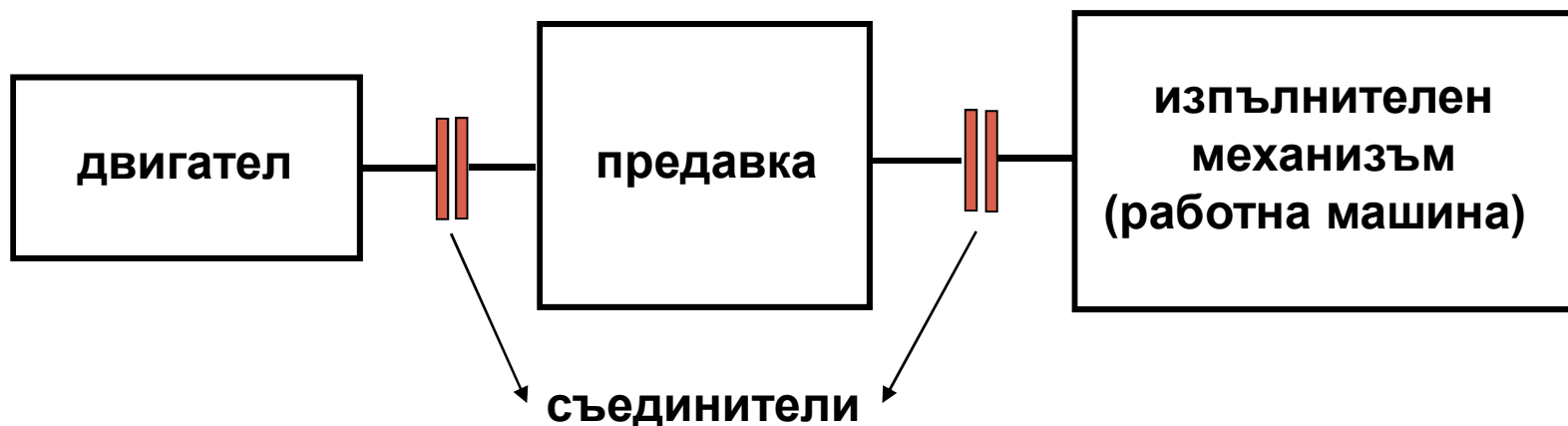


Въпрос № 1

**СЪЕДИНИТЕЛИ – ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ И
КЛАСИФИКАЦИЯ. ТВЪРДИ СЪЕДИНИТЕЛИ –
ВТУЛКОВ И ДИСКОВ – ИЗЧИСЛИТЕЛЕН МОМЕНТ,
КОНСТРУКТИВНИ ОСОБЕНОСТИ И ЯКОСТНА
ПРОВЕРКА**

