



**САМАРСКИЙ** УНИВЕРСИТЕТ  
SAMARA UNIVERSITY

## **Детали механизмов и машин**

### **Лекция № 15**

**Доцент кафедры основ конструирования машин  
кандидат технических наук  
Барманов Ильдар Сергеевич**



**Соединения** – это неподвижные связи в технике, предназначенные для соединения деталей между собой и не допускающие их относительного движения.

**Соединения** разделяют на:

- **Разъемные** – соединения, которые можно разбирать без повреждения или разрушения деталей (резьбовые, шпоночные, шлицевые, штифтовые, клеммовые и др.);
- **Неразъемные** - соединения, которые нельзя разбирать без повреждения или разрушения деталей (сварные, клеевые, заклепочные, прессовые и др.).



**Резьбовые соединения разделяют на:**

**1. По форме профиля:**

- Треугольные;
- Круглые;
- Прямоугольные.



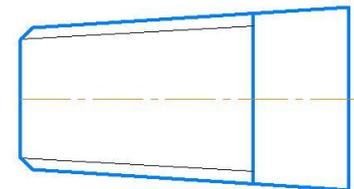
**2. По направлению винтовой линии:**

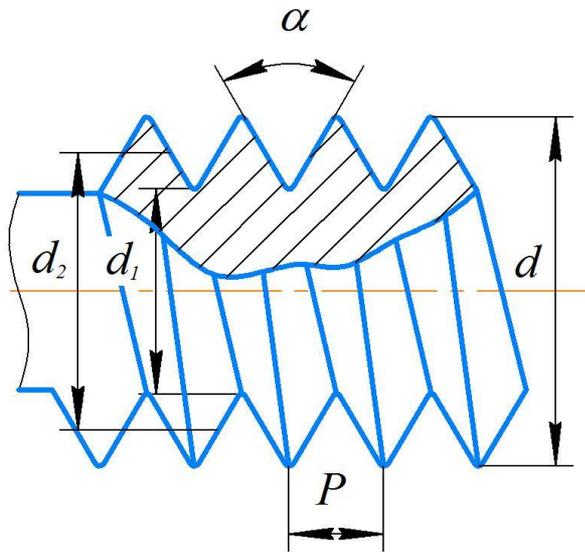
- Правые;
- Левые.



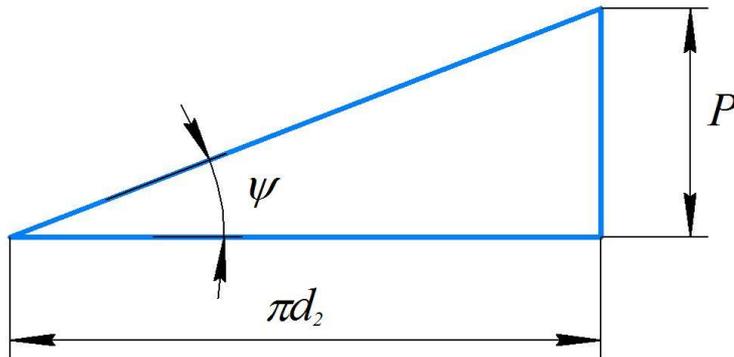
**3. По форме:**

- Цилиндрические;
- Конические.





$d_1$  – внутренний диаметр;  
 $d_2$  – средний диаметр;  
 $d$  – наружный диаметр;  
 $\psi$  – угол подъема витка;  
 $\alpha$  – угол профиля;  
 $P$  – шаг резьбы.

