

---

# **Тема 2**

## **Соединения деталей машин**

## Соединения деталей машин

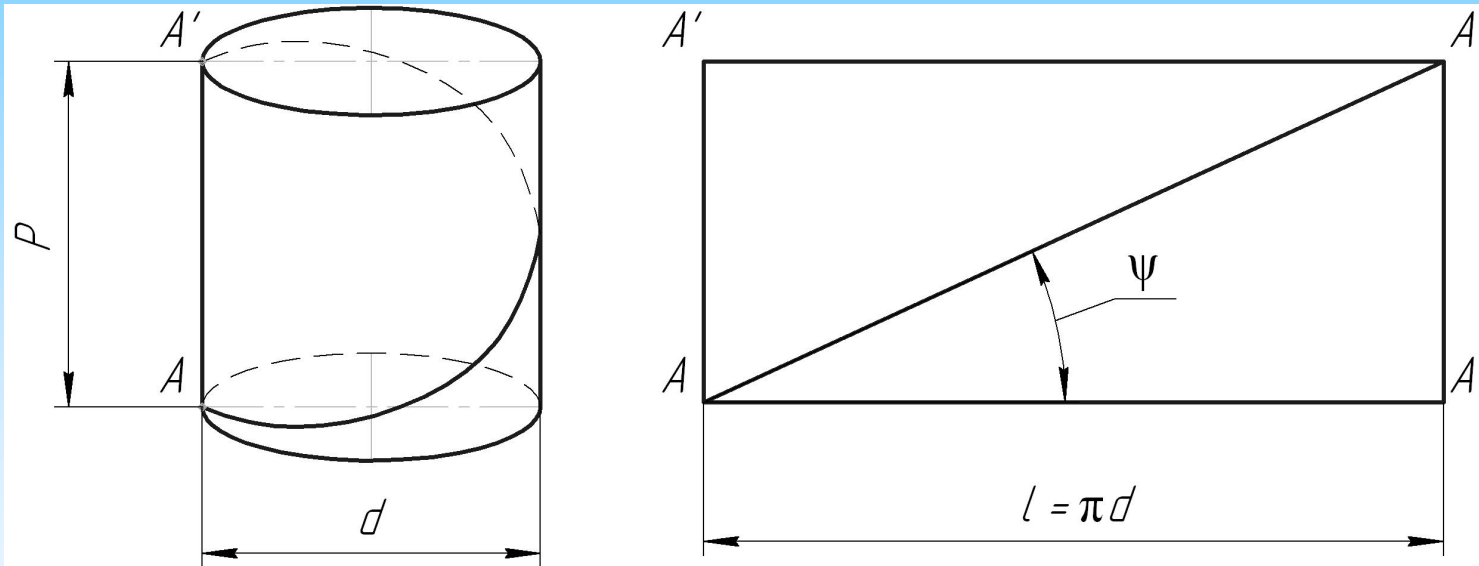
### Соединения:

- Разъемные и неразъемные
- Подвижные и неподвижные

**Неразъемные** - соединения, разборка которых выполняется с разрушением или деформированием элементов соединяемых деталей (заклепочные, сварные, клеевые).

**Разъемные:** резьбовые, шпоночные, штифтовые, шлицевые и т.д.

## Резьбовые соединения



$\psi$  - угол подъема винтовой линии

$$\operatorname{tg}(\psi) = \frac{P}{l} = \frac{P}{\pi d}$$

## Соединения деталей машин

### Достоинства:

- Универсальность
- Высокая надежность
- Малые габариты и вес
- Способность воспринимать и создавать большие осевые силы
- Технологичность
- Высокая точность хода

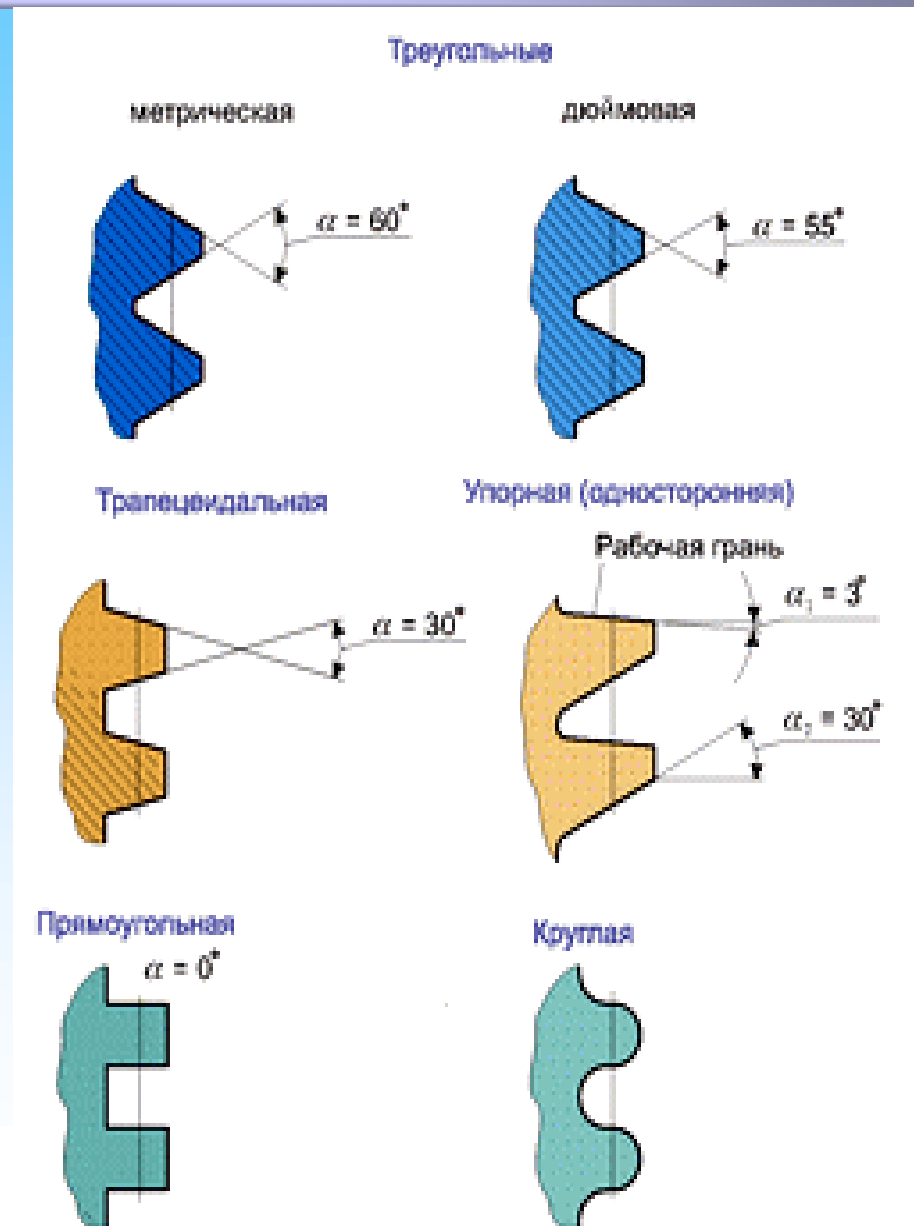
### Недостатки:

- Значительная концентрация напряжений
- Низкий КПД подвижных резьбовых соединений

