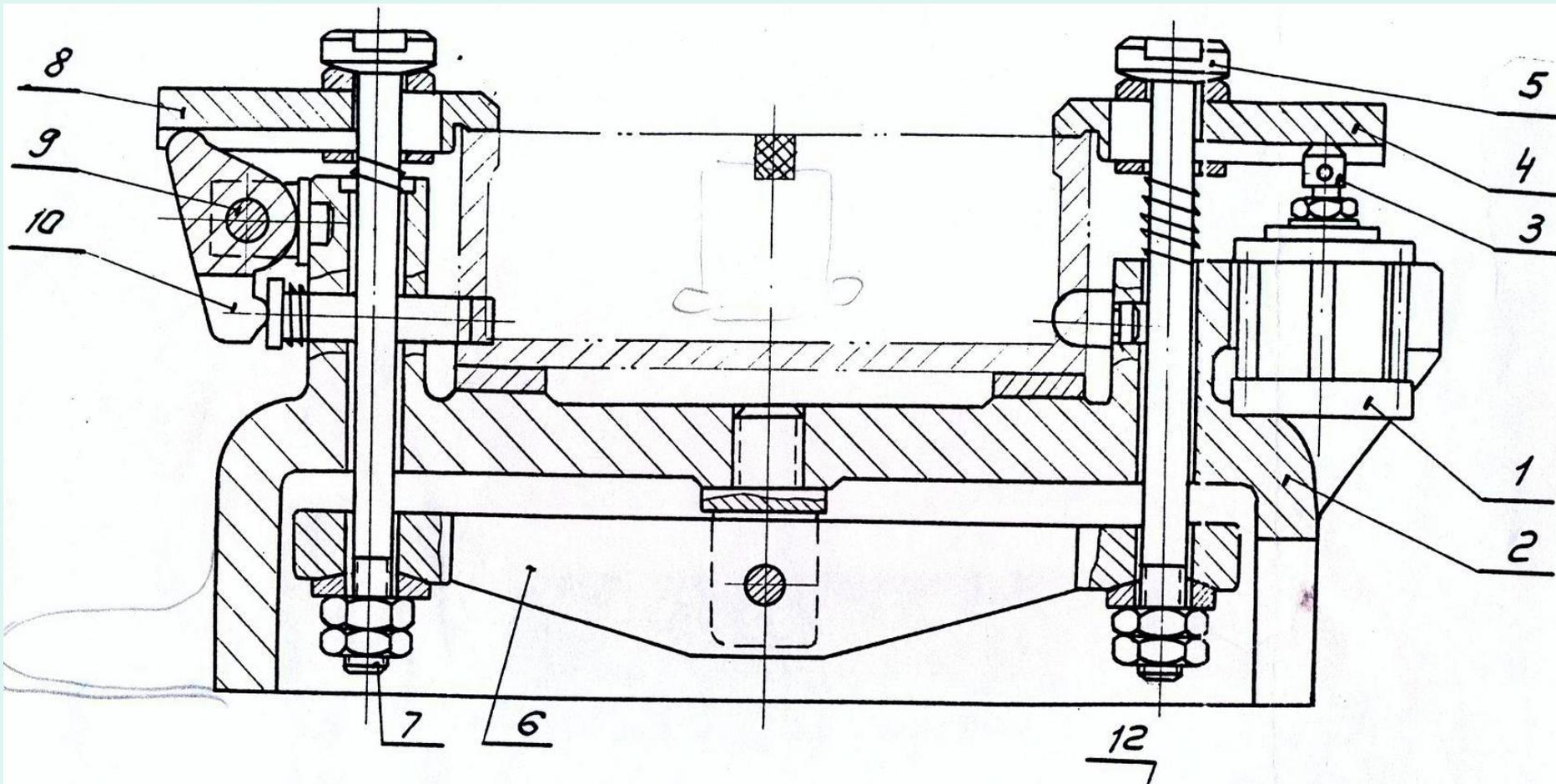


Рычажный механизм

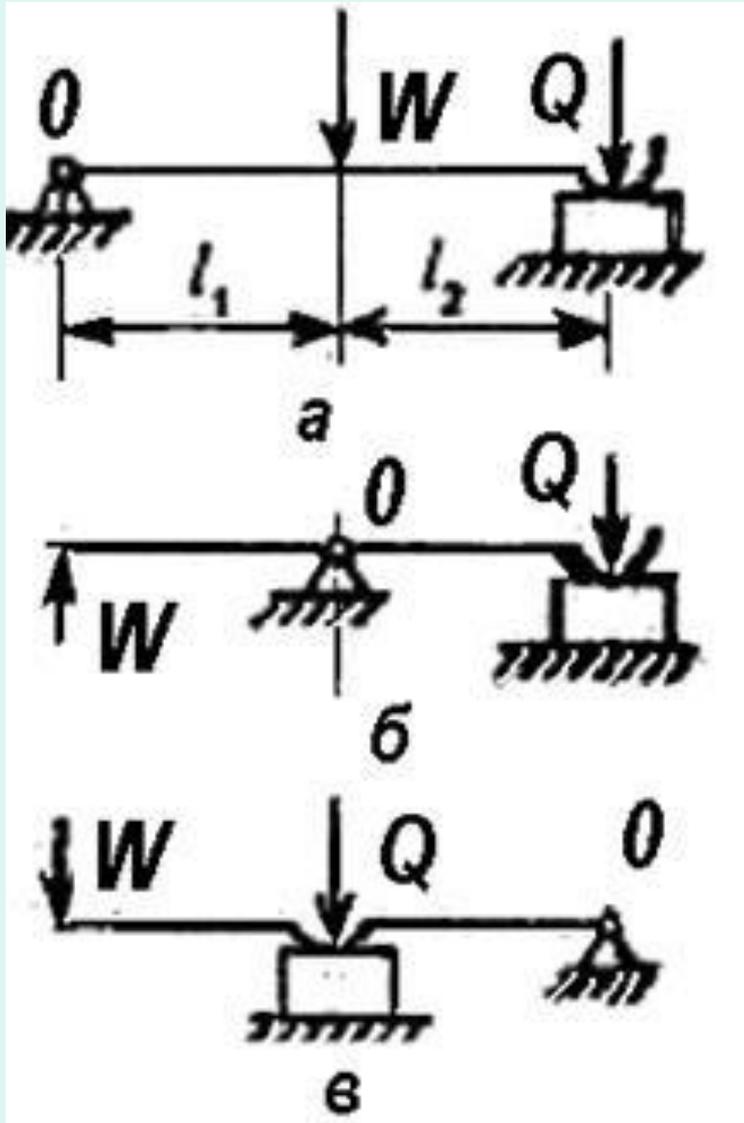
Особенности:

1. Простота конструкции;
2. Постоянство силы зажима;
3. Удобство эксплуатации;
4. Надежность;
5. Возможность закрепления заготовки в труднодоступном месте;

Приспособление с рычажным зажимом



Расчетные схемы рычагов



Для первого варианта (а)
уравнение равновесия будет

$$W \cdot l_1 \cdot \eta = Q \cdot (l_1 + l_2)$$

где η – обобщенный коэффициент
учитывающий, потери на трение.

Тогда

$$W = \frac{Q \cdot (l_1 + l_2)}{l_1 \cdot \eta}$$

Для второго варианта (б)
уравнение равновесия будет

$$W \cdot l_1 \cdot \eta = Q \cdot l_2$$

Откуда

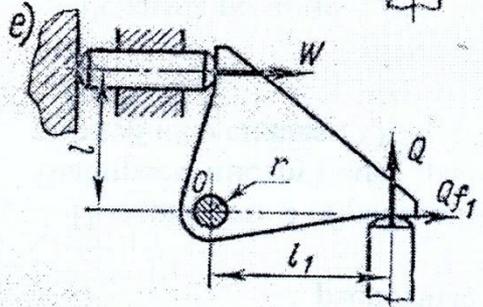
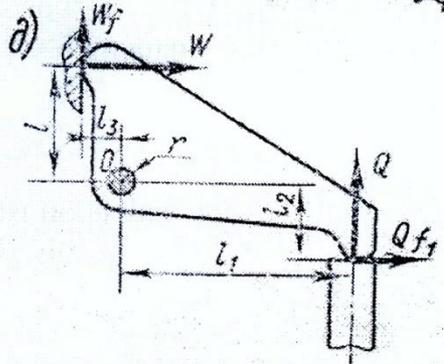
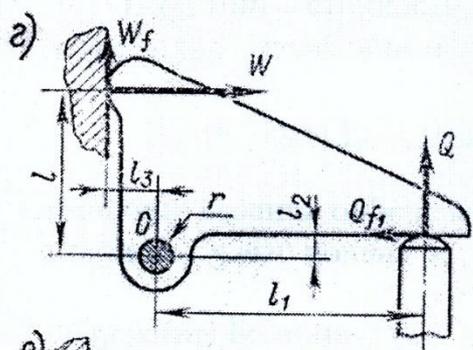
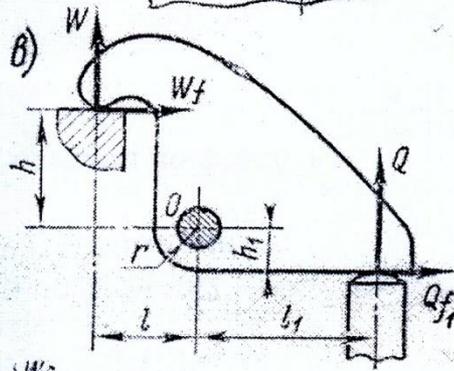
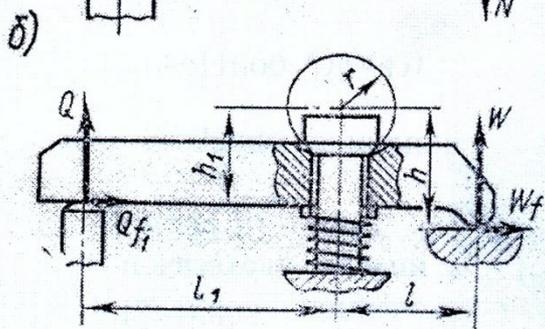
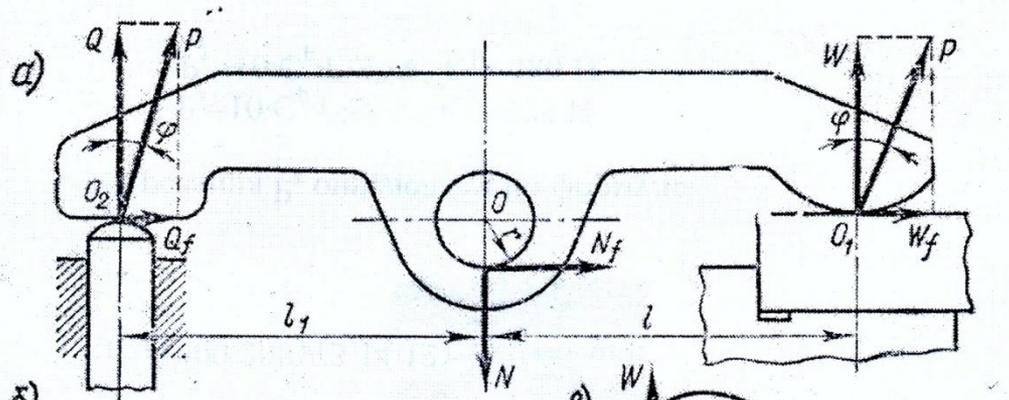
$$W = \frac{Q \cdot l_2}{l_1 \cdot \eta}$$