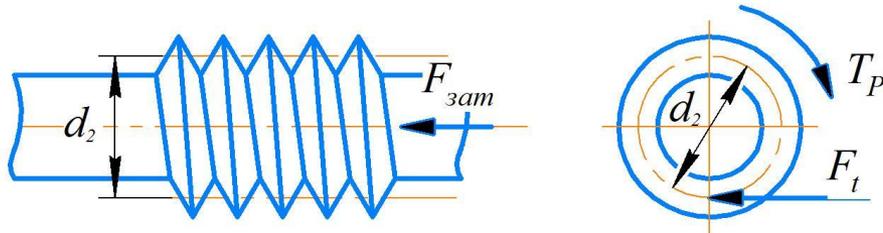


$$\operatorname{tg}\psi = \frac{P}{\pi d_2}$$

$$\psi = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi d_2}$$



# ТЕОРИЯ ВИНТОВОЙ ПАРЫ



$$T_{\text{кЛ}} = T_P + T_T = F_{\text{кЛ}} L_{\text{кЛ}}$$

$$T_P = F_t \frac{d_2}{2}$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{F_{mp}}{F'_n} = \frac{f F_n}{F_n \cos \frac{\alpha_n}{2}} = \frac{f}{\cos \frac{\alpha_n}{2}} = f'$$

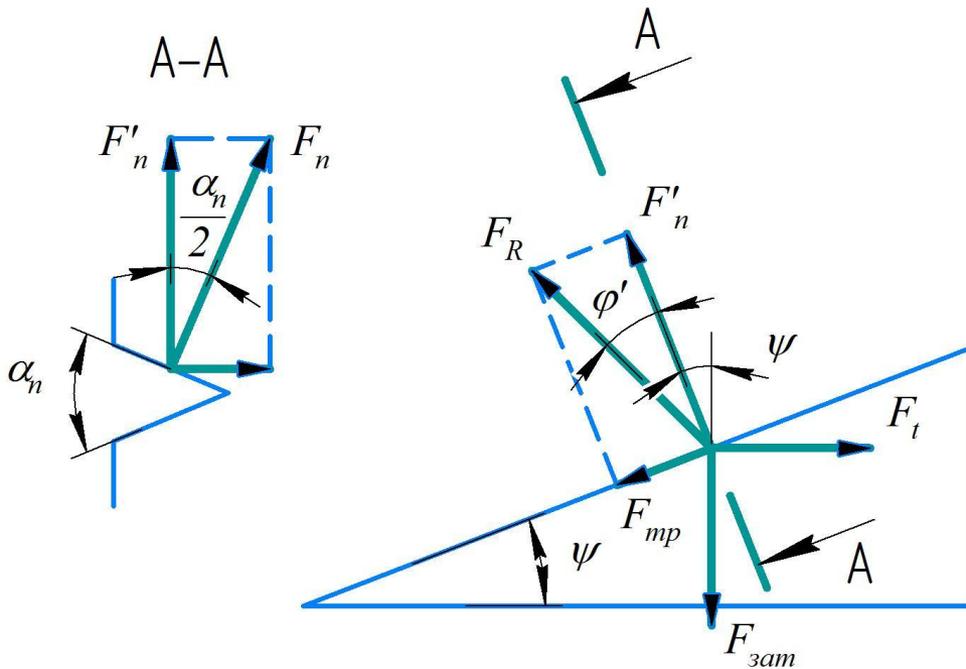
$$F_t = F_R \sin(\psi + \varphi')$$

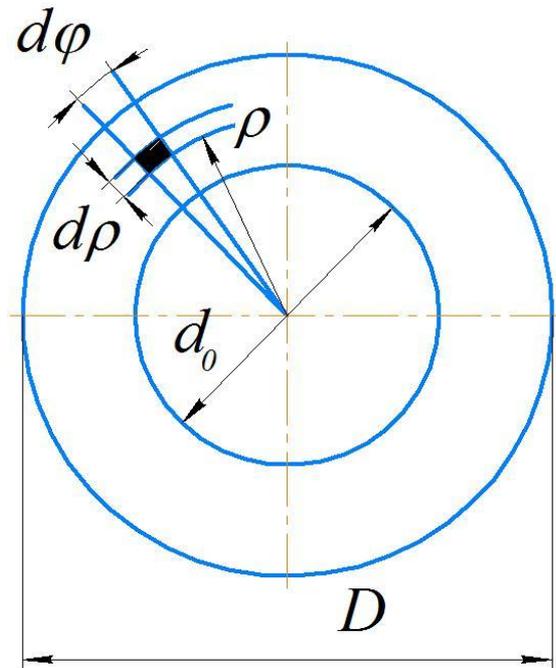
$$F_{\text{зам}} = F_R \cos(\psi + \varphi')$$