# Соединения деталей машин

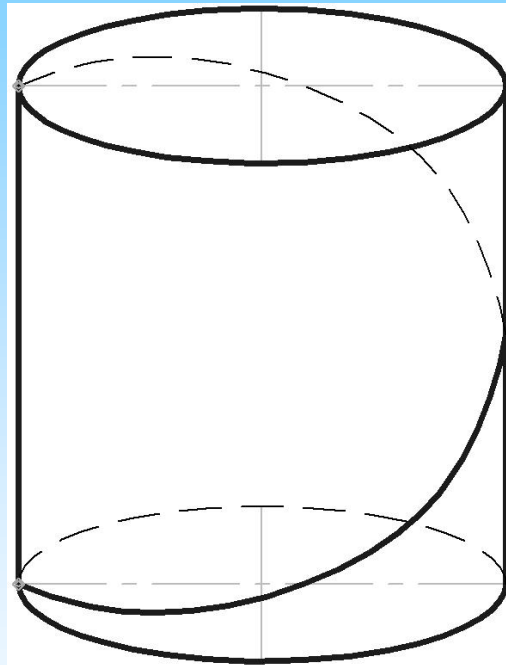
## Классификация резьб

- По форме профиля

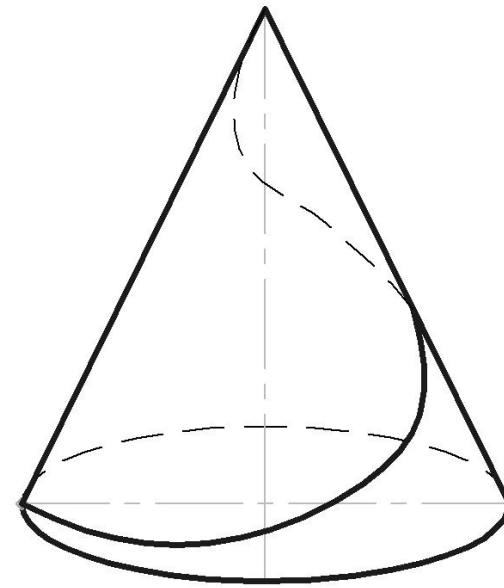


## Соединения деталей машин

- По форме поверхности



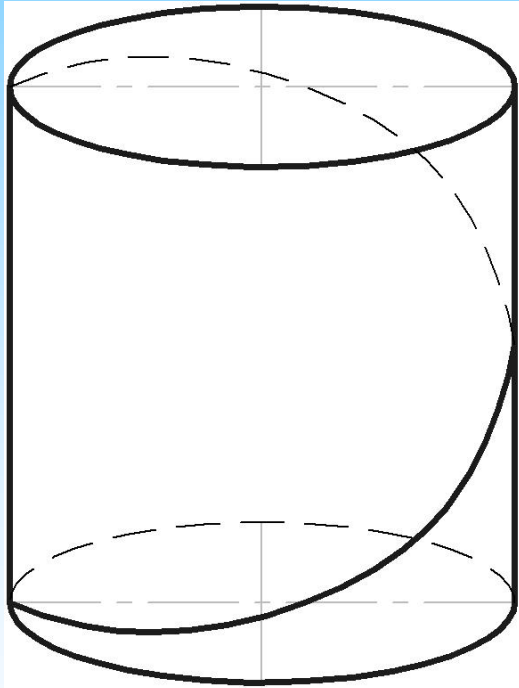
*Цилиндрическая*



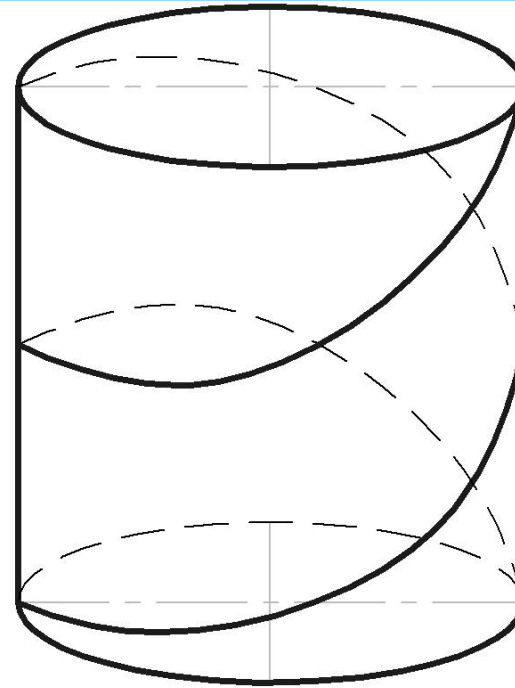
*Коническая*

## Соединения деталей машин

- По числу заходов



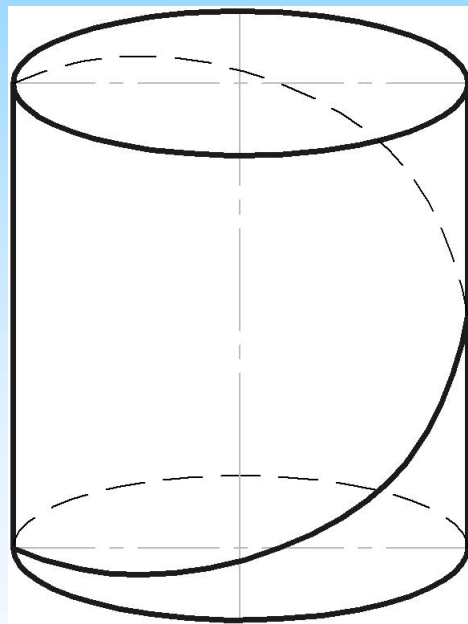
*Однозаходная*



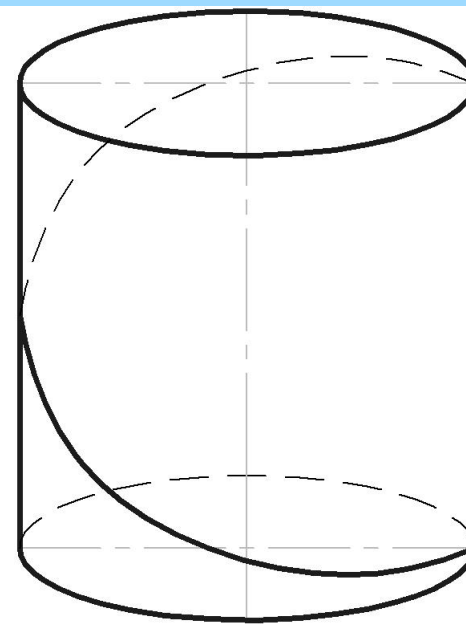
*Многозаходная*

## Соединения деталей машин

- По направлению заходов



*Правая*



*Левая*



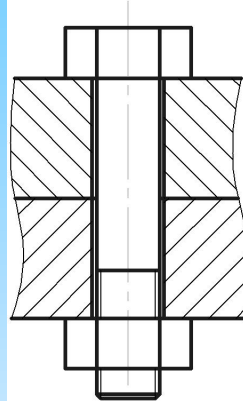
## Соединения деталей машин

- По эксплуатационному назначению:
  1. Крепежные (метрическая, дюймовая)
  2. Крепежно – уплотнительная (трубные, конические)
  3. Ходовые (трапециидальная, упорная, прямоугольная) Специальные (круглая, часовая и др.)