Для третьего варианта (в) уравнение
равновесия будет

$$W \cdot (l_1 + l_2) \cdot \eta = Q \cdot l_2$$

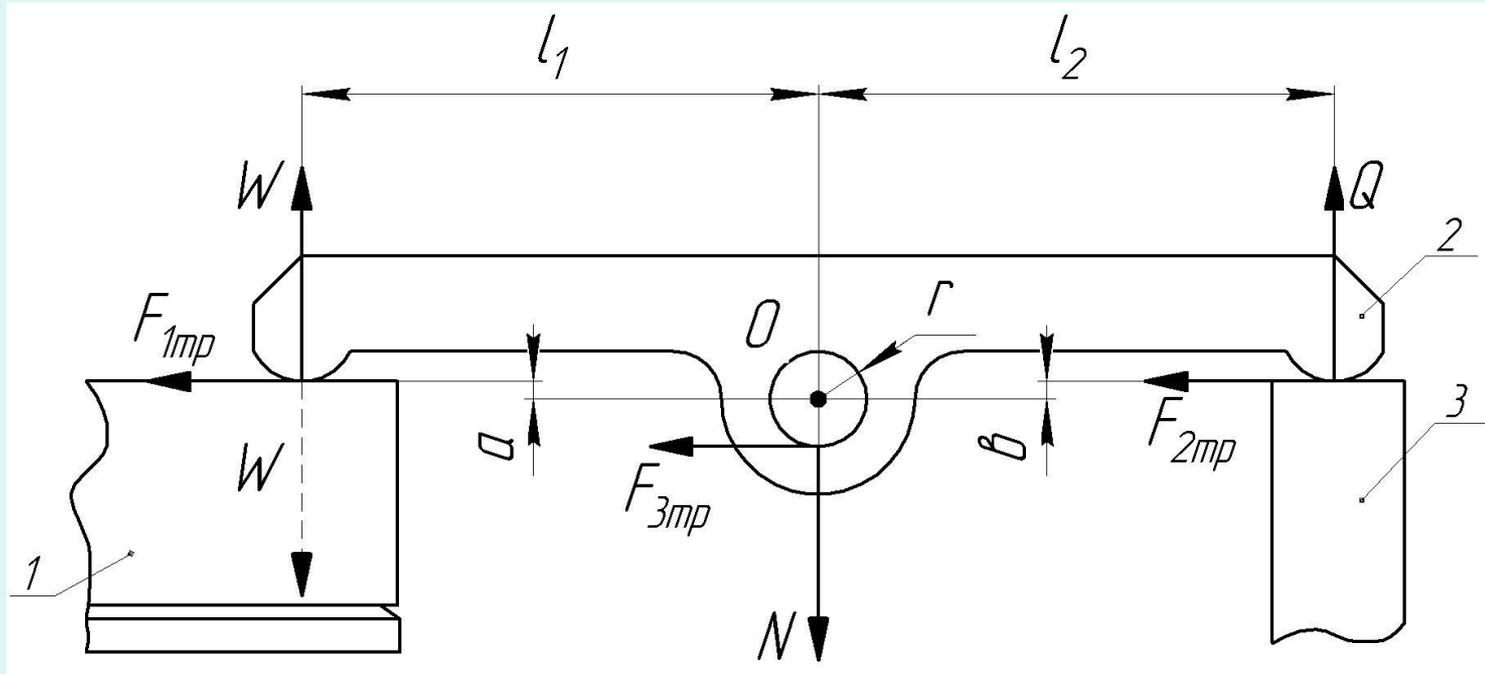
Откуда

$$W = \frac{Q \cdot l_2}{(l_1 + l_2) \cdot \eta}$$



Конструкции рычагов в приспособлениях

Расчет рычажного механизма



Условие равновесия рычажного

механизма:

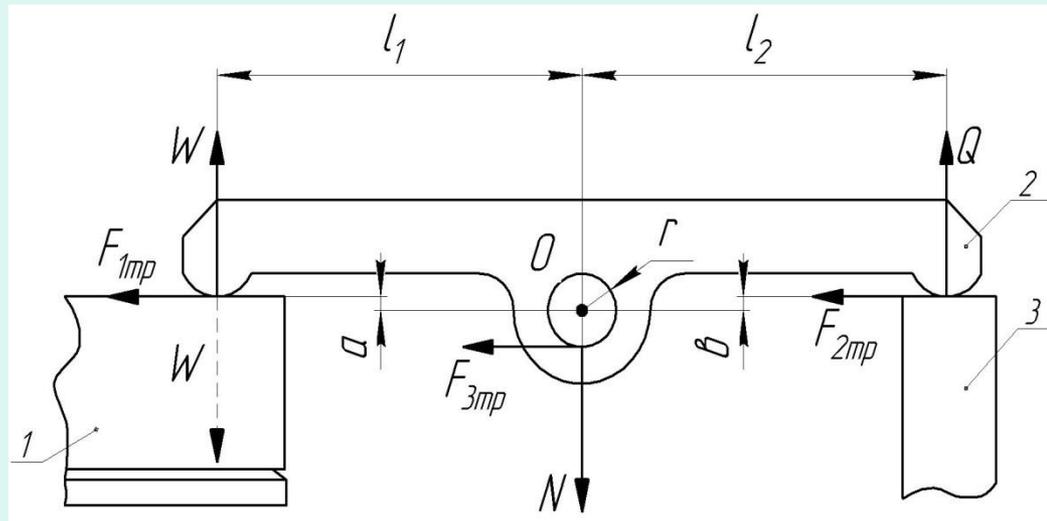
$$N = Q + W$$

(1)

$$Q = W \frac{l_1 - f_1 a}{l_2 - f_2 n + f_3 b}$$

$$Wl_1 - Ql_2 = 0$$

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



Резьбовой зажим

Особенности:

1. Просты;
2. Компактны;
3. Надежны в работе.

Применяются:

1. в приспособлениях с ручным закреплением заготовки;
2. в приспособлениях механизированного типа; автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников.

Конструкции резьбовых зажимов

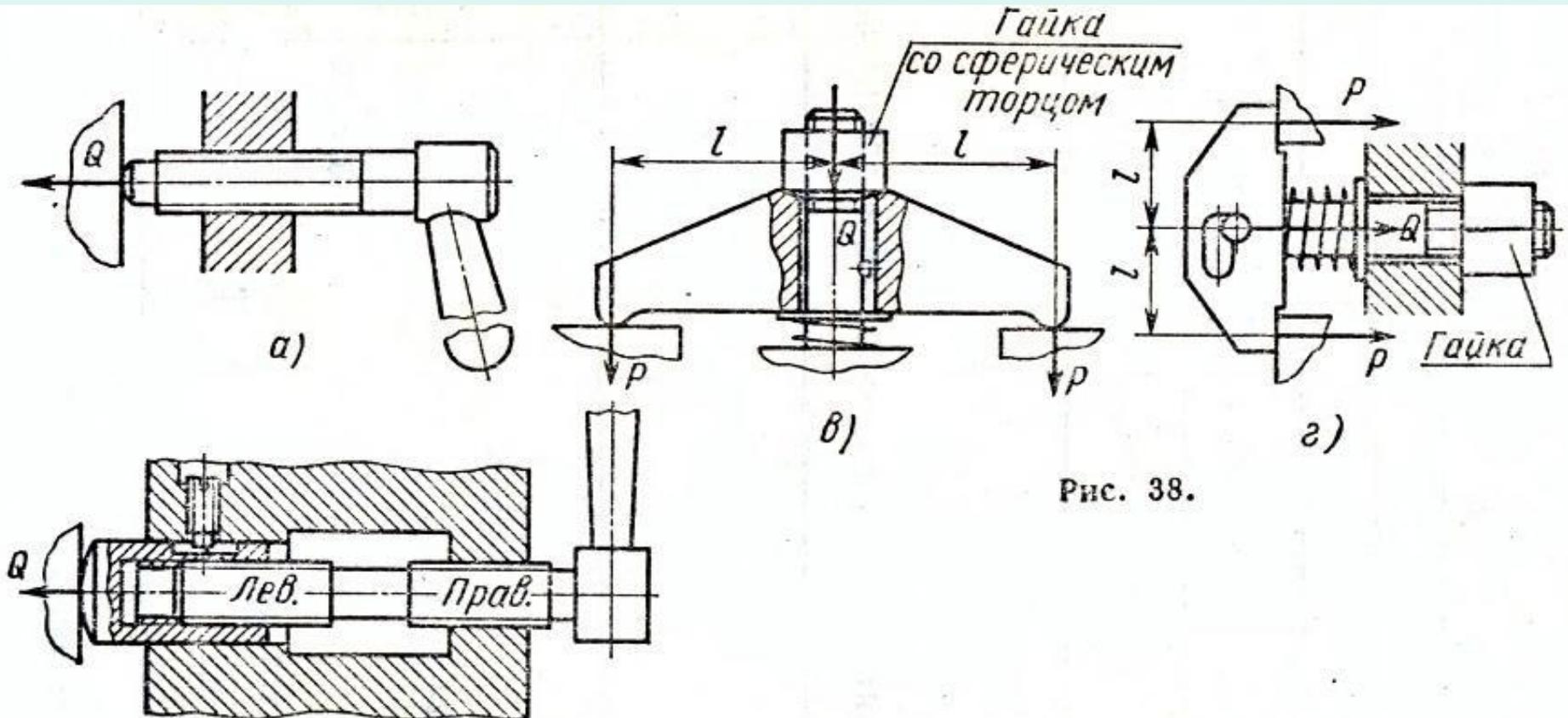
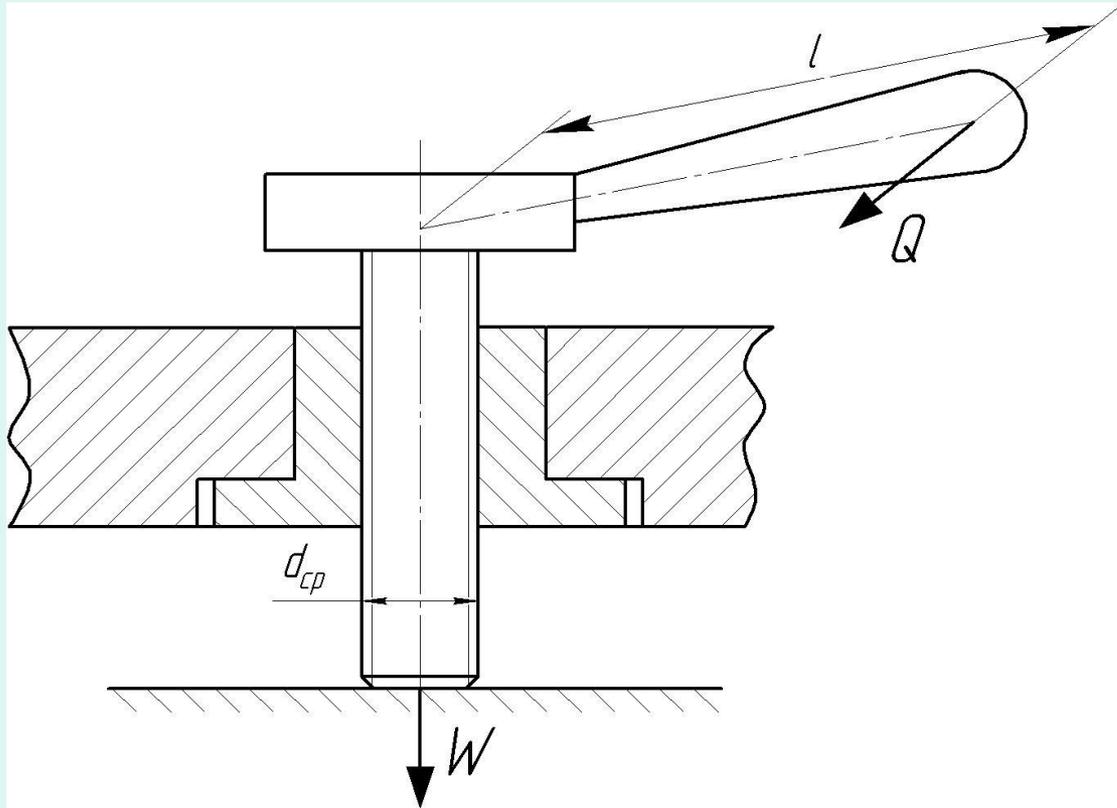


Рис. 38.