$$\frac{F_t}{F_{\text{зам}}} = \frac{F_R \sin(\psi + \varphi')}{F_R \cos(\psi + \varphi')} = \operatorname{tg}(\psi + \varphi')$$

$$F_{\text{зам}} = F \operatorname{tg}(\psi + \varphi')$$

$$T_P = F_t \frac{d_2}{2} = F_{\text{зам}} \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\psi + \varphi')$$





$$dA = d\rho \cdot d\varphi \cdot \rho = d\varphi \cdot \rho \cdot d\rho$$

$$dF_n = p \cdot dA = p \cdot d\varphi \cdot \rho \cdot d\rho$$

$$dF_{mp} = f \cdot dF_n = f \cdot p \cdot d\varphi \cdot \rho \cdot d\rho$$

$$dT_{\text{вп}} = dF \cdot \rho = f \cdot p \cdot d\varphi \cdot \rho^2 \cdot d\rho$$

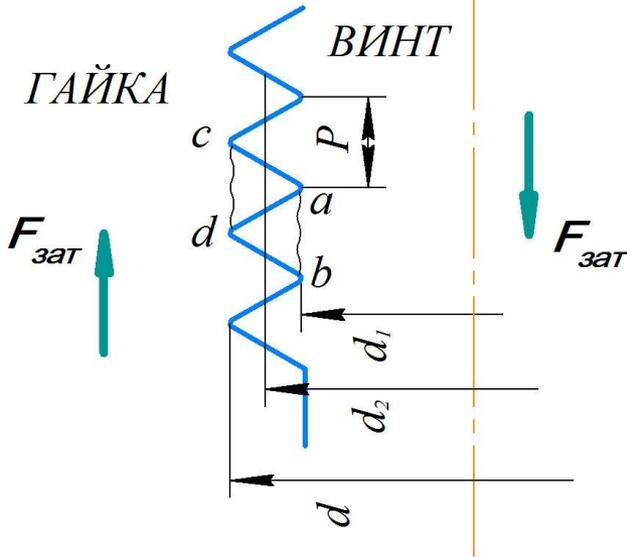
$$\begin{aligned} T_T &= \iiint f \cdot p \cdot d\varphi \cdot \rho^2 \cdot d\rho = f \cdot p \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{\frac{d_0}{2}}^{\frac{D}{2}} \rho^2 \cdot d\rho = \\ &= f \cdot p \cdot \varphi \Big|_0^{2\pi} \cdot \frac{\rho^3}{3} \Big|_{\frac{d_0}{2}}^{\frac{D}{2}} = 2\pi f \cdot p \cdot \frac{1}{3} \left[ \left( \frac{D}{2} \right)^3 - \left( \frac{d_0}{2} \right)^3 \right] = \\ &= \frac{\pi}{12} f \cdot p (D^3 - d_0^3) \end{aligned}$$