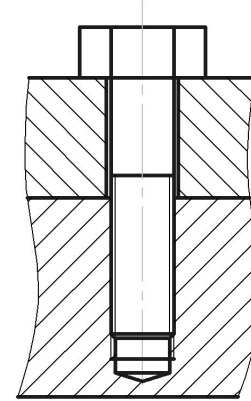
# Соединения деталей машин

## Виды соединений

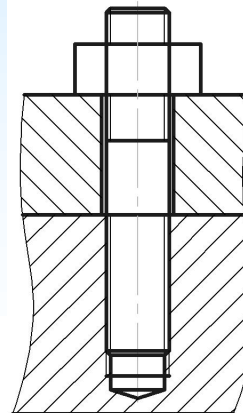
*Болтовое  
соединение*



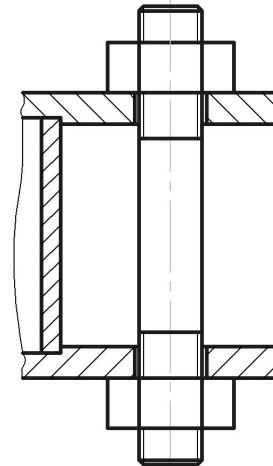
*Винтовое  
соединение*



*Соединение  
шпилькой*

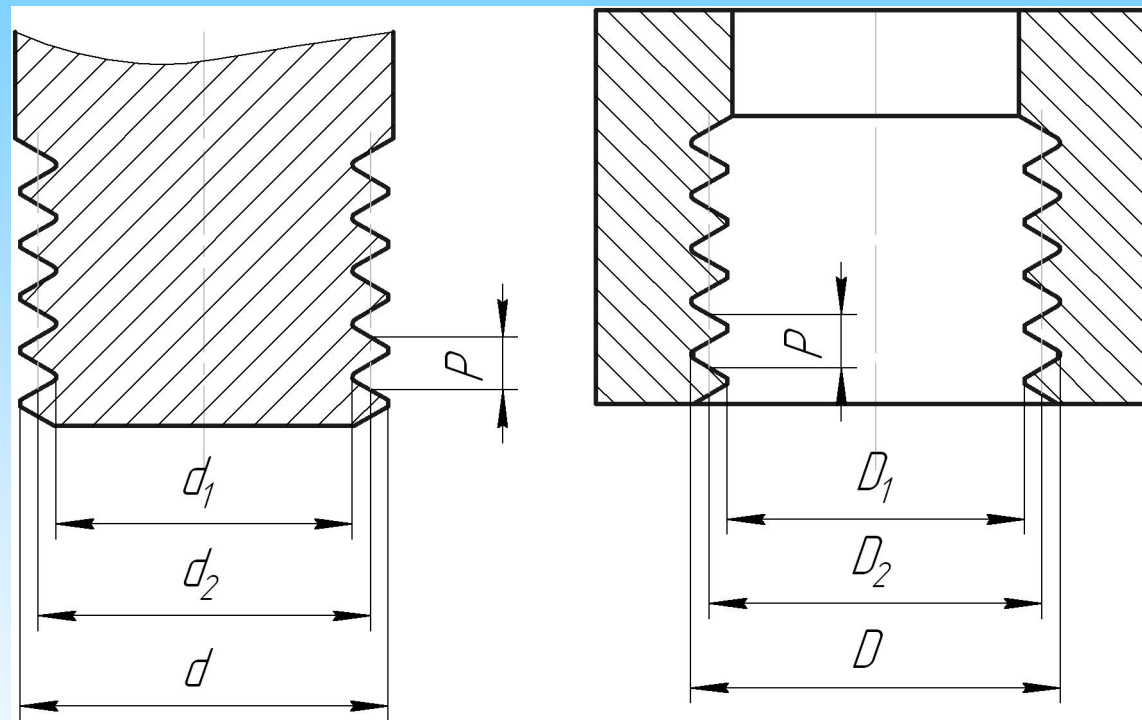


*Соединение  
стяжками*



## Соединения деталей машин

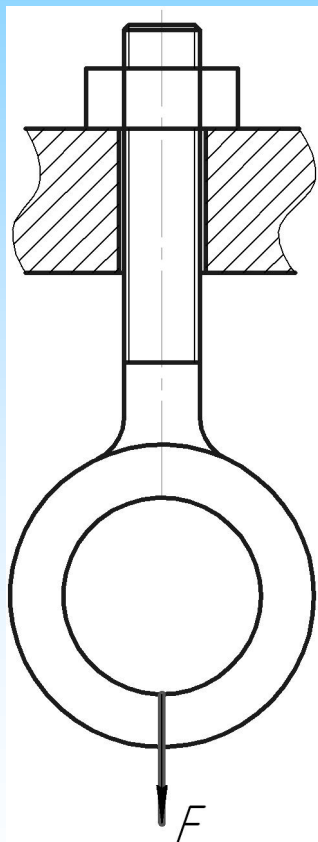
### Основные геометрические параметры резьбы



$d$  - наружный диаметр,  
 $d_1$  - внутренний диаметр,  
 $d_2$  - средний диаметр,  
 $P$  - шаг резьбы.

# Расчет крепежных резьбовых соединений

## Расчет незатянутых болтов



Условие прочности при растяжении:

$$\sigma_{\max} = \frac{F}{A} \leq [\sigma_P]$$

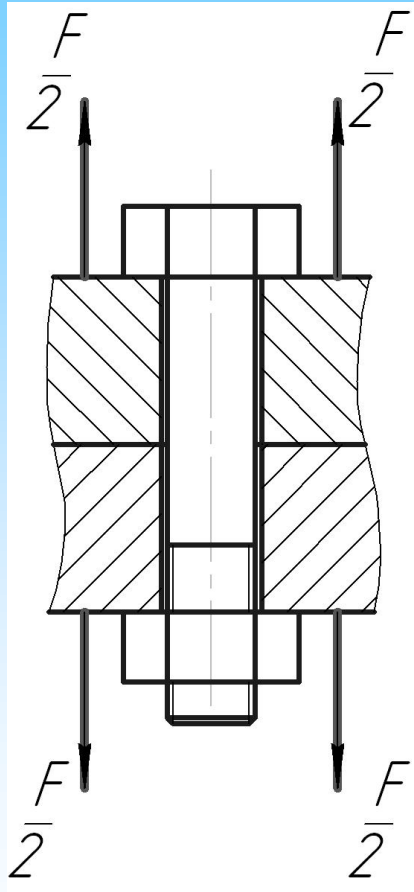
Расчетный внутренний диаметр резьбы равен:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_P] \quad \Rightarrow \quad d_1 = \sqrt{\frac{4F}{\pi [\sigma_P]}}$$

По найденному значению расчетного диаметра подбирается стандартная крепежная резьба.

## Соединения деталей машин

### Расчет затянутых болтов



Условие прочности при сложном сопротивлении

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_P^2 + 3\tau_K^2} \leq [\sigma_P]$$

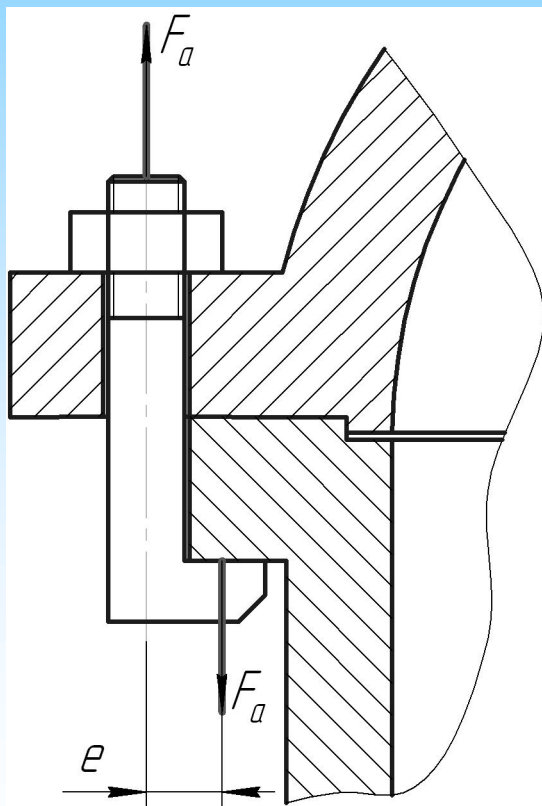
$$\sigma_{\text{экв}} = 1,3 \sigma_P \quad \Rightarrow \quad F_{\text{расч}} = 1,3 F$$

Расчетный внутренний диаметр резьбы равен

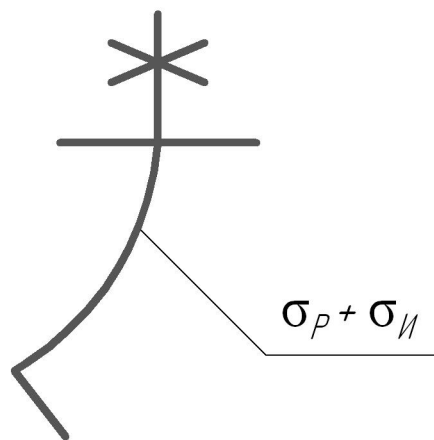
$$\sigma = \frac{F_{\text{расч}}}{A} = \frac{4 \cdot 1,3 F}{\pi d_1^2} \leq [\sigma_P] \quad \Rightarrow \quad d_1 = \sqrt{\frac{5,2 F}{\pi [\sigma_P]}}$$

## Напряжения изгиба, возникающие в теле болта

### 1. Болты с эксцентричной (костыльной) головкой



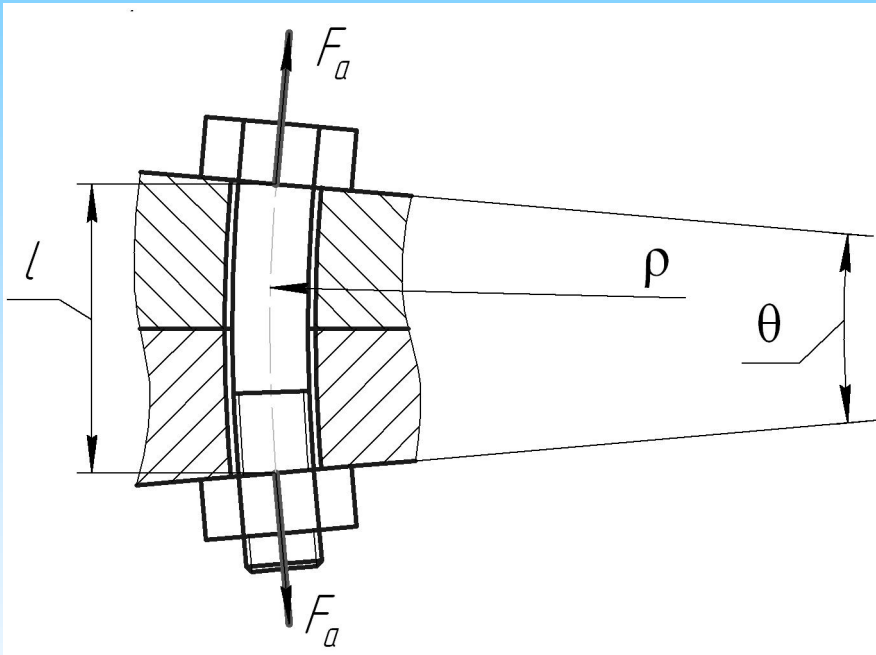
$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_P + \sigma_{II} = \frac{F_a}{A} + \frac{M_{II}}{W_Z} = \frac{4 F_a}{\pi d_1^2} + \frac{32 F_a e}{\pi d_1^3}$$



$$\frac{\sigma_{II}}{\sigma_P} = 4,5 \dots 5$$

# Соединения деталей машин

## 2. Перекос опорных поверхностей деталей



$$\theta = 20' \dots 30'$$

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_P + \sigma_{II} = \frac{F_a}{A} + E \varepsilon,$$