Расчет резьбового зажима



d_{cp} – средний диаметр резьбы

α – угол подъема резьбы;

t – шаг резьбы;

f – коэффициент трения на плоскости;

β – половина угла при вершине профиля витка резьбы. Для треугольной резьбы $\beta=30^\circ$, для трапециидальной резьбы $\beta=15^\circ$.

$$Q \cdot l = W \cdot \frac{d_{cp}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})$$

$$Q = W \frac{d_{cp}}{2l} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})$$

$$Q = W \frac{d_{cp}}{2l} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np})$$

Расчёт диаметра резьбы

$$d = C \sqrt{\frac{W}{\sigma}}$$

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

W – сила зажима заготовки, Н;

σ – напряжение растяжения (сжатия). Для
ВИНТОВ

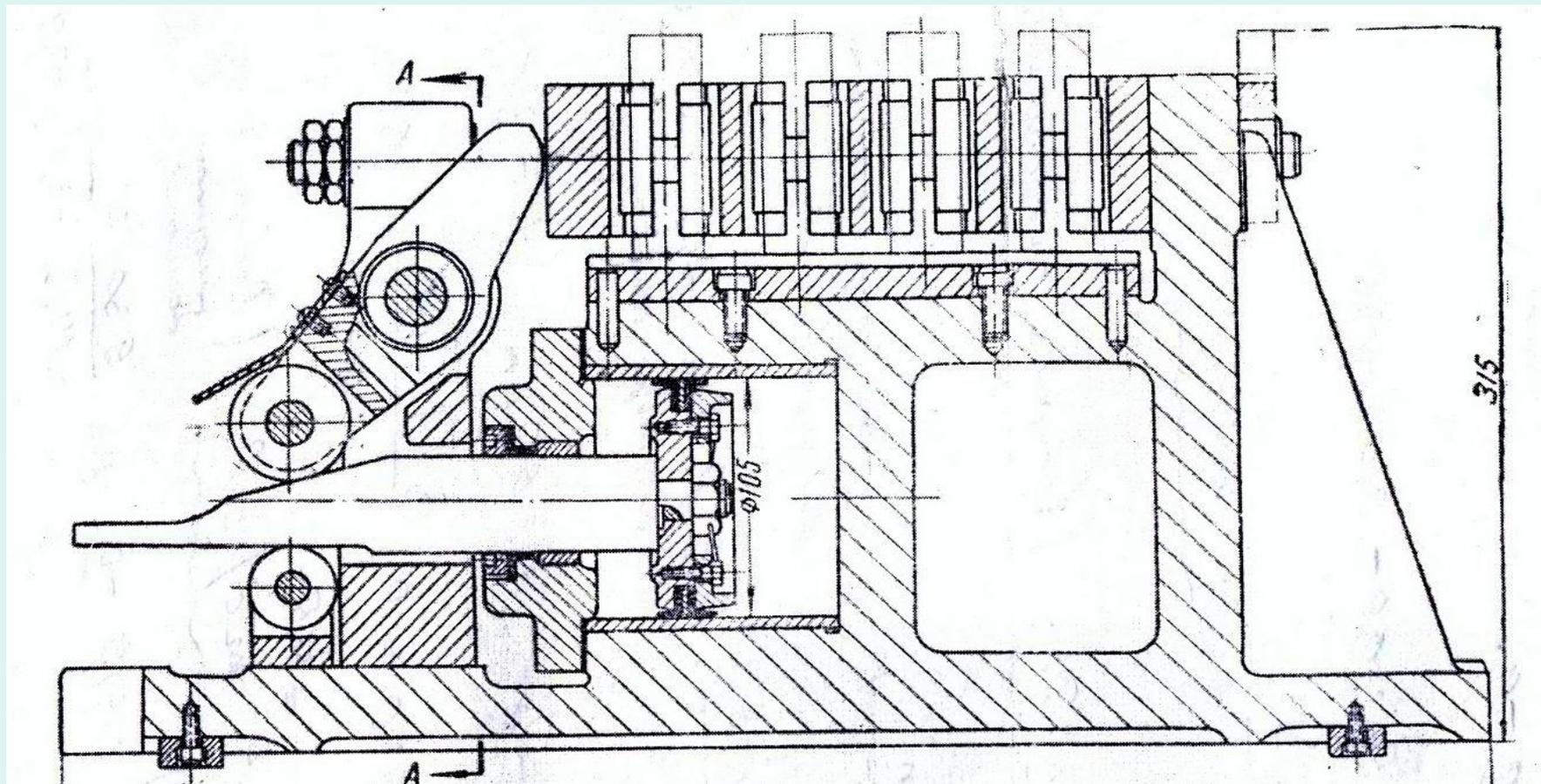
из стали 45 $\sigma = 80 - 100 \text{ Н/мм}^2$

Клиновой зажим

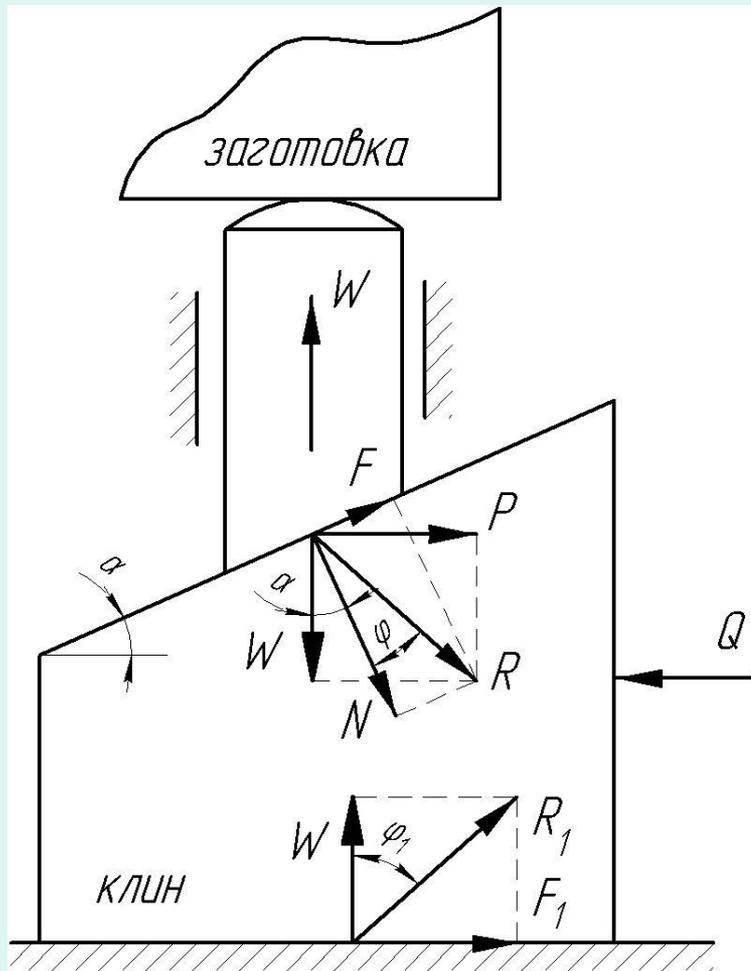
Особенности:

1. Прост в изготовлении;
2. Компактен;
3. Легко размещается в приспособлении;
4. Позволяет увеличивать исходное усилие;
5. Позволяет изменить направление исходного усилия.

Приспособление с клиновым зажимом



Расчет клинового зажима



Q – исходное усилие;

W – сила зажима;

F – сила трения;

N – реакция опоры;

P – сила обратного действия;

α – угол наклона клина.

Условия равновесия клина:

$$Q = P + F_1 \quad (1)$$

Из рисунка определяем:

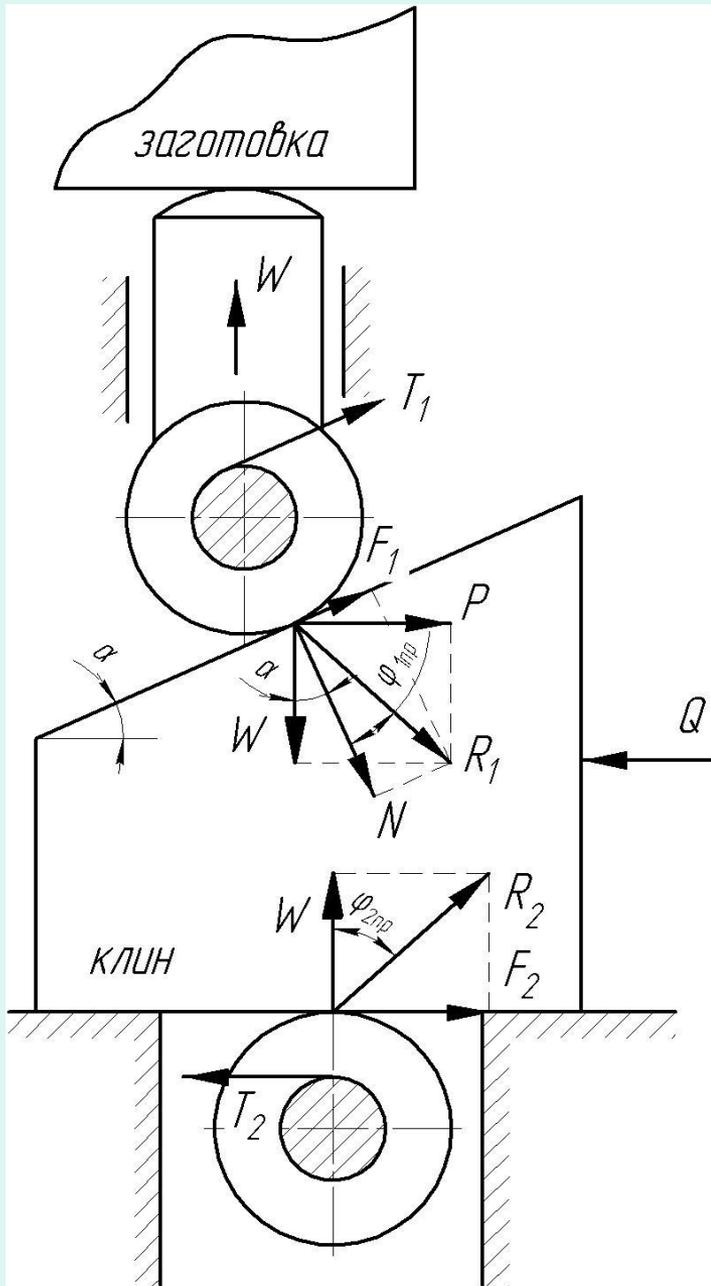
$$P = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \quad (2)$$

$$F_1 = W \cdot \operatorname{tg}\varphi_2; \quad (3)$$

Подставляем найденные

параметры в формулу (1):

$$Q = W \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]$$



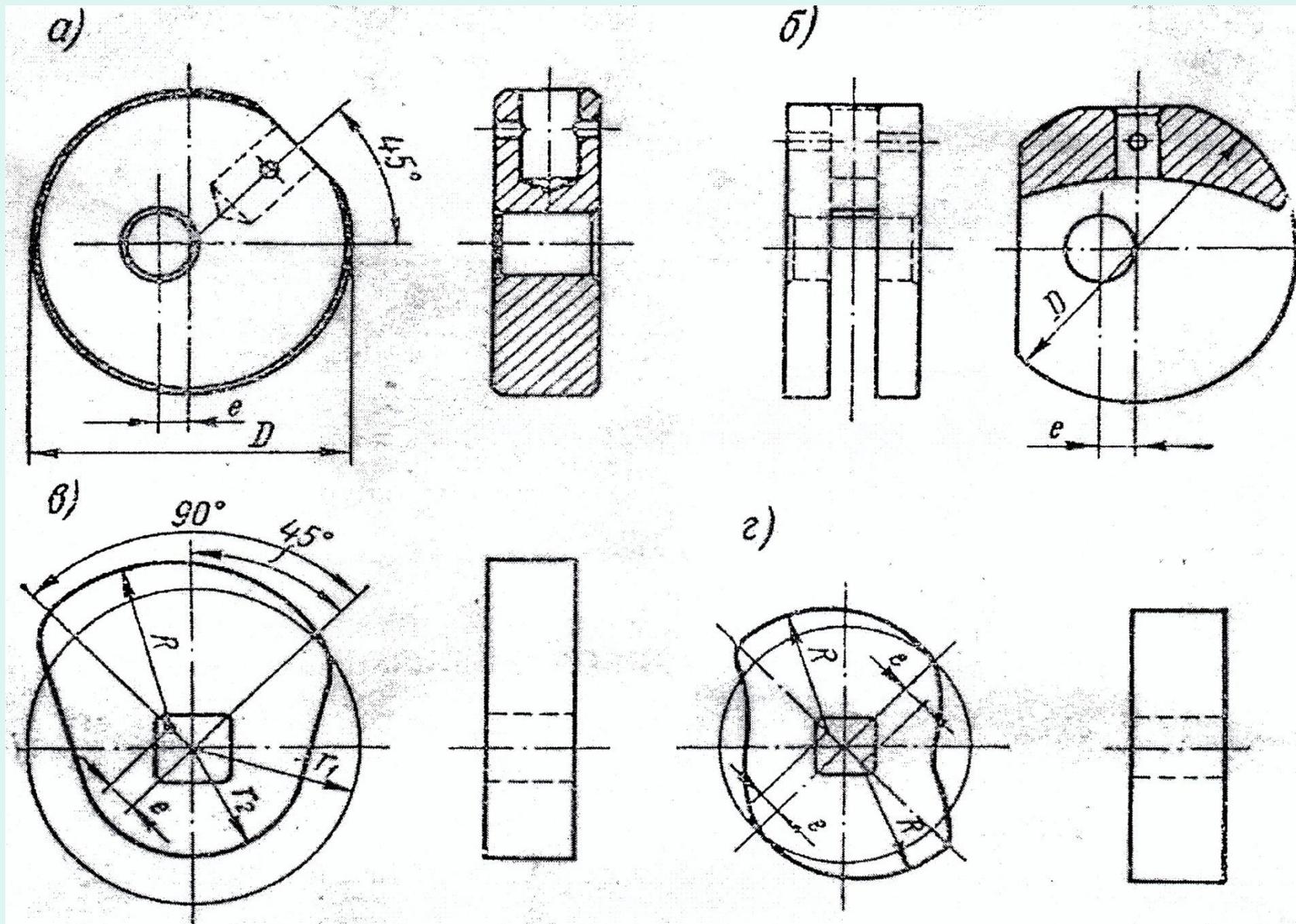
$$Q = W \left[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \operatorname{tg} \varphi_{1np} \right]$$