$$p = \frac{F_{\text{зам}}}{A} = \frac{4F_{\text{зам}}}{\pi (D^2 - d_0^2)}$$

$$T_T = \frac{1}{3} F_{\text{зам}} f \frac{(D^3 - d_0^3)}{(D^2 - d_0^2)}$$



# РАСЧЕТ ВИТКОВ НА ПРОЧНОСТЬ. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ВИТКАМИ



$$\sigma_{см} = \frac{F_{зат}}{\pi d_2 h z} \leq [\sigma_{см}]$$

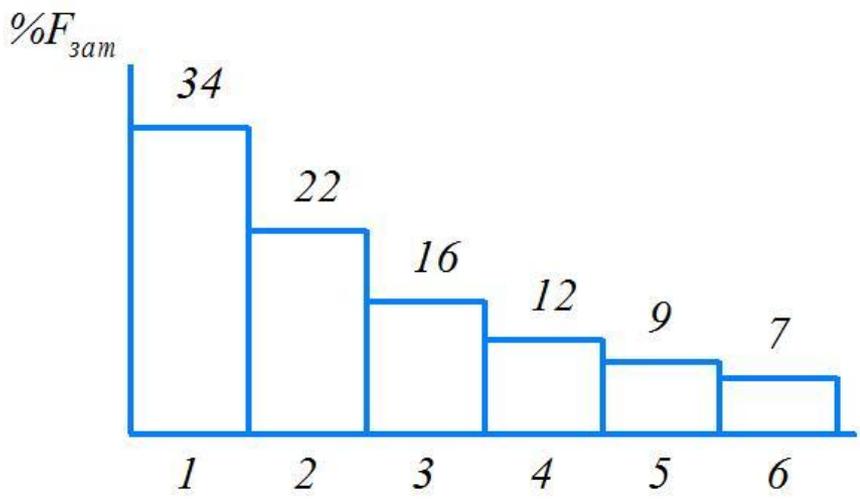
$$h = \frac{d - d_1}{2}$$

$$z = \frac{H}{P} = \frac{0,8d}{P} = 6$$

$$\tau_B = \tau_{ab} = \frac{F_{зат}}{\pi d_1 k k_m H} \leq [\tau]$$

$$\tau_T = \tau_{cd} = \frac{F_{зат}}{\pi d k k_m H} \leq [\tau]$$

$$k = \frac{ab}{P} = \frac{cd}{P}$$

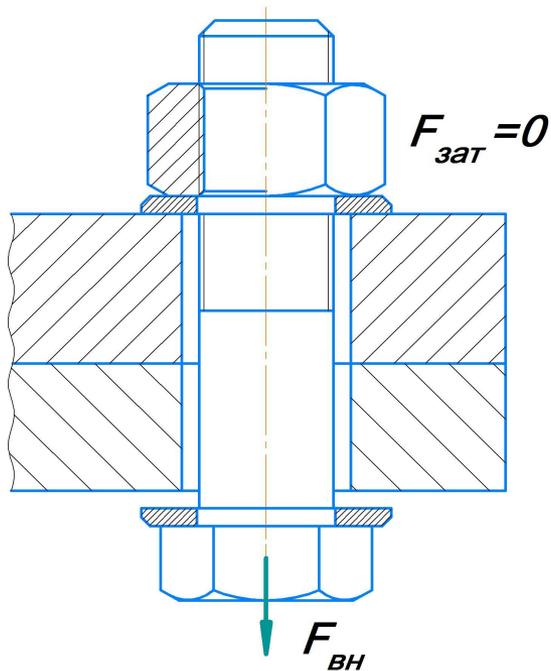


$k \approx 0,85$  для треугольных резьб  
 $k = 0,65$  для трапецидальных резьб  
 $k = 0,5$  для прямоугольных резьб