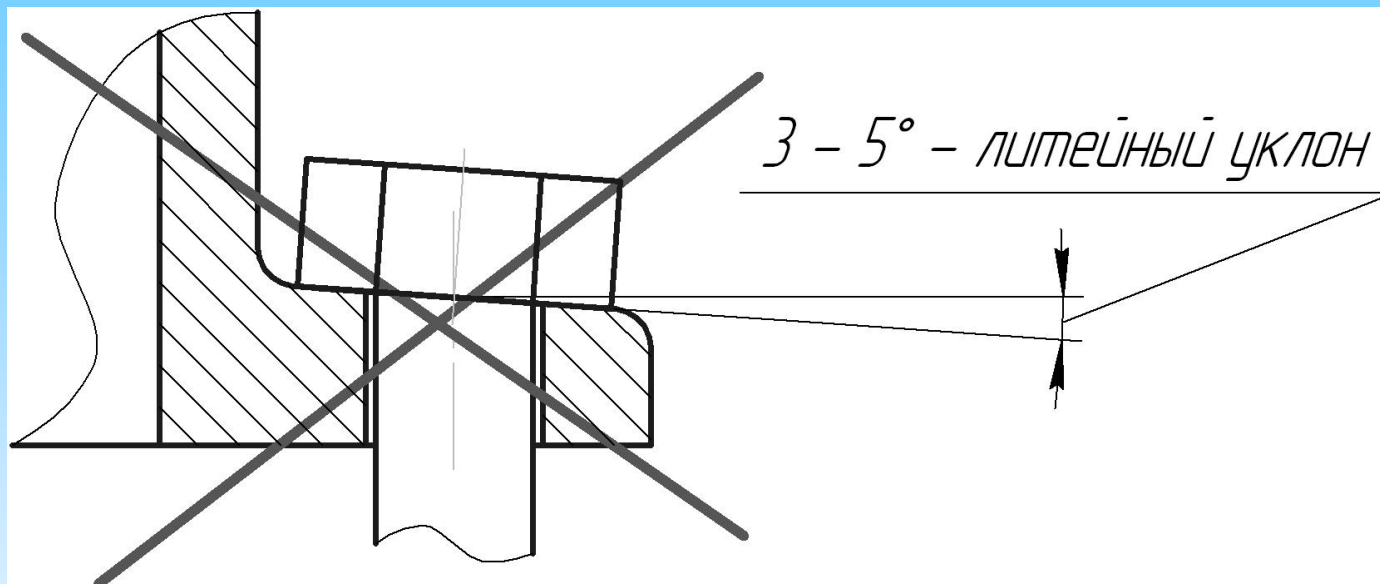
$$\varepsilon = \frac{0,5d}{\rho} \quad \text{— относительная деформация}$$

$$\rho = \frac{l}{\theta} \quad \text{— радиус кривизны}$$

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_P + \sigma_{II} = \frac{4 F_a}{\pi d_1^2} + E \frac{0,5d \theta}{l}.$$

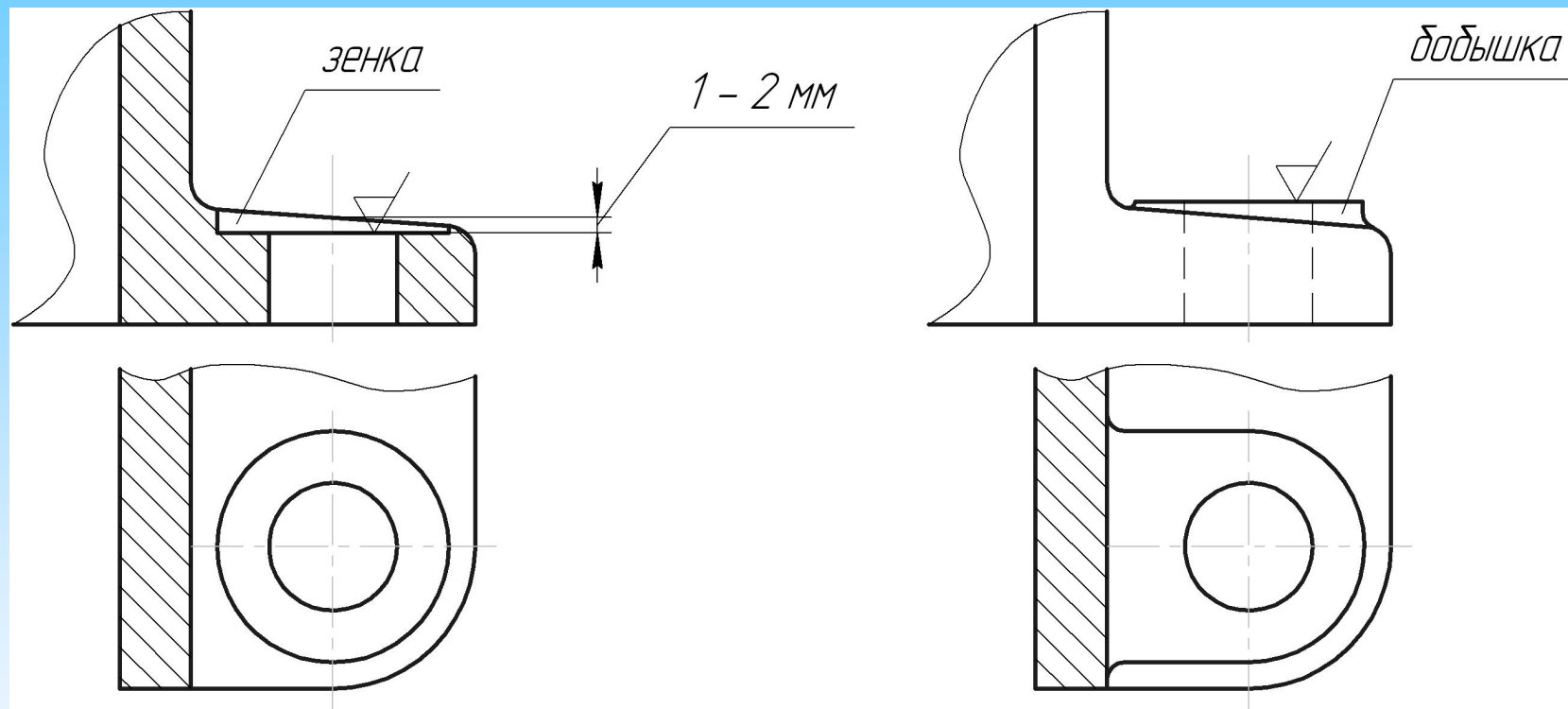
$$\frac{\sigma_{II}}{\sigma_P} = 7,5 \dots 9$$