Эксцентрикoвый зажим

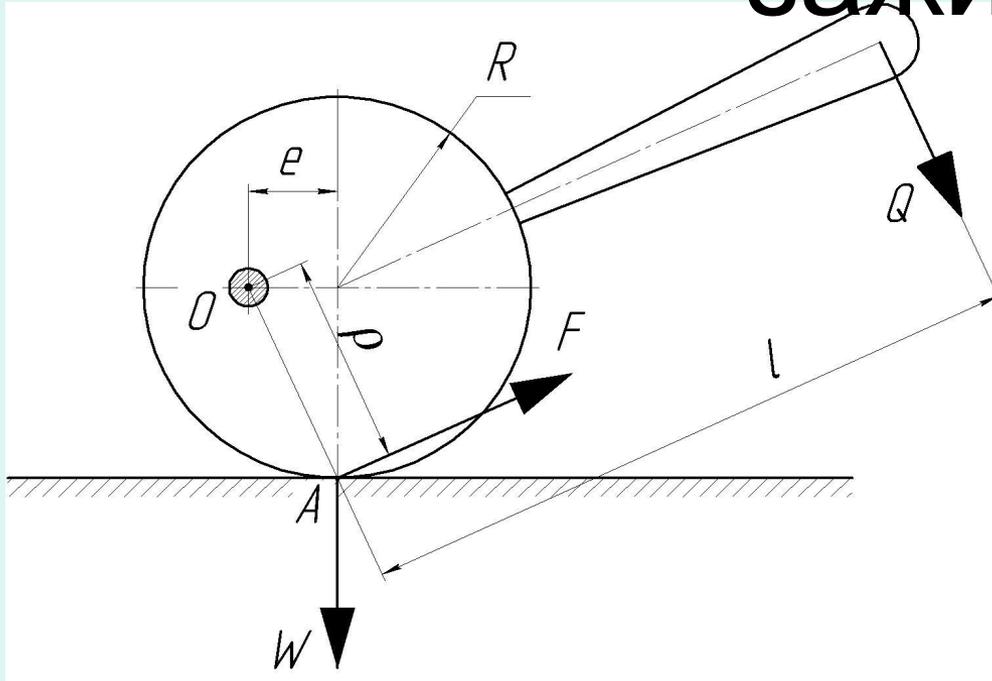
Особенности:

1. Быстродействующие;
2. Обладают свойством самоторможения;
3. Сила зажима невелика;
4. Сила зажима зависит от колебания расстояния между эксцентриком и заготовкой.

Конструкции кулачков в приспособлениях



Расчет эксцентрикового зажима



e – эксцентриситет

R – радиус
эксцентрика;

ρ – радиус
вращения
эксцентрика;

l - расстояние от линии приложения усилия до оси вращения эксцентрика

Условия равновесия эксцентрика:

$$Q \cdot l = F \cdot \rho \quad (1)$$

Из рисунка определяем:

$$F = W \cdot f = W \cdot [tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2]$$

Подставим полученную силу трения
в формулу (1):

$$Q \cdot l = \rho \cdot W \cdot [tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2]$$

$$Q = \frac{\rho W}{l} [tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2]$$

$$\rho = \frac{R + e \cdot \sin \beta}{\cos \alpha}$$

ρ – расстояние от оси вращения эксцентрика до точки соприкосновения эксцентрика с зажимаемой поверхностью;

R – радиус эксцентрика;

β – угол поворота эксцентрика при зажима детали;

e - эксцентриситет;

α – угол подъёма эксцентрика

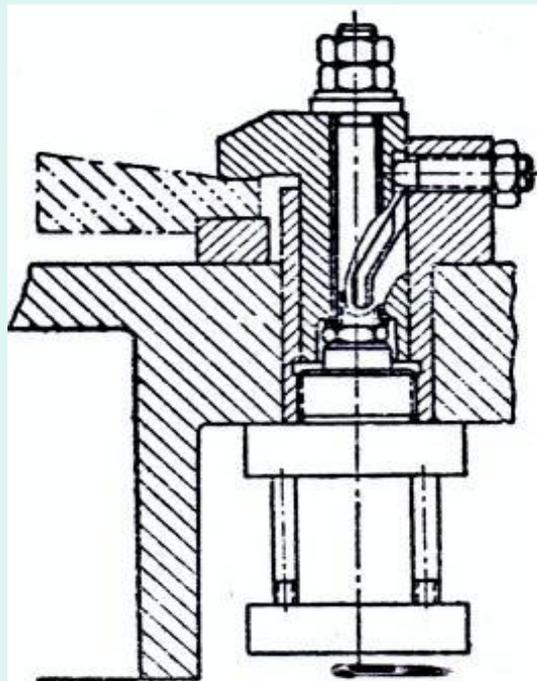
Г - образный прихват

(ГОСТ 14733-69).

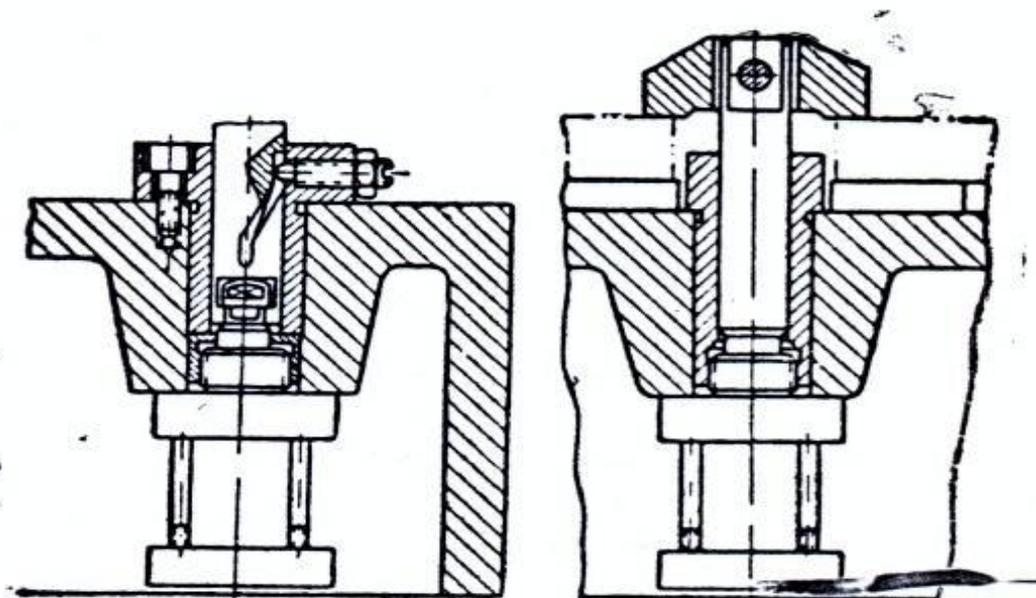
Особенности:

1. Конструкция Г-образного прихвата обеспечивает автоматический поворот зажимного элемента в рабочее положение и его отвод в исходное положение до упоров действием момента закрепления.
2. По закону силовых треугольников, равнодействующие N приложены к прихвату на расстоянии, равном $H/3$ от вершины треугольника.