$$k_m \approx 0,6...0,7$$

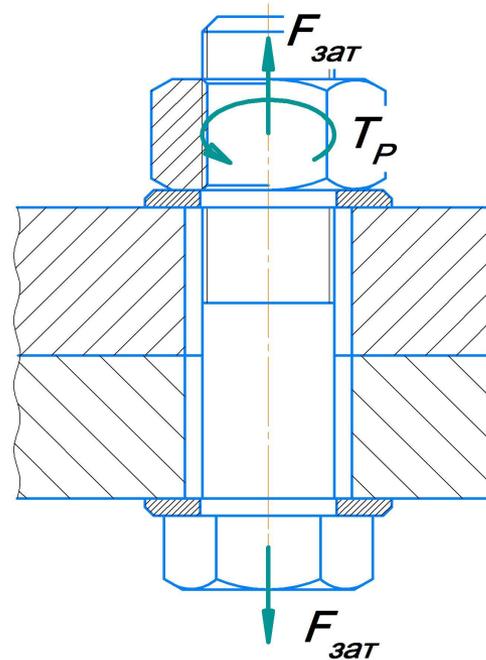


## Ненапряженное резьбовое соединение



$$\sigma_p = \frac{4F_{вн}}{\pi d_1^2} \leq [\sigma]$$

## Напряженное резьбовое соединение



$$\sigma_p = \frac{4F_{зат}}{\pi d_1^2}$$
$$\tau = \frac{T_P}{W_\rho}$$

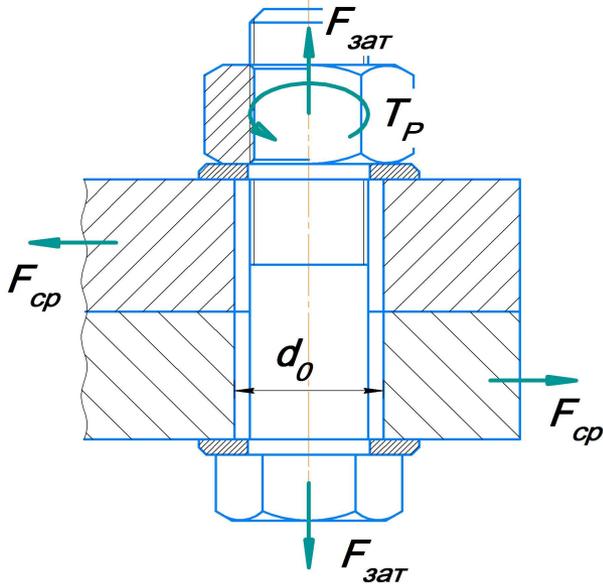
$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{экв} = k\sigma_p \approx (1,25 \dots 1,35)\sigma_p$$



# РАСЧЕТ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ

**Напряженное резьбовое соединение с зазором, работающее на срез**

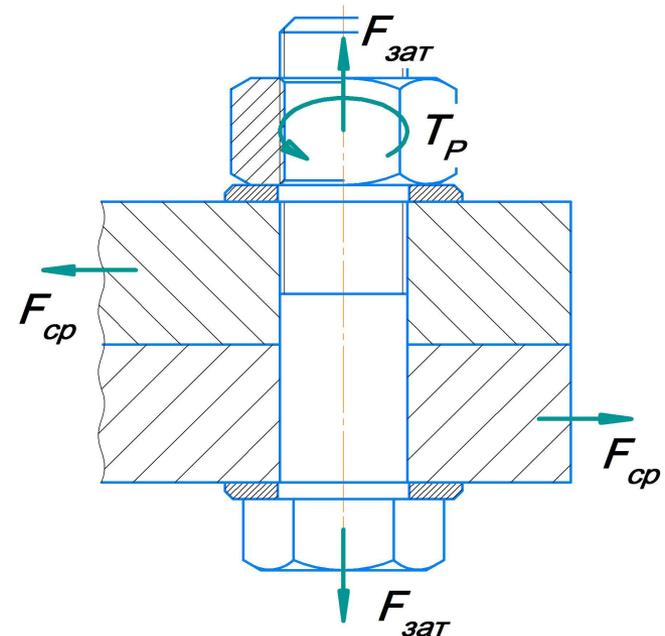


$$F_{тр} = fF_{зат} > F_{ср} K_{сц}$$

$$\sigma_p = \frac{4F_{зат}}{\pi d_1^2}; \tau = \frac{T_p}{W_p}$$

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_p^2 + 3\tau^2} = (1,25 \dots 1,35) \sigma_p \leq [\sigma]$$

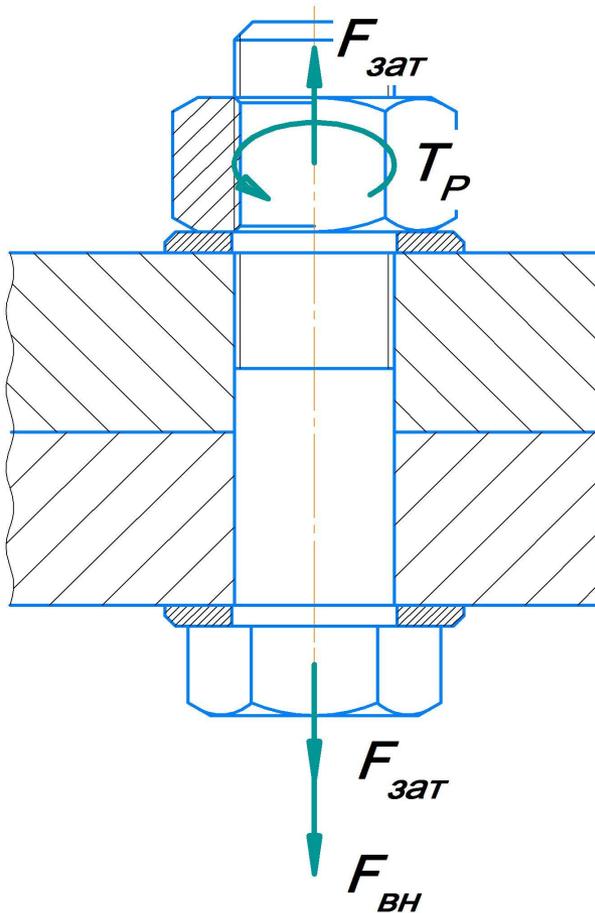
**Напряженное резьбовое соединение БЕЗ зазора, работающее на срез**