## Соединения деталей машин

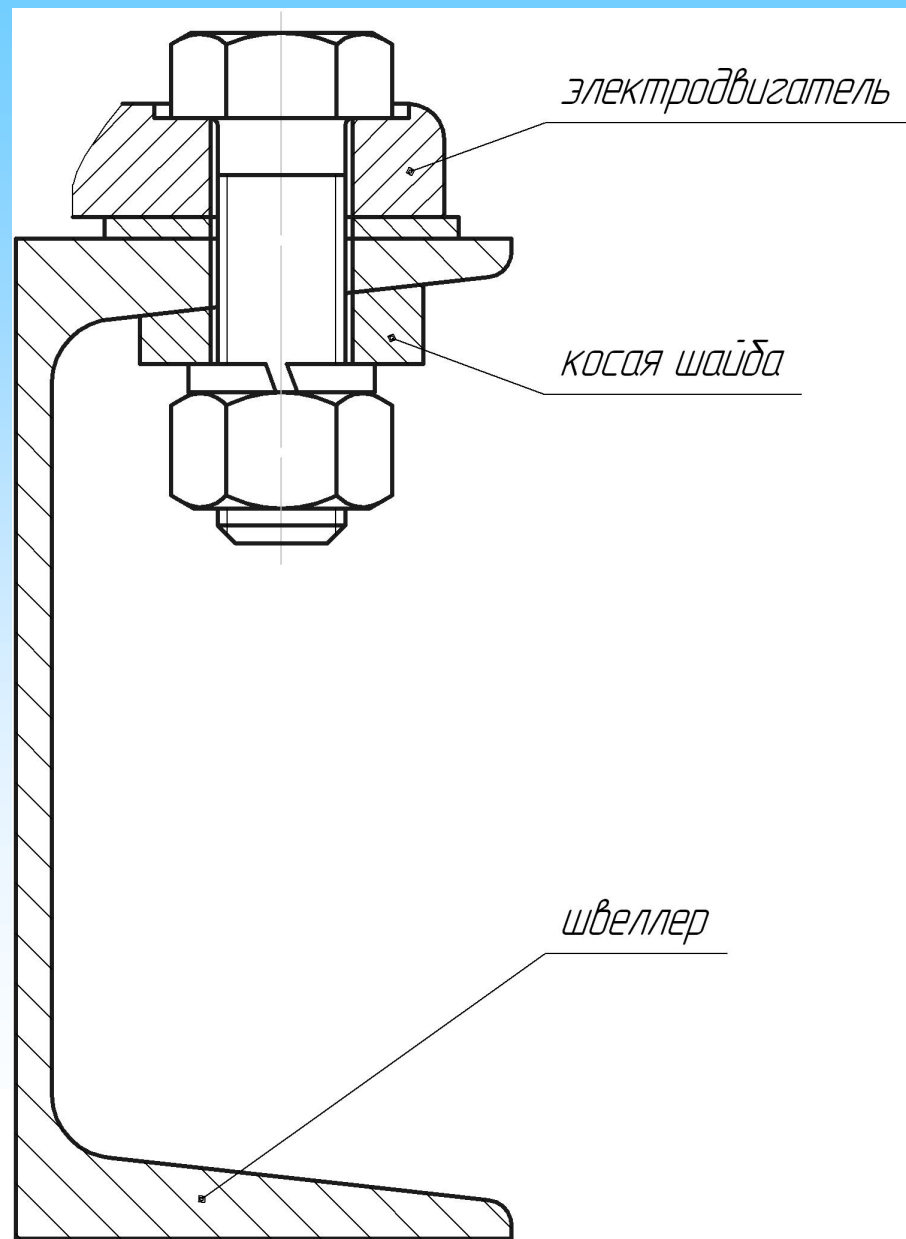




# Соединения деталей машин



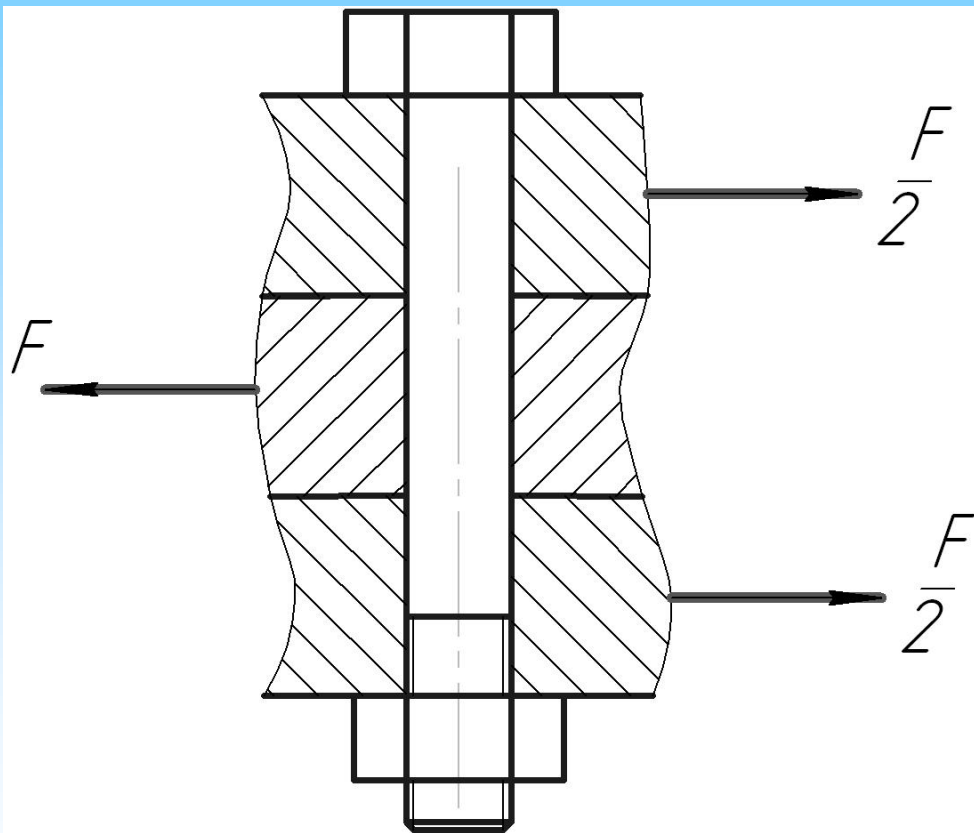
# Соединения деталей машин



## Соединения деталей машин

### Расчет болтов, нагруженных сдвигающим усилием

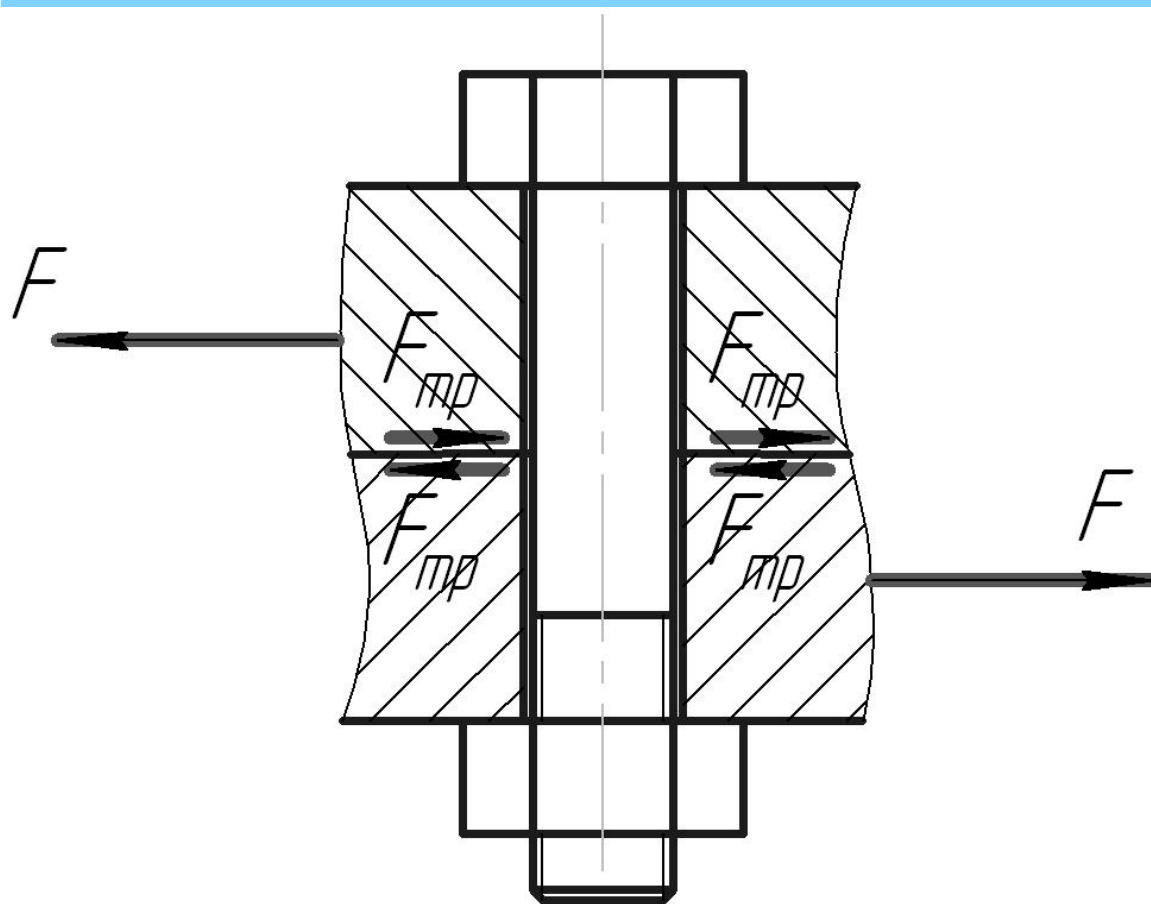
#### 1. Болт поставлен без зазора



$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{4F}{i \pi d_1^2} \leq [\tau_{cp}] \quad \Rightarrow \quad d_1 = \sqrt{\frac{4F}{i \pi [\tau_{cp}]}}$$