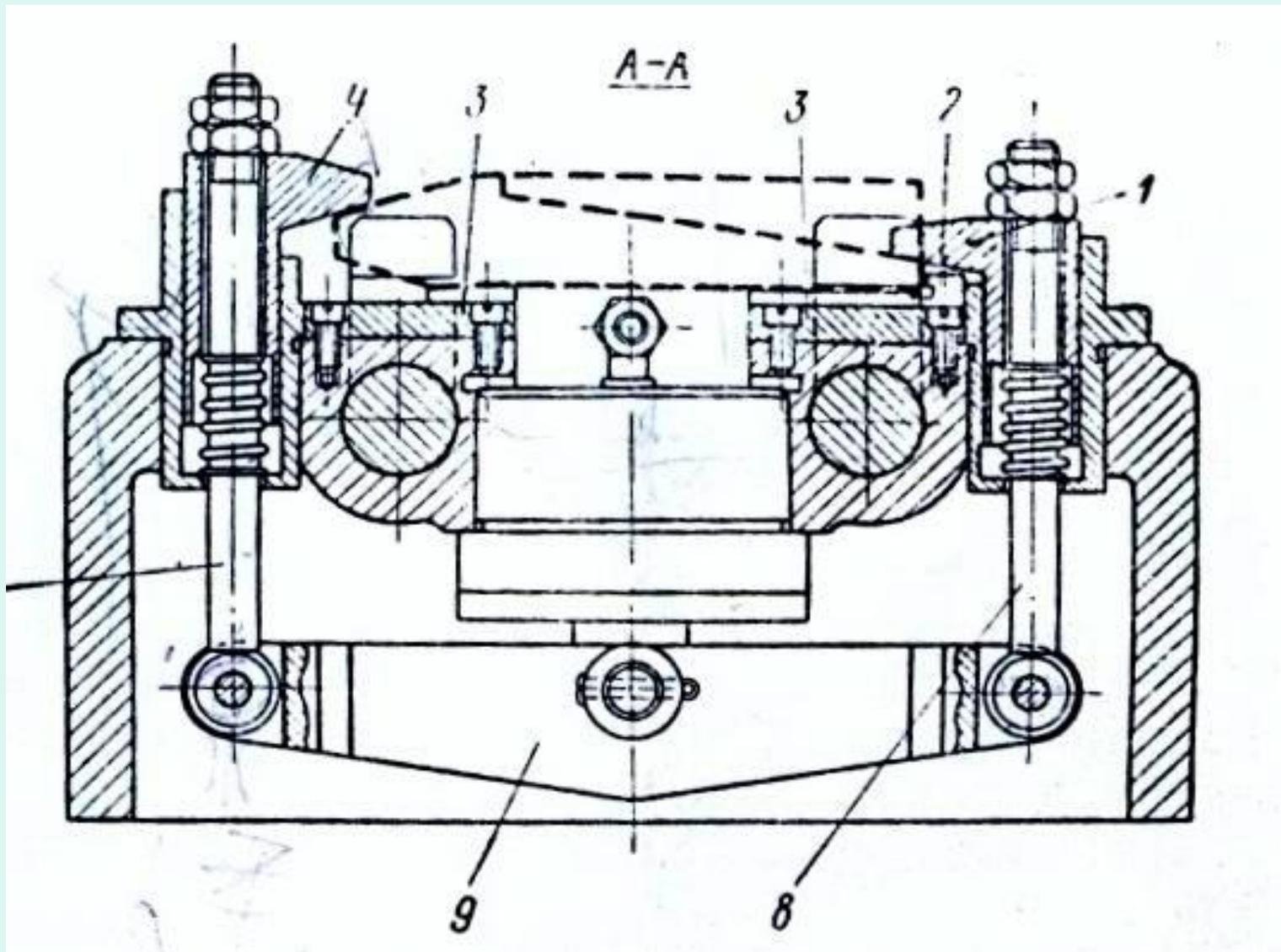
Г – образные прихваты



Т – образный прихват



Приспособление с Г-образными прихватами



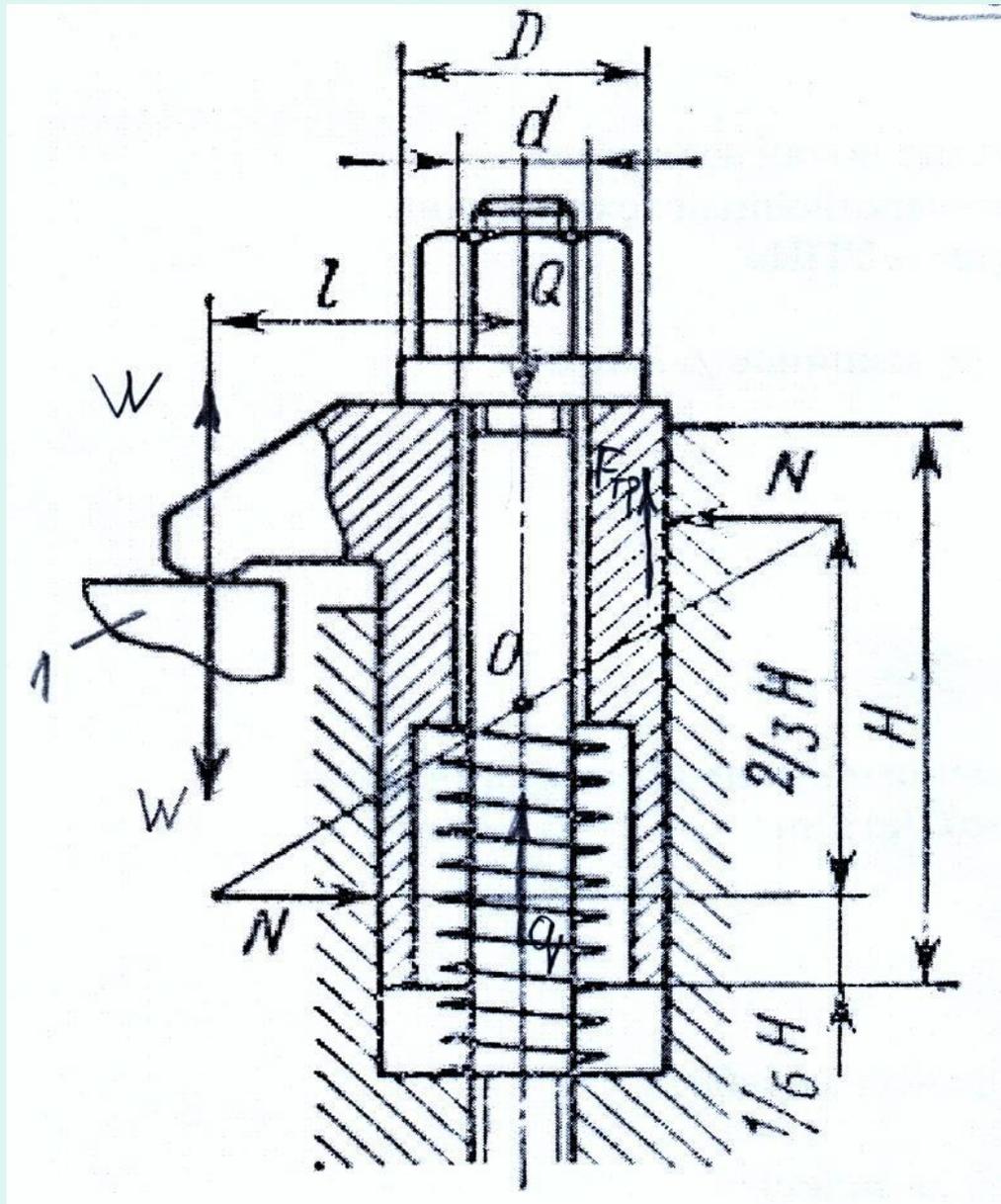
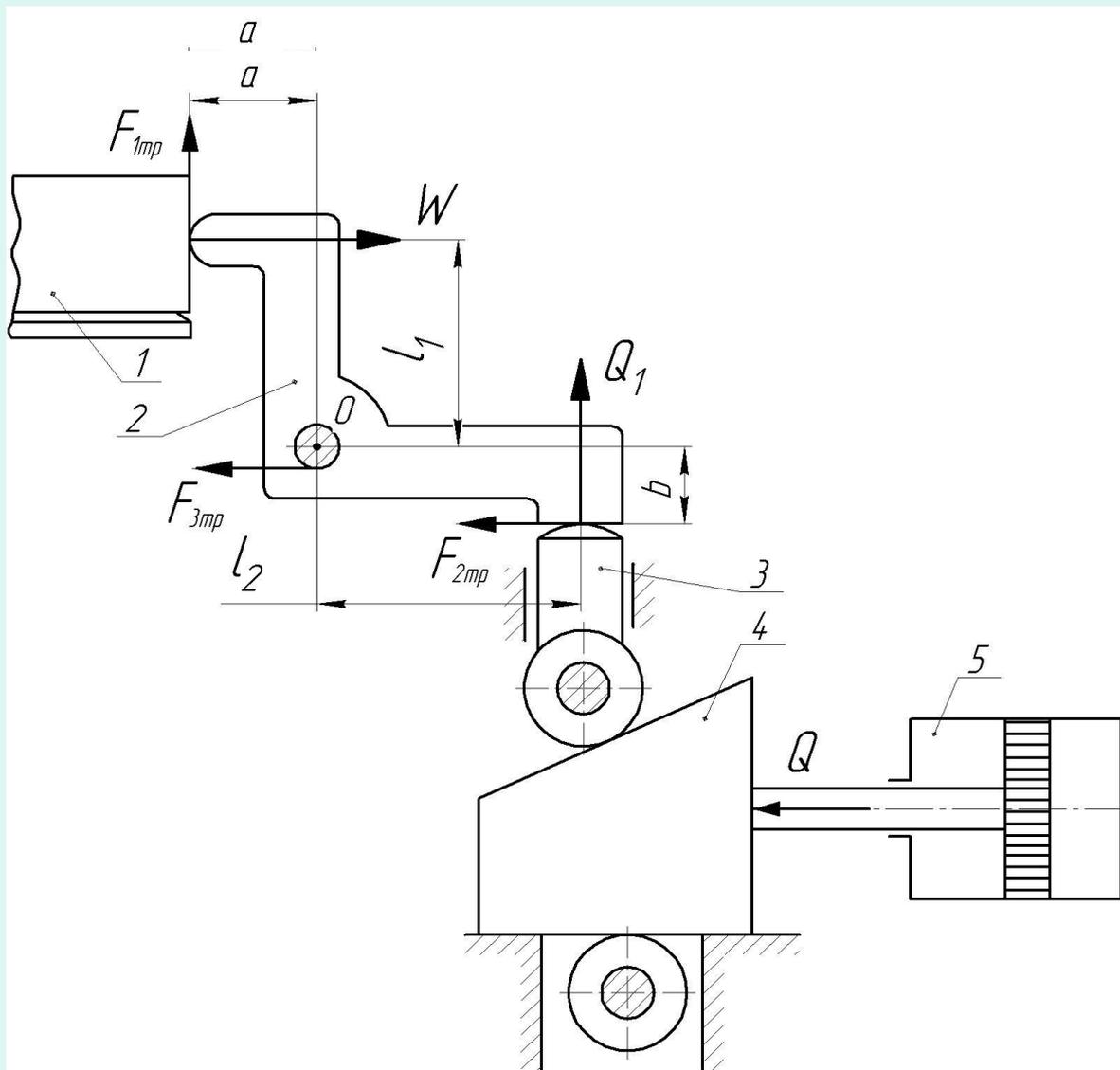


Схема сил и моментов,
действующих на
прихват

Рычажно-клиновой зажим



- 1 – заготовка,
- 2 – рычаг,
- 3 – плунжер,
- 4 – клин,
- 5 – пневмоцилиндр.

Расчет комбинированного зажима:

- На клиновой механизм (4) воздействует шток пневмоцилиндра (5) с усилием Q . Клин толкает плунжер (3) с силой Q_1 .

$Q = Q_1 \cdot [tg(\alpha + \varphi_{PP1}) + tg\varphi_{PP2}]$ — формула для клинового механизма с роликами на опорах. Из этой формулы выразим Q_1

$$Q_1 = \frac{Q}{[tg(\alpha + \varphi_{PP1}) + tg\varphi_{PP2}]}$$

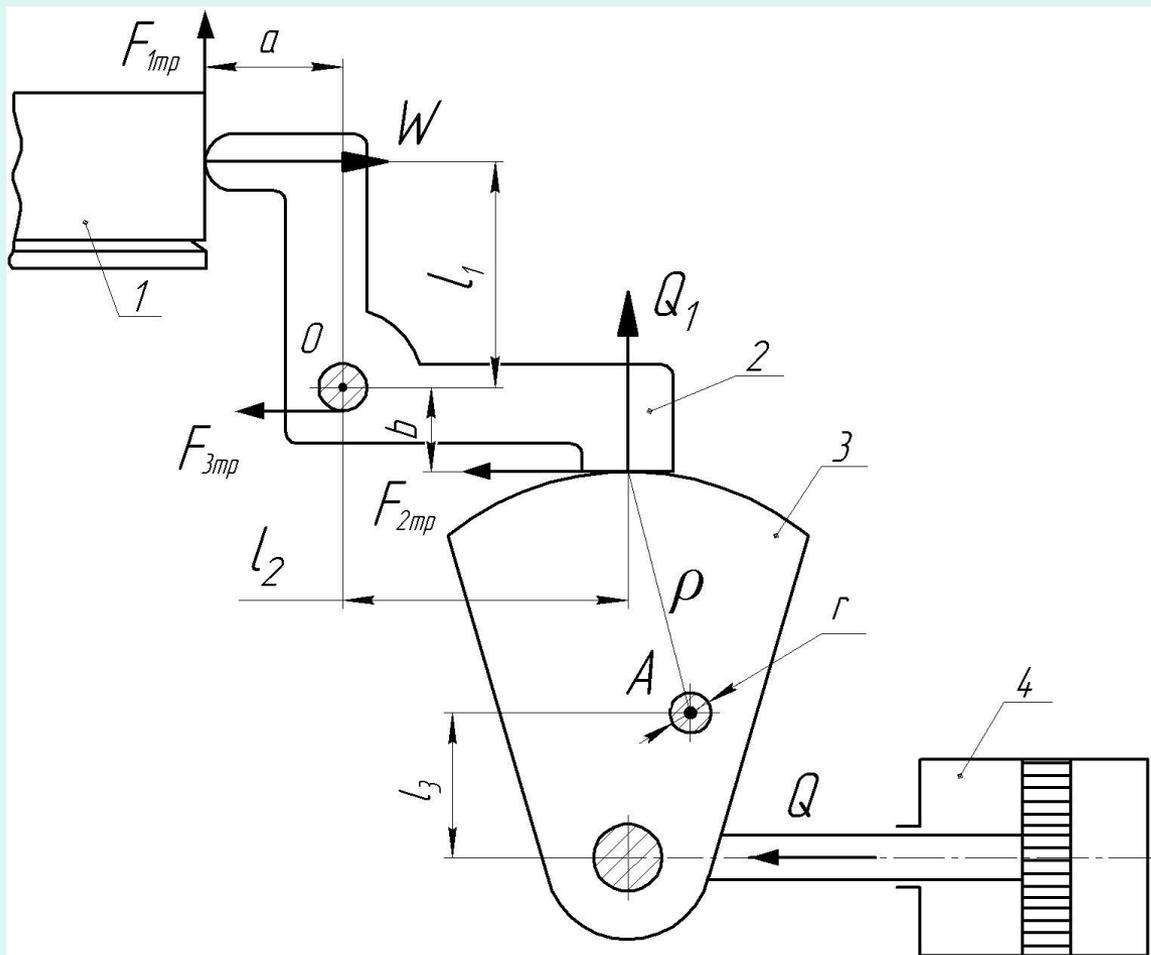
- Через плунжер сила Q_1 воздействует на рычаг. Для рычага составляем уравнение моментов относительно т.О.

$$W = \frac{Q_1 \cdot (f_2 \cdot r - l_2 - f_3 \cdot b)}{(f_3 \cdot b + f_1 \cdot a - l_1)};$$

Подставляем в формулу значение параметра Q_1 :

$$W = \frac{Q \cdot (f_2 \cdot r - l_2 - f_3 \cdot b)}{(f_3 \cdot b + f_1 \cdot a - l_1) \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{ID}1}) + \operatorname{tg}\varphi_{\text{ID}2}]};$$

Рычажно-эксцентрикый зажим



- 1 – заготовка,
- 2 – рычаг,
- 3 – эксцентрик,
- 4 – пневмоцилиндр.