$$\tau = \frac{4F_{ср}}{\pi d_1^2} \leq [\tau]$$



## Напряженное резьбовое соединение, нагруженное внешней силой



$$F_{cm} > 0$$

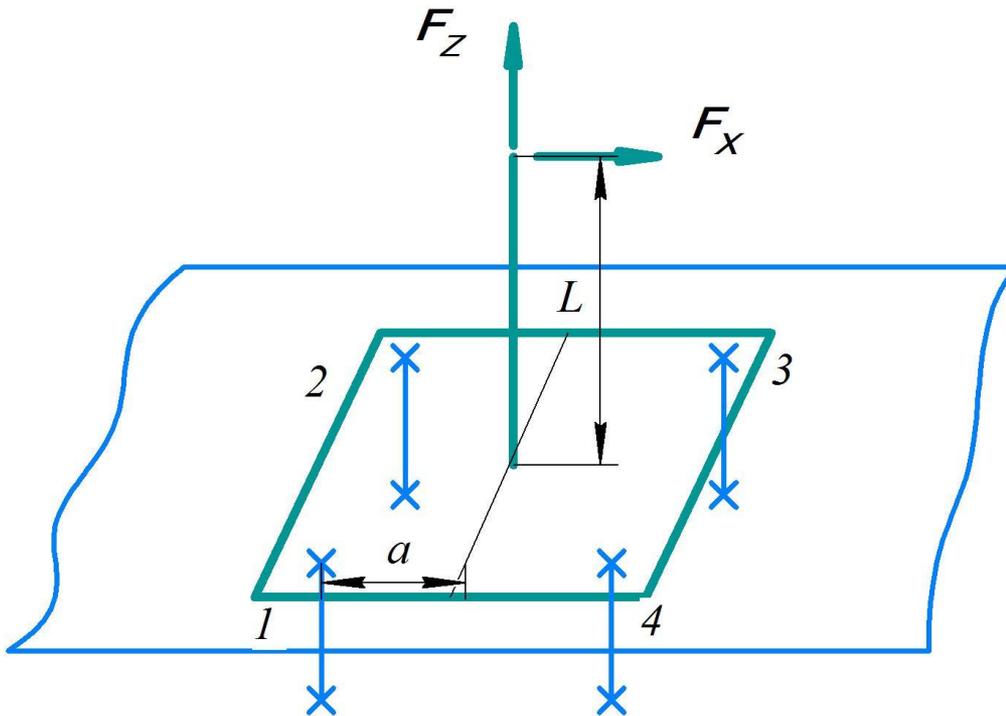
$$F_p = (1,25 \dots 1,35) F_{зат} + \chi F_{вн}$$

$$\chi = \frac{\lambda_{дет}}{\lambda_{дет} + \lambda_{см}}$$

$$\chi \approx 0,2 \dots 0,3$$



## Напряженное резьбовое соединение, нагруженное внешней силой



$$F_{Zi} = \frac{F_Z}{4}$$

$$F_{Xi} = \frac{F_X L}{2a}$$

$$F_{\Sigma 1,2} = F_{Zi} + F_{Xi}$$

$$F_p = \frac{F_X}{4}$$