# Соединения деталей машин

## 2. Болт поставлен с зазором



$$F_{TP} \geq F$$

$$F_{TP} = 1,2 F$$

$$N \cdot f = 1,2 F$$

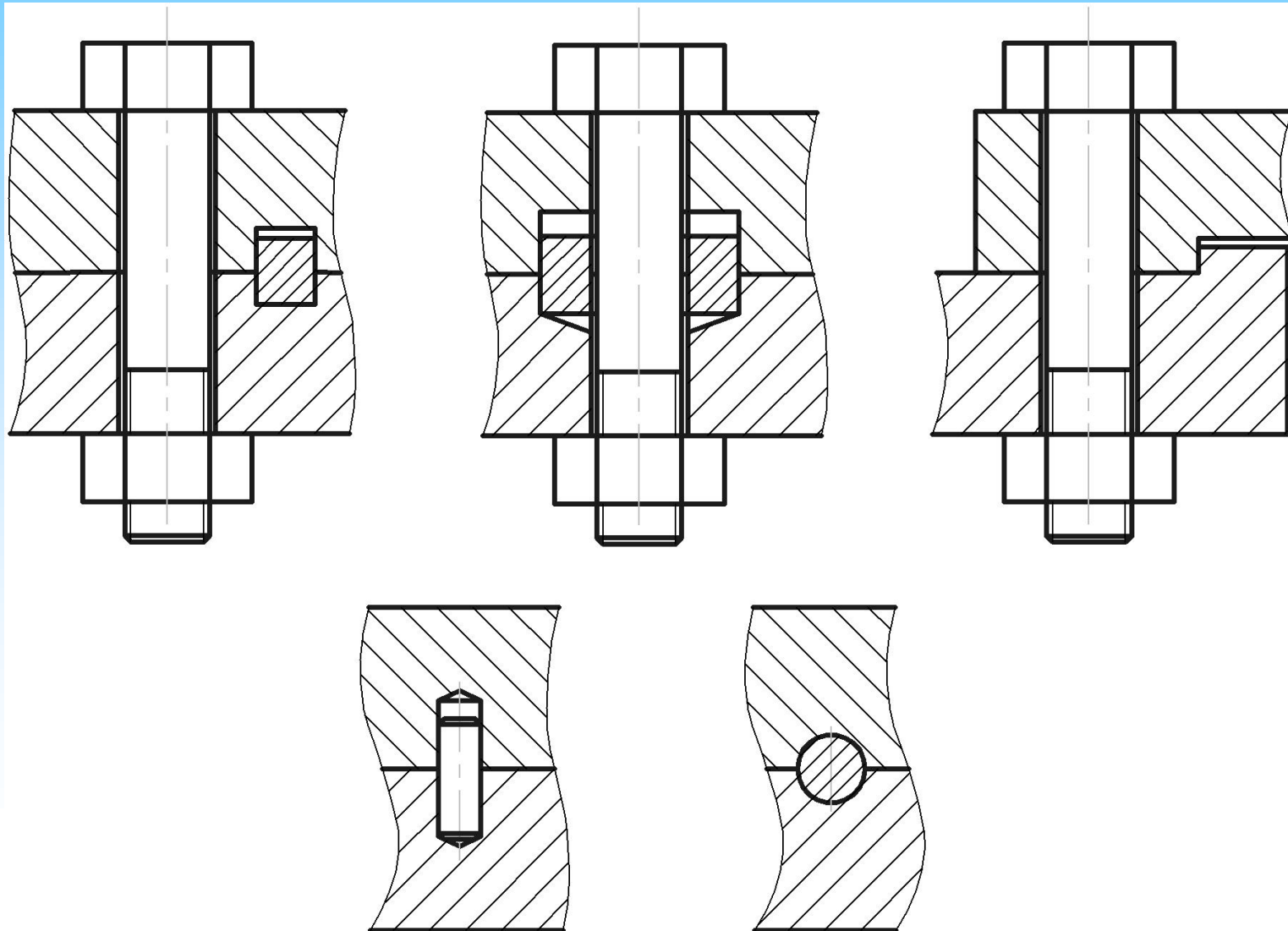
$$N = \frac{1,2 F}{f}$$

$$f = 0,1 \div 0,3$$

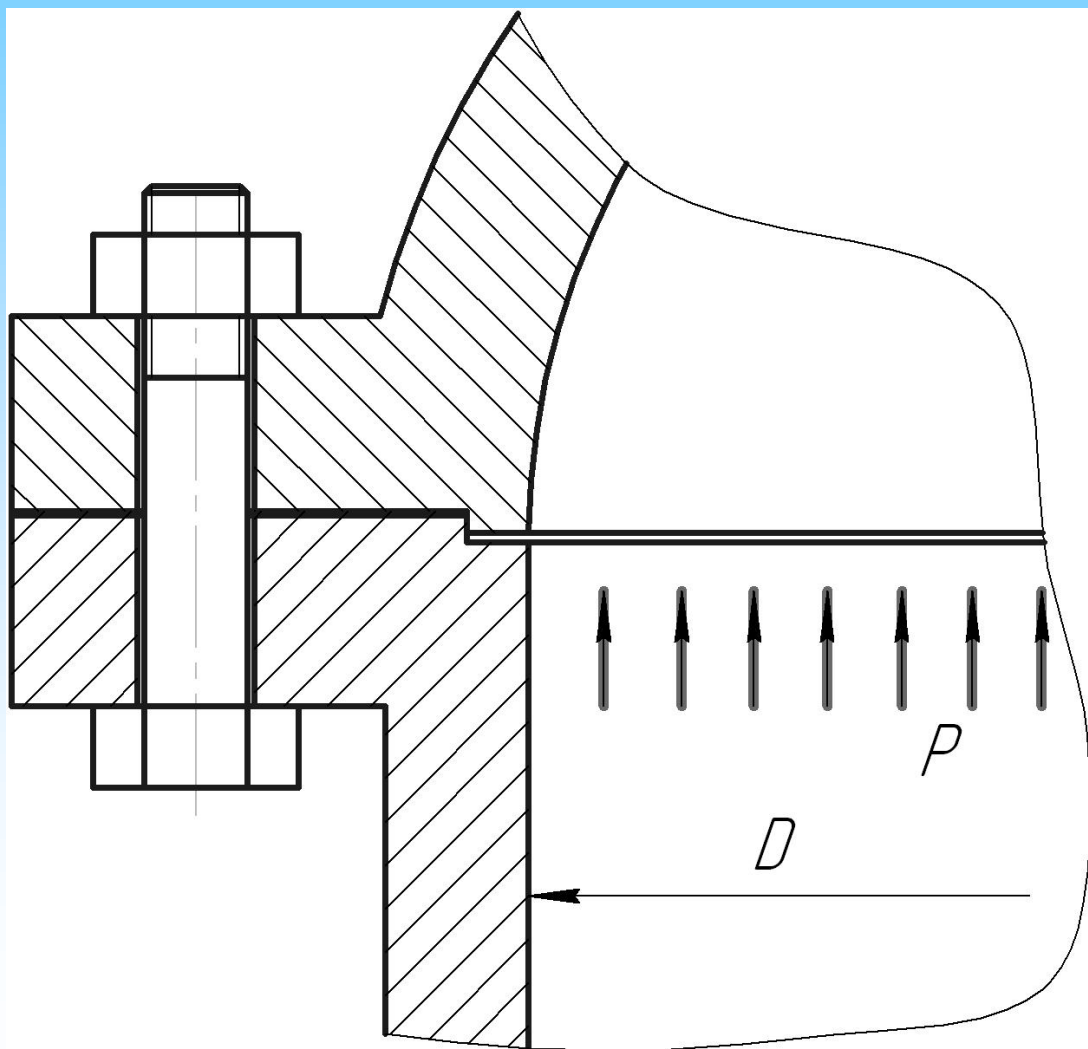
$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{4 \cdot 1,2 F}{\pi d_1^2 f} \leq [\sigma_P] \quad \Rightarrow \quad d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,2 F}{\pi [\sigma_P] f}}$$