Расчет комбинированного зажима:

- На эксцентрик (3) воздействует пневмоцилиндр (4) с усилием Q .
Эксцентрик толкает рычаг (2) с силой Q_1

- Формула для эксцентрикового зажима.

$$Q_1 = Q \cdot \frac{l}{\rho} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2}$$

- Для рычага составляем уравнение моментов относительно т.О:

$$W = \frac{Q_1 \cdot (f_2 \cdot r - l_2 - f_3 \cdot b)}{(f_3 \cdot b + f_1 \cdot a - l_1)};$$

Подставляем в формулу значение параметра Q_1 :

$$W = \frac{Q \cdot l (f_2 \cdot r - l_2 - f_3 \cdot b)}{(f_3 \cdot b + f_1 \cdot a - l_1) \cdot \rho \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg}\varphi_2]};$$

Конструктивной разработке зажимных элементов должен предшествовать выбор основных параметров зажима:

- а) направление и точка приложения зажимного усилия;
- б) величина необходимого зажимного усилия;

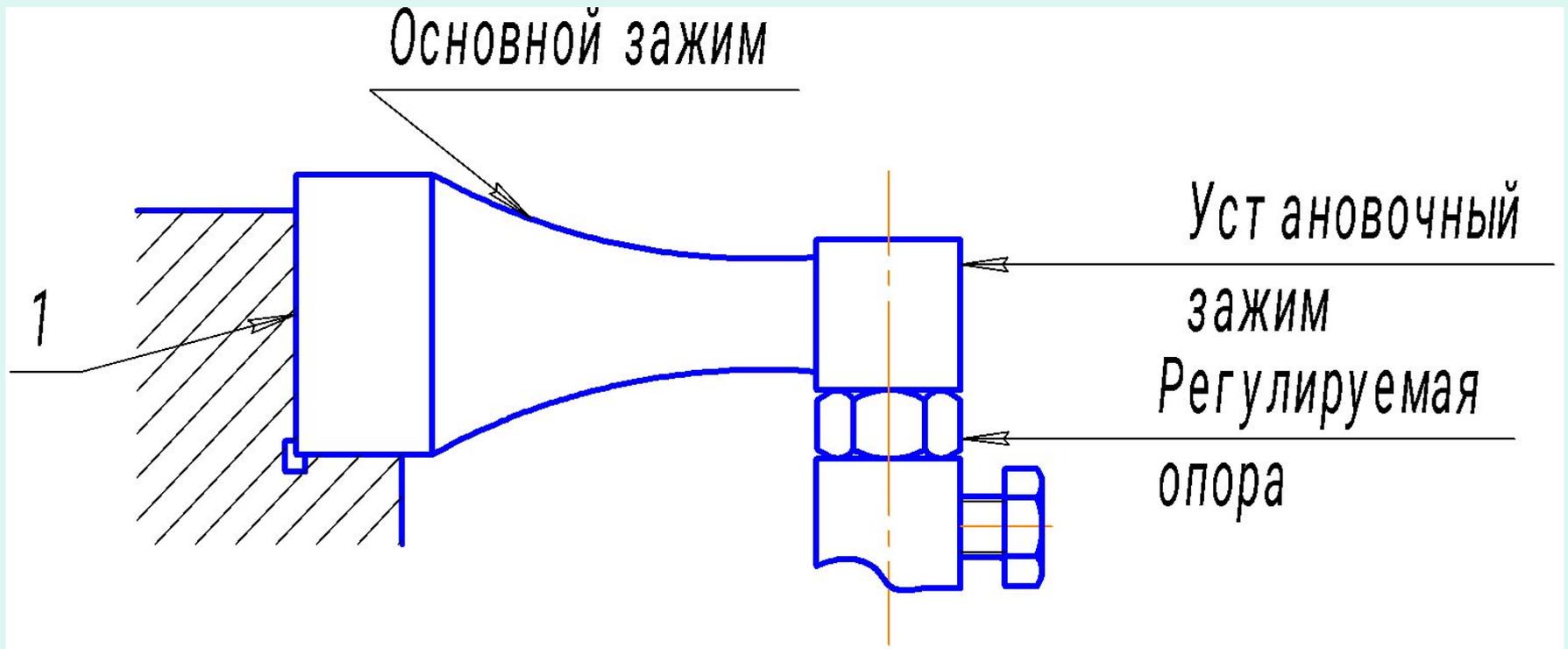
Назначение зажимного устройства

- Обеспечивать контакт при установке.
- Поддерживать неизменное положение детали во время обработки.

Требования к зажимным устройствам приспособлений

- а) При зажиме не должно нарушаться положение детали, достигнутое установкой.
- б) Сила зажима должна надёжно обеспечить неизменное положение детали во время обработки.
- в) Смятие опорных поверхностей детали и её деформация в целом при зажиме должны быть минимальными и сила зажима должна быть оптимальной.
- г) Закрепление детали при установке должно быть рациональным.

Первое требование - при зажиме не должно нарушаться положение детали, достигнутое установкой.



Второе требование – сила зажима должна надёжно обеспечить неизменное положение детали во время обработки

Деталь во время обработки находится под воздействием нескольких сил:

- а) сил резания, стремящихся сдвинуть и повернуть деталь;
- б) сил, удерживающих деталь – зажимное усилие, реакция опор, силы трения, вес детали.

Величину зажимного усилия, необходимого для надёжного закрепления детали, можно определить на основании решения уравнения статики, рассматривая равновесие детали под действием приложенных сил резания.

Порядок расчёта зажимного усилия

1. Составить расчётную схему.
2. Составить уравнение сил и моментов из условия равновесия детали.

Уравнение сил:

$$\left(\sum P_x = 0; \sum P_y = 0; \sum P_z = 0; \right)$$

Уравнение моментов:

$$\left(\sum M_x = 0; \sum M_y = 0; \sum M_z = 0; \right)$$

3. Ввести коэффициент надёжности
закрепления K .

$$R_{np} = R_p \cdot K;$$

Значение коэффициента надежности K следует выбирать дифференцированно в зависимости от конкретных условий выполнения операции и способа закрепления заготовки.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

K_0 – гарантированный коэффициент запаса надежности закрепления, $K_0 = 1,5$;

K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания из-за случайных неровностей на заготовках;

$K_1 = 1,2$ – для черновой обработки;

$K_1 = 1,0$ – для чистовой обработки;

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания вследствие затупления инструмента;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании,

$K_3 = 1,2$;

K_4 – учитывает непостоянство зажимного усилия;

$K_4 = 1,3$ – для ручных зажимов;

$K_4 = 1,0$ – для пневматических и гидравлических зажимов;

$K_6 = 1,0$ – для опорного элемента, имеющего ограниченную поверхность контакта с заготовкой;

$K_6 = 1,5$ – для опорного элемента с большой площадью контакта

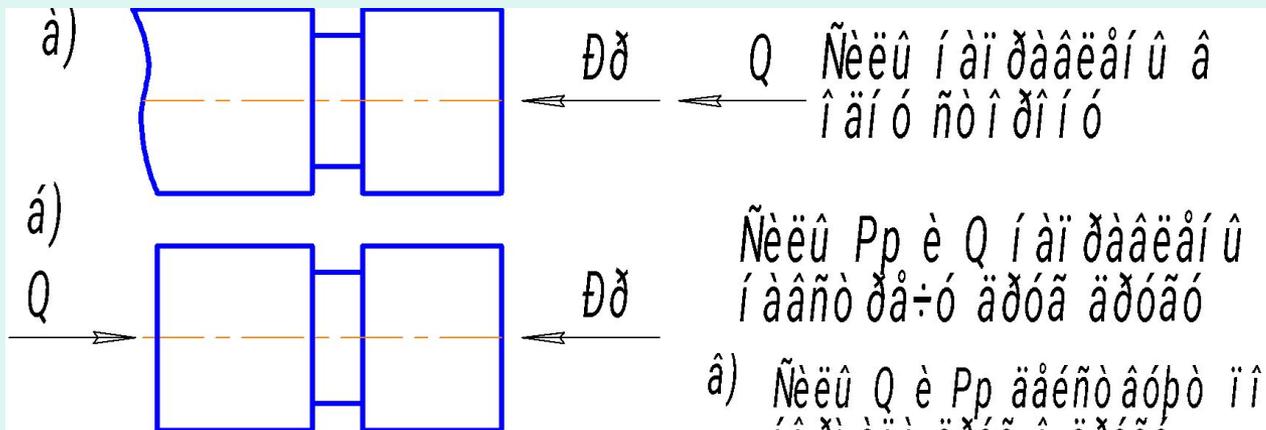
Способ обработки	Компоненты сил резания	K_2	Обрабатываемый материал
Сверление	Крутящий момент M	1,15	Чугун
	Осевая сила P_o	1,10	
Предварительное (по корке) зенкерование	Крутящий момент M	1,3	Чугун при износе по задней поверхности резца – 1,5 мм
	Осевая сила P_o	1,2	
Предварительное точение	Тангенциальная сила P_z	1,0	Сталь и чугун
		1,4	Сталь
	Радиальная сила P_y	1,2	Чугун
		1,6	Сталь
Сила подачи P_x	1,25	Чугун	
Цилиндрическое предварительное и чистовое фрезерование	Окружная сила P_z	1,75 - 1,90	Вязкие стали
		1,2 - 1,4	Твердые стали и чугуны
Торцевое предварительное и чистовое фрезерование	Окружная сила P_z	1,75 - 1,90	Вязкие стали
		1,2 - 1,4	Твердые стали и чугуны
Шлифование	Тангенциальная сила P_z	1,15 - 1,20	Сталь
Протачивание	Сила резания P_z	1,55	Сталь

4. Определить величину зажимного усилия при закреплении детали из полученных уравнений сил и моментов, исходя из условия равновесия.

Для уменьшения величины зажимного усилия при закреплении детали выбирают такой метод её установки, при котором сила резания и сила зажима были бы направлены в одну сторону на какой – либо из установочных элементов, расположенных по линии действия этих сил.

Вообще существуют четыре характерные схемы расположения сил резания и сил зажима:

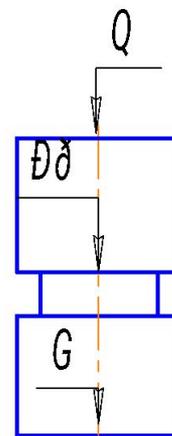
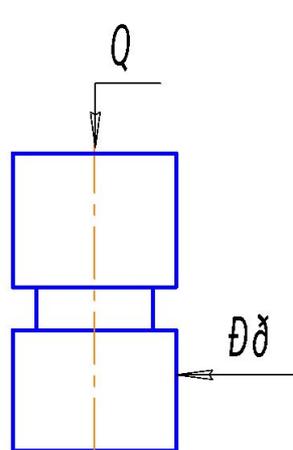
- а) силы направлены в одну сторону;
- б) силы направлены навстречу друг другу;
- в) силы действуют по нормали друг к другу;
- г) схема установки в которой необходимо учитывать силу тяжести.



$\tilde{N} \tilde{e} \tilde{u} P p \grave{e} Q \acute{í} \grave{a} \grave{i} \grave{d} \grave{a} \grave{a} \grave{e} \acute{a} \acute{i} \acute{u} \acute{a}$
 $\acute{í} \grave{a} \grave{a} \grave{n} \grave{o} \grave{d} \acute{a} \acute{o} \grave{a} \grave{d} \acute{o} \acute{a} \grave{a} \grave{d} \acute{o} \acute{o} \acute{o}$

а) $\tilde{N} \tilde{e} \tilde{u} Q \grave{e} P p \grave{a} \acute{a} \acute{e} \grave{n} \grave{o} \acute{a} \acute{o} \acute{p} \acute{o} \acute{i} \acute{i}$
 $\acute{í} \acute{i} \acute{d} \acute{i} \grave{a} \acute{e} \acute{e} \grave{a} \acute{d} \acute{o} \acute{a} \acute{e} \acute{a} \acute{d} \acute{o} \acute{o} \acute{o}$

ã) $\tilde{A} \tilde{e} \tilde{y} \grave{o} \tilde{y} \acute{a} \acute{e}, \acute{e} \tilde{u} \tilde{o} \acute{a} \acute{a} \acute{o} \grave{a} \acute{e} \acute{a} \acute{e}$



В случае, когда силы направлены в одну сторону зажимное усилие не требуется:

$$Q = 0$$

Когда силы направлены навстречу друг другу зажимное усилие равно силе резания

$$Q = P_p$$

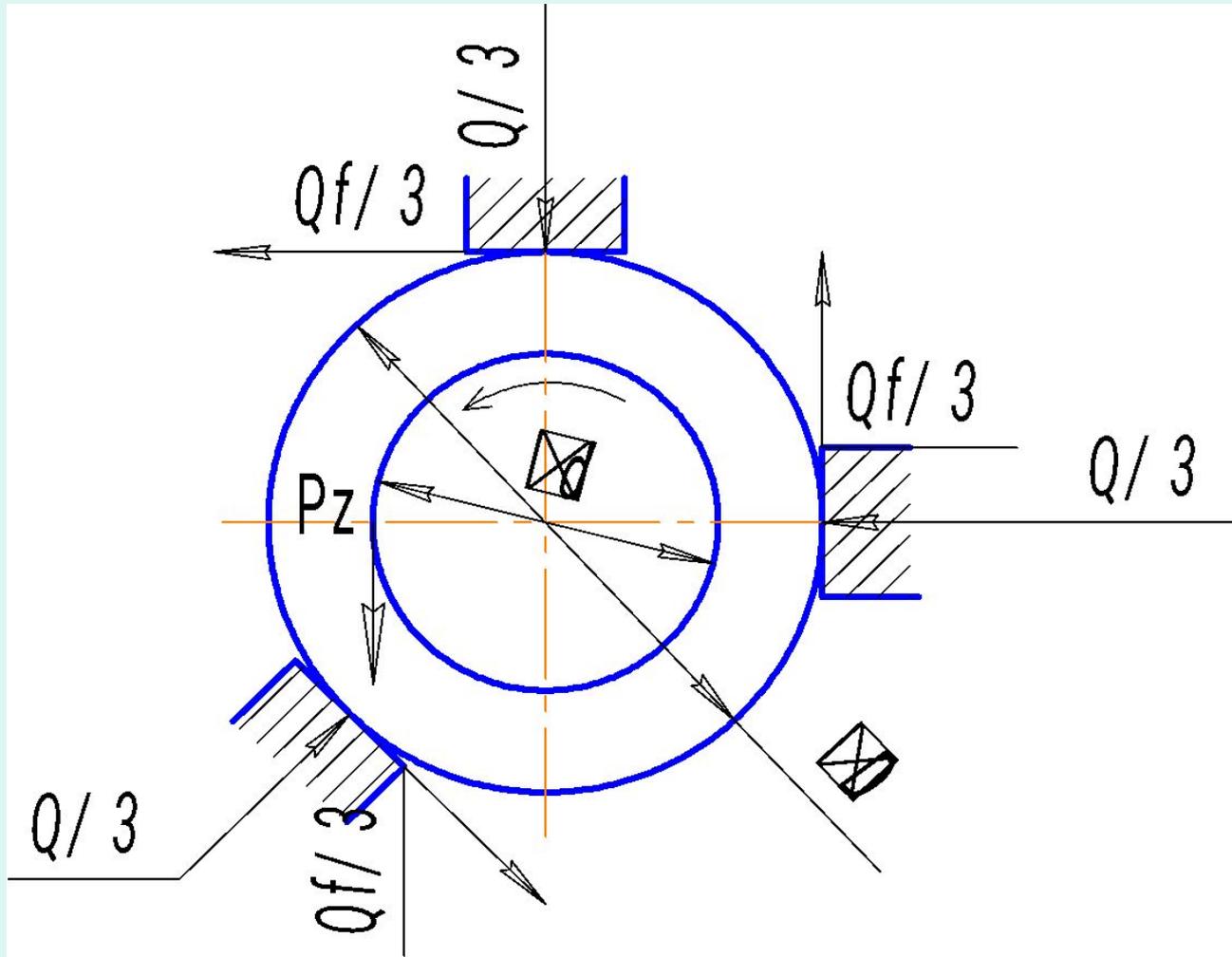
В случаях, когда силы действуют по нормали друг к другу, зажимное усилие определяется по следующей формуле:

$$Q = P_p \cdot f,$$

где f коэффициент трения.

Характеристика контактируемых поверхностей	Значение f
Обработанная поверхность заготовки контактирует с плоскостью опорных элементов (пластин, магнитной плиты и т.п.) или плоскостью контактных элементов зажимных устройств.	0,1 – 0,15
Обработанная поверхность заготовки контактирует с опорным элементом (базирование на призму или на опорный штырь со сферической головкой).	0,18 – 0,3
Необработанная поверхность заготовки контактирует с закаленным насеченным элементом (базирование на штыри с насеченной головкой).	0,5 – 0,8
Контактный элемент при закреплении соприкасается с цилиндрической поверхностью заготовки (при установке в кулачках, в цанге и т.п.) и имеет: острые рифления гладкую поверхность кольцевые канавки крестообразные канавки	0,7 – 1,0 0,25 0,35 0,45
Контактный элемент соприкасается с необработанной поверхностью и имеет: кольцевые канавки насечку	0,4 – 0,5 0,5 – 0,8

Пример: Деталь зажата в трёх кулачковом патроне и производится расточка отверстия с усилием резания P_z .



$$P_z \cdot \frac{d}{2} \leq 3 \frac{Q \cdot f_3}{3} \cdot \frac{D}{2};$$

$$Q \geq \frac{P_z \cdot d}{f_3 \cdot D};$$

$$Q_{\text{расч.}} = Q \cdot K;$$

Пример 2: На операции фрезерования паза при принятом методе установки и схеме закрепления, деталь под действием силы резания может перемещаться вдоль опорных пластин.

1. Составляющая силы резания, вызывающая перемещение детали равна P_y .
2. Реакция опоры.

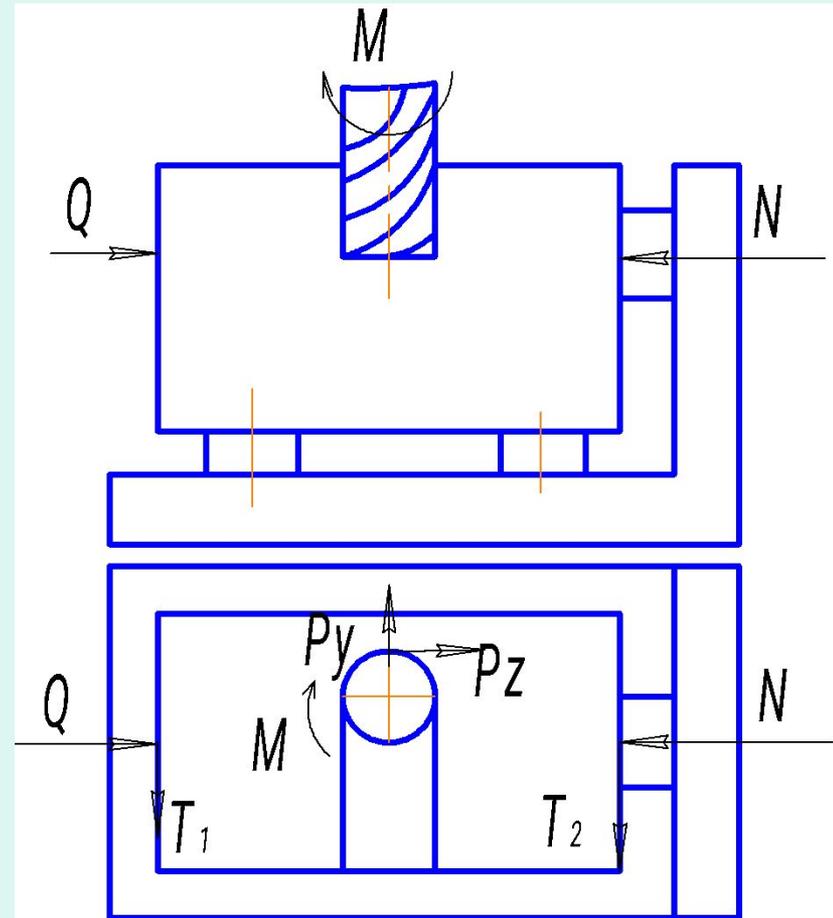
$$N = Q + P_z;$$

3. Сила трения: $T_1 = f_1 \cdot Q$

T_1 – в местах контакта зажимного устройства и детали.

T_2 – с установочными элементами и детали.

$$T_2 = f_2 \cdot Q$$



$$T_1 = f_1 \cdot Q;$$

$$T_2 = f_2 \cdot N = f_2 (Q + Pz);$$

f_1 – коэффициент трения между деталью и зажимным устройством;

f_2 – коэффициент трения между деталью и установочными элементами.

$$Py = T_1 + T_2;$$

$$Py = f_1 \cdot Q + f_2 (Q + Pz);$$

$$\text{откуда} \Rightarrow Q = \frac{K (Py - f_2 \cdot Pz)}{f_1 + f_2};$$

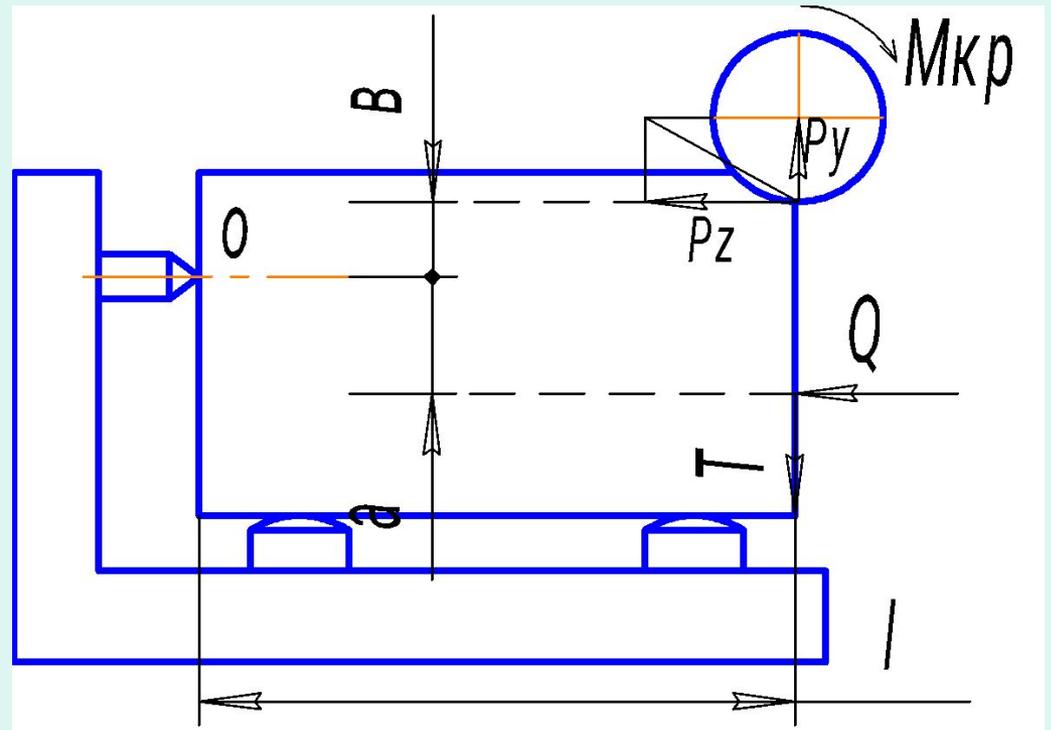
Пример 3: На операции фрезерования плоскости при принятом методе установки и схеме закрепления - деталь под действием сил резания может повернуться относительно точки 0.