# Соединения деталей машин

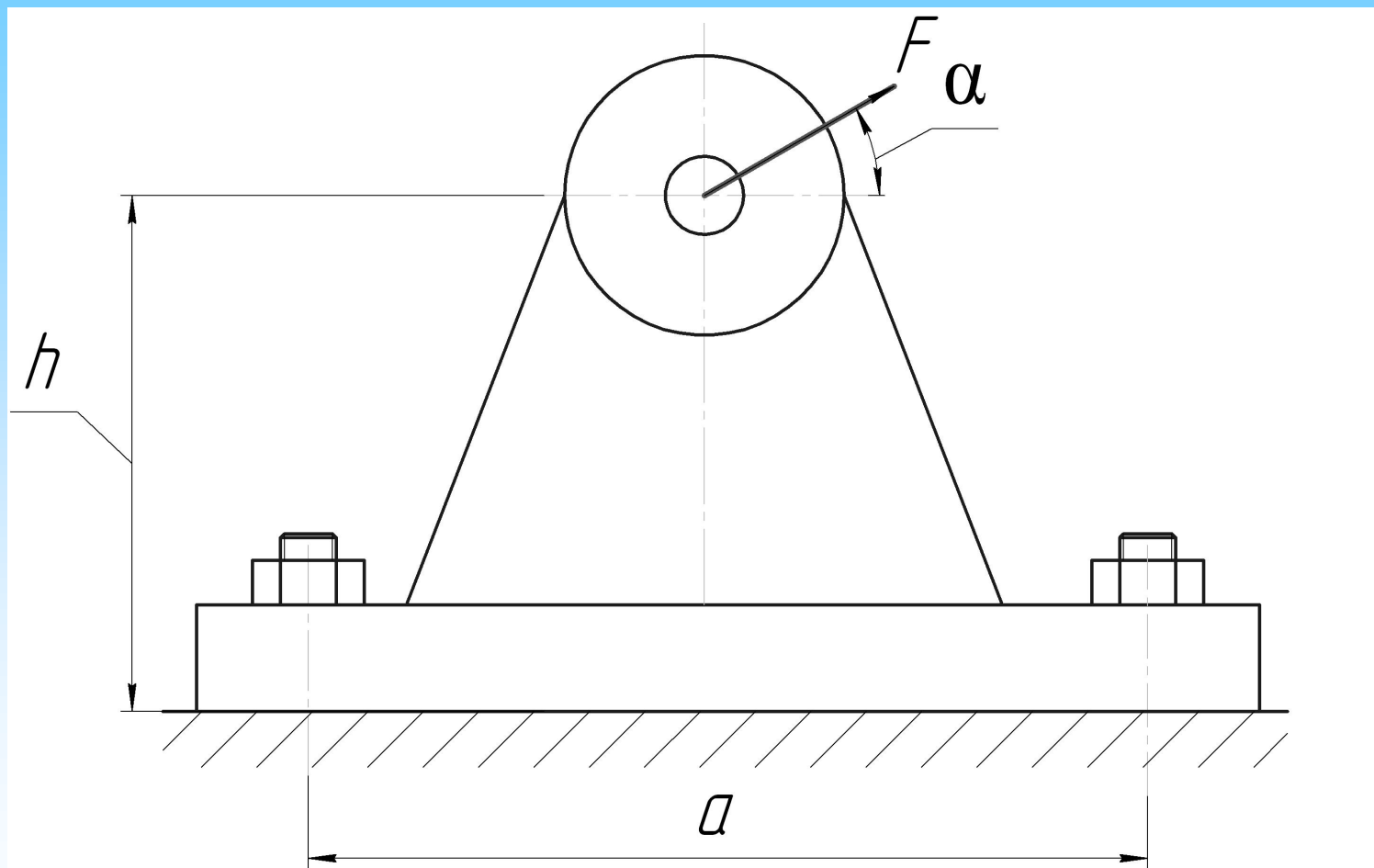
## Разгрузочные устройства



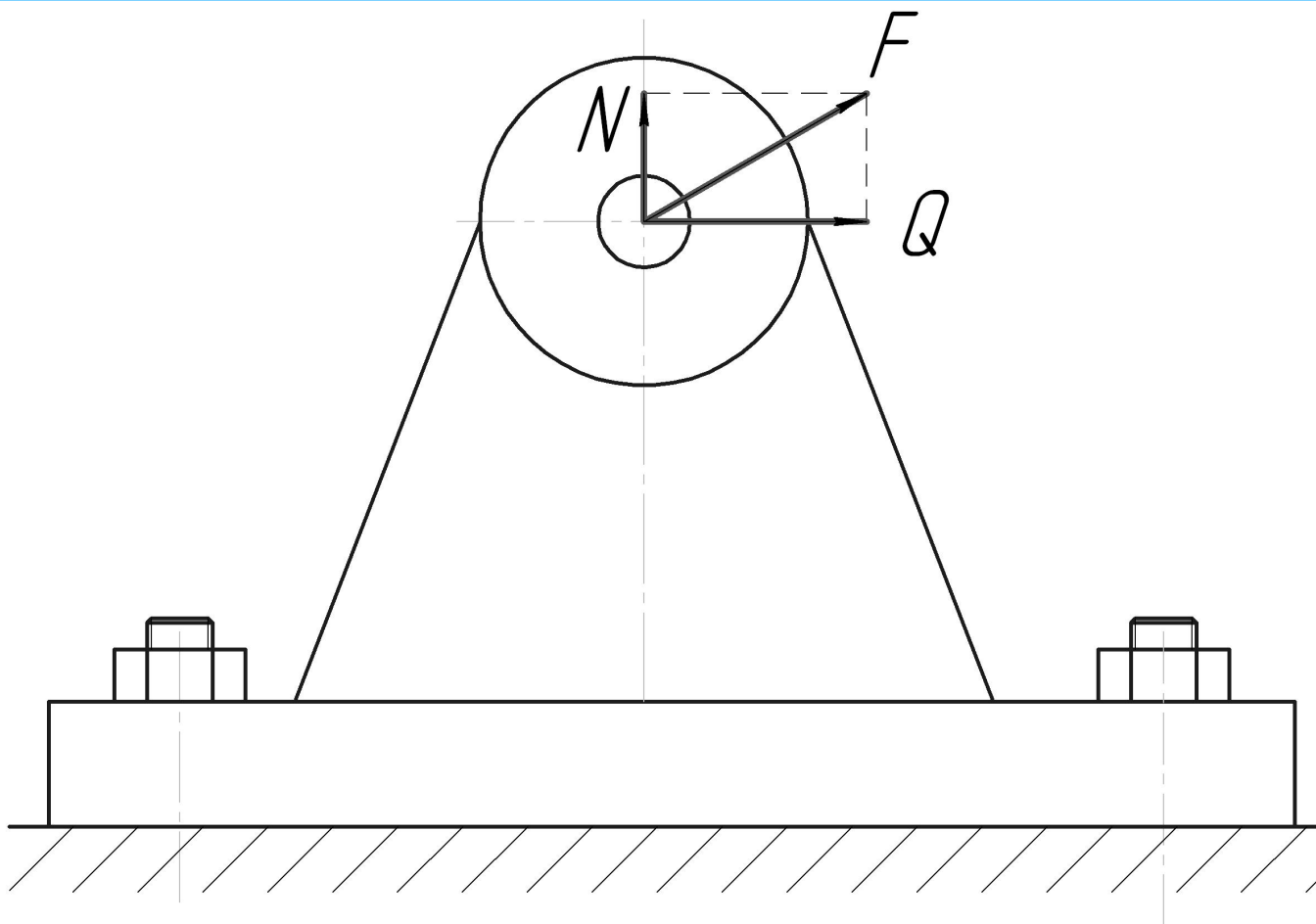
## 3. Расчет групп болтов



# Соединения деталей машин

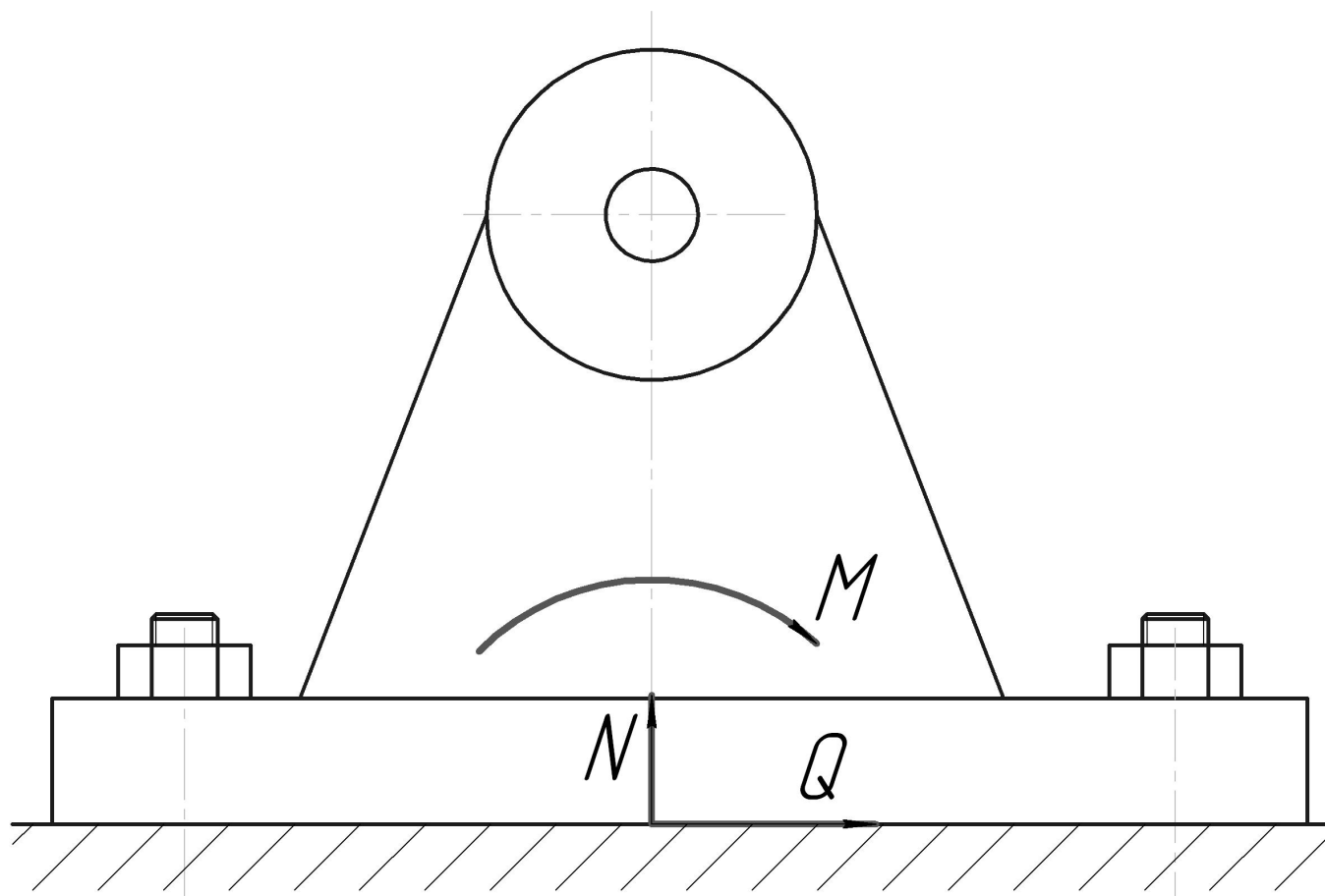


# Соединения деталей машин

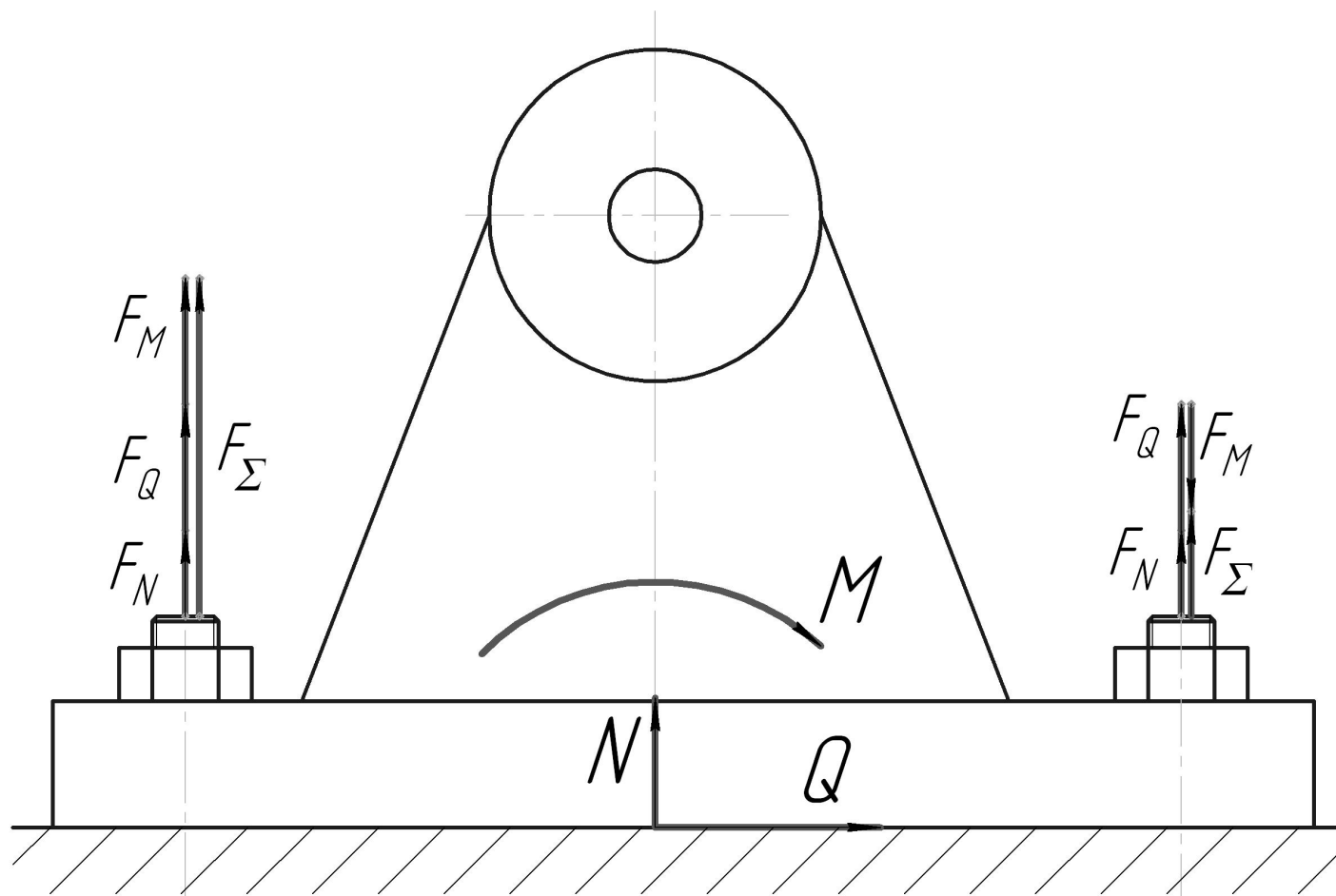




# Соединения деталей машин

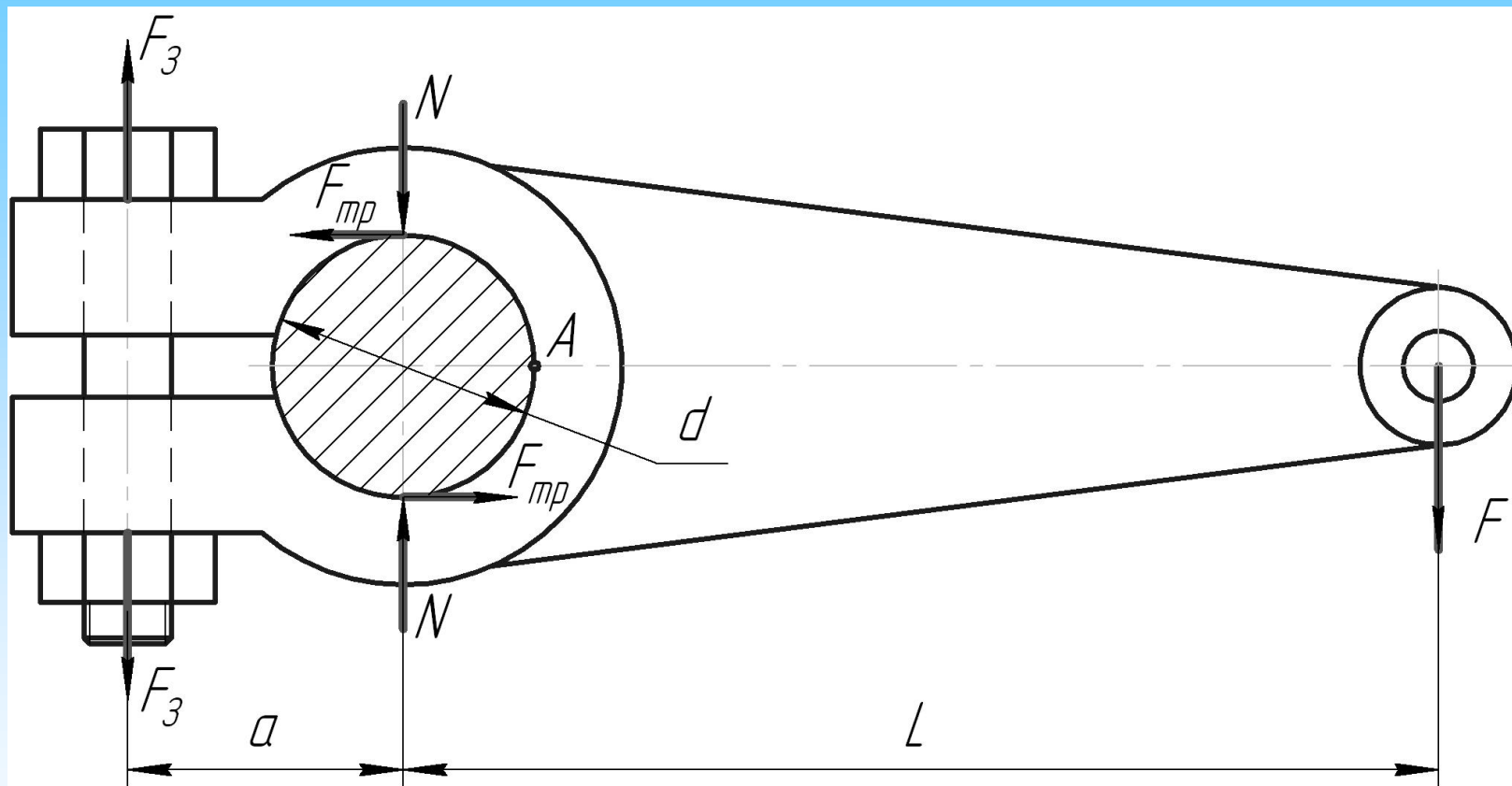


# Соединения деталей машин



# Соединения деталей машин

## Расчет клеммового соединения



$$F \cdot L = F_{mp} \cdot d \quad \Rightarrow \quad F \cdot L = N \cdot f \cdot d \quad \Rightarrow \quad N = \frac{F \cdot L}{f \cdot d}.$$

$$F_3 = 1,2 N \frac{d/2}{a + d/2}.$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{5,2 F_3}{\pi [\sigma_P]}}$$