$$Q \cdot a + T \cdot l = P_y \cdot l + P_z \cdot e ;$$

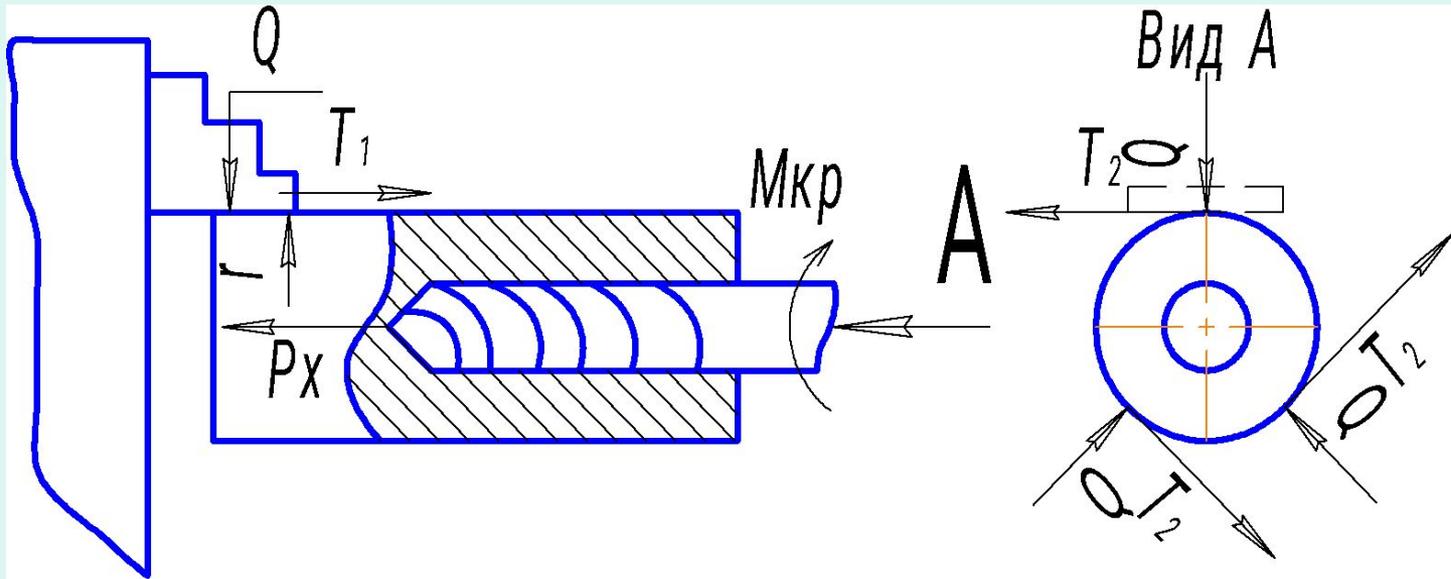
$$T = f \cdot Q ;$$

$$Q(a + f \cdot l) = P_y \cdot l + P_z \cdot e ;$$

$$Q = \frac{K(P_y \cdot l + P_z \cdot e)}{a + f \cdot l} ;$$



Пример 4: При сверлении отверстия в детали, закрепленной в трёх кулачковом патроне, она может перемещаться вдоль оси под действием силы P_x и проворачиваться в кулачках под действием момента резания $M_{кр}$.



Уравнение сил

$$3T_1 = P_x;$$

$$3f_1 \cdot Q = P_x;$$

$$Q = \frac{K \cdot P_x}{3f_1};$$

Уравнение моментов

$$3M_{кр} = \quad ;$$

$$3f_2 \cdot Q \cdot r = P_x;$$

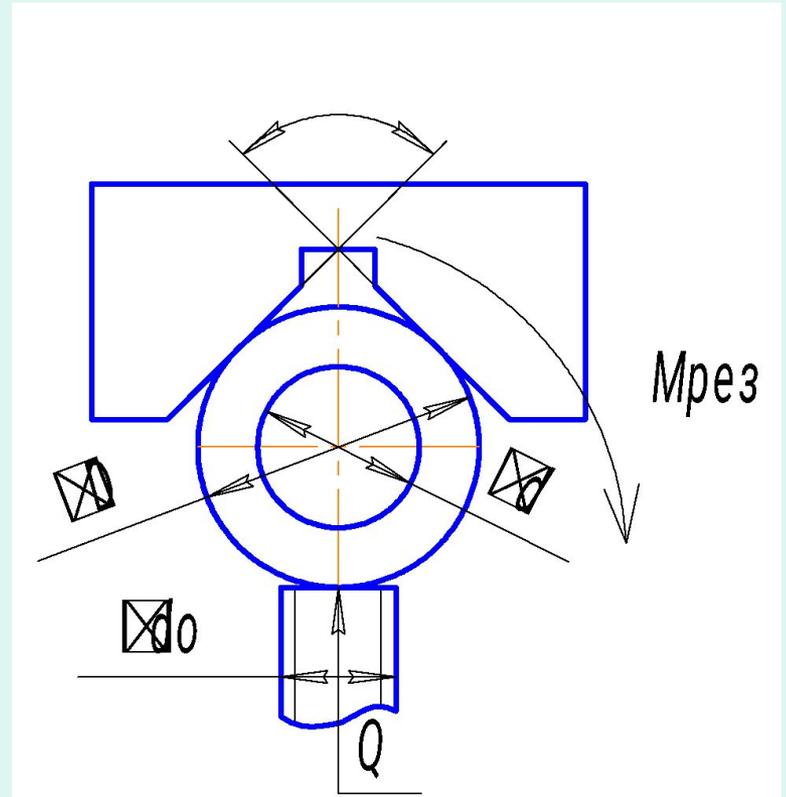
$$Q = \frac{M_{кр}}{3f_2 \cdot r};$$

Пример 5: Необходимо просверлить отверстие диаметром d . Базирование производится в призме с закреплением при помощи винтового зажима.

$$Q = \frac{2M_{рез}}{fD \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha} \right)};$$

$$d_0 = C \sqrt{\frac{Q}{\sigma}};$$

$$C = 1,4;$$

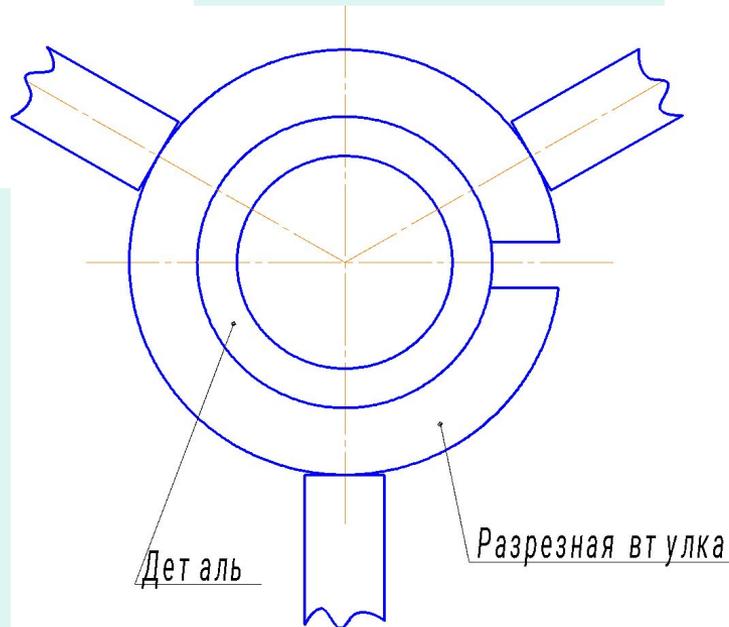
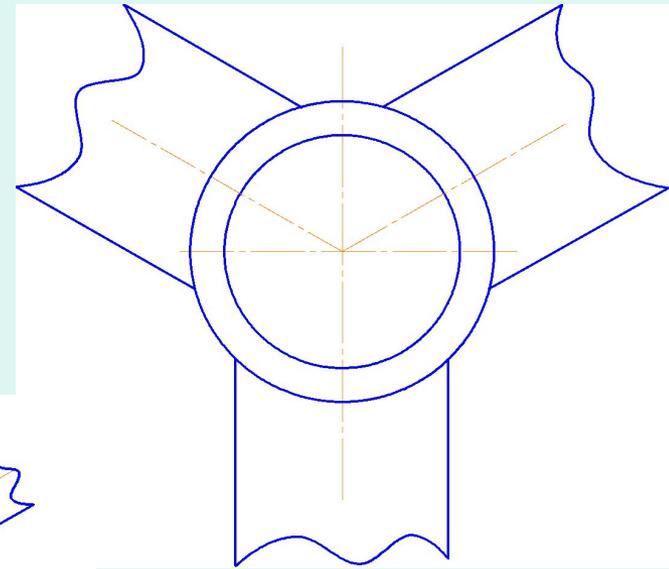
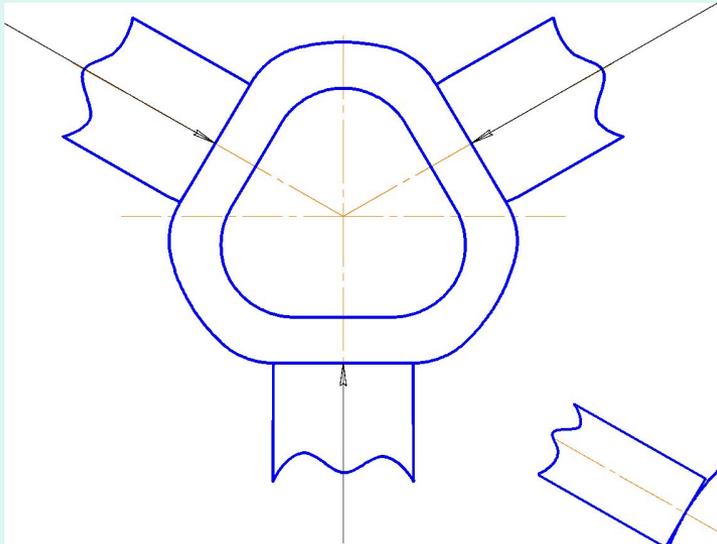


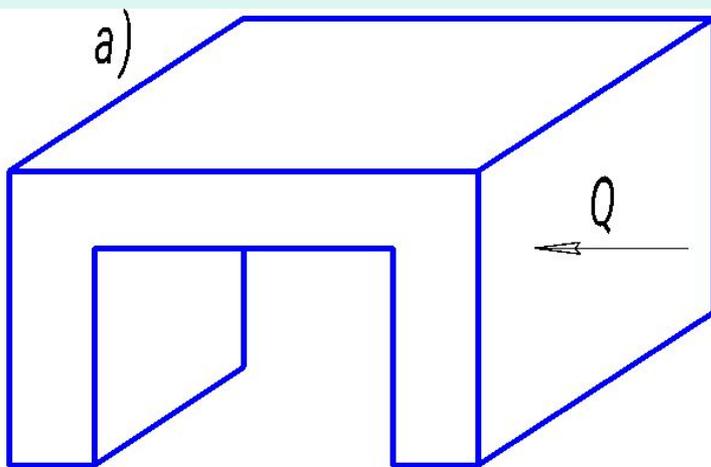
Третье требование – деформации самой детали и её опорных поверхностей должны быть минимальными.

При зажиме детали возникают деформации, которые являются составной частью деформаций упругой системы станок – обрабатываемая деталь - инструмент – станок.

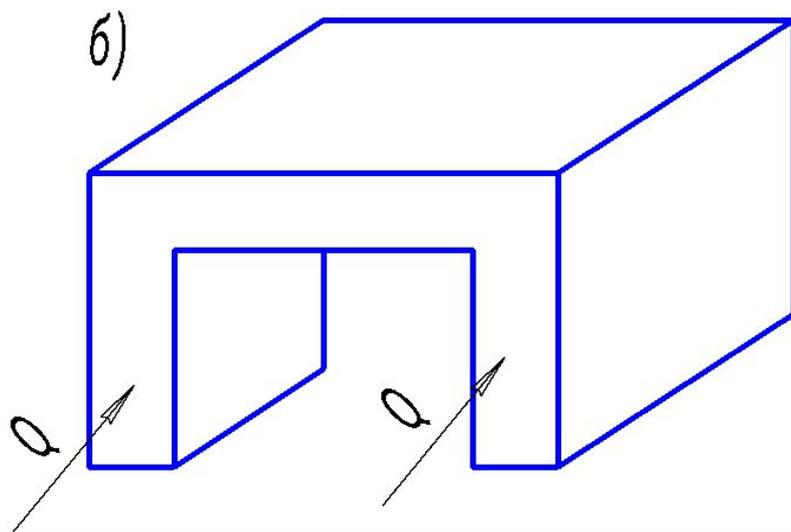
Деформацию детали необходимо учитывать тогда, когда деталь является не жёсткой (тонкостенной).

Пример: при растачивании кольца в трёх кулачковом патроне происходит его смятие при зажиме кулачками.





Неверное приложение
усилия зажима



Верное приложение
усилия зажима