СЪЕДИНИТЕЛИ

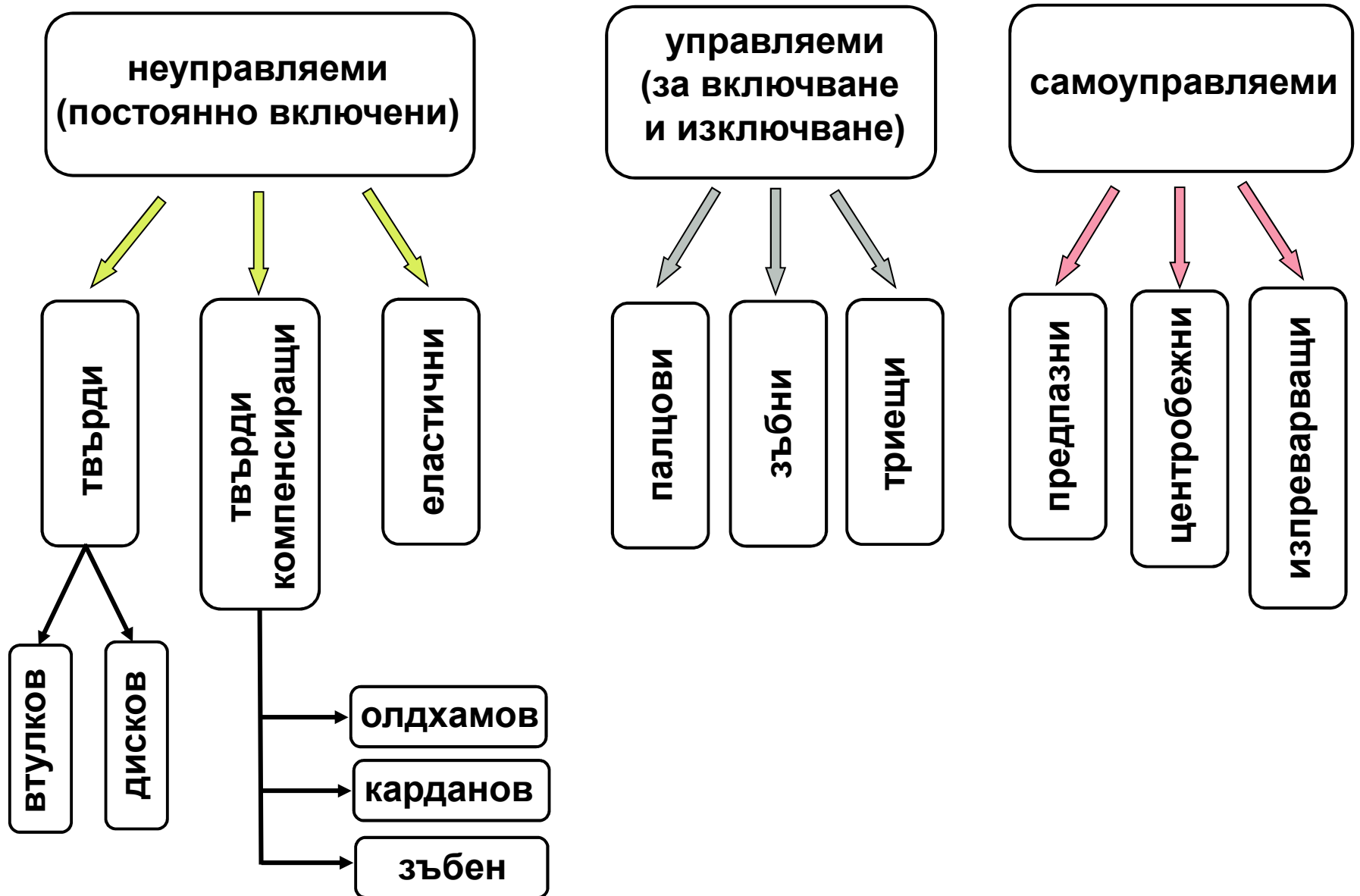
Схема на машинен агрегат



Предназначение на съединителите :

- осъществяват силова и кинематична връзка между елементите на машинния агрегат
- осигуряват включване и изключване на силовата верига
- компенсират неточности в изработването и монтажа на елементите на агрегата
- предпазват от претоварване и гасят динамични смущения
- ограничават оборотите на въртене

Класификация на съединителите

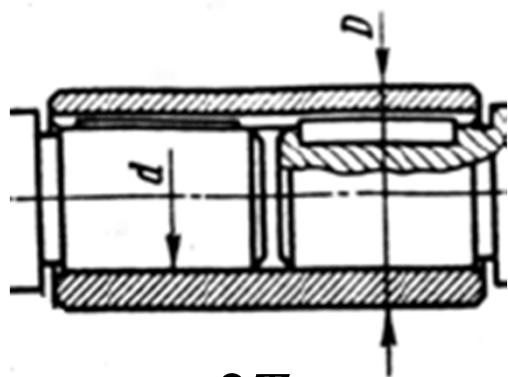


Твърди съединители

Област на приложение – за свързване на бавновъртящи се
съосни валове

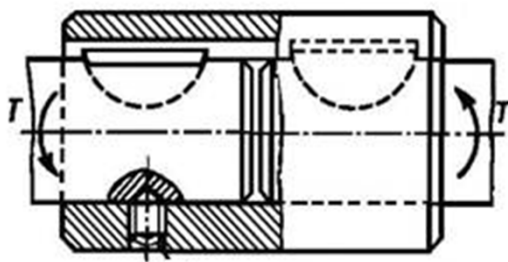
Изчислителен момент $T_{изч} = KT_{ном}$
 K - коефициент на режима на работа

Втулков (гилзов) съединител



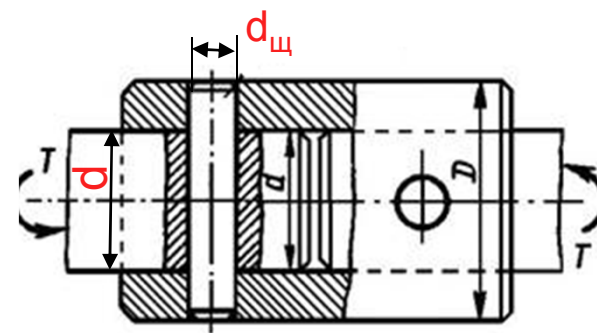
$$\sigma_{см} = \frac{2T_{изч}}{dkl} \leq [\sigma_{см}]$$

$$\tau_{ср} = \frac{2T_{изч}}{dbl} \leq [\tau_{ср}]$$



$$\tau_{ус} = \frac{T_{изч}}{W_{ус}} \leq [\tau_{ус}]$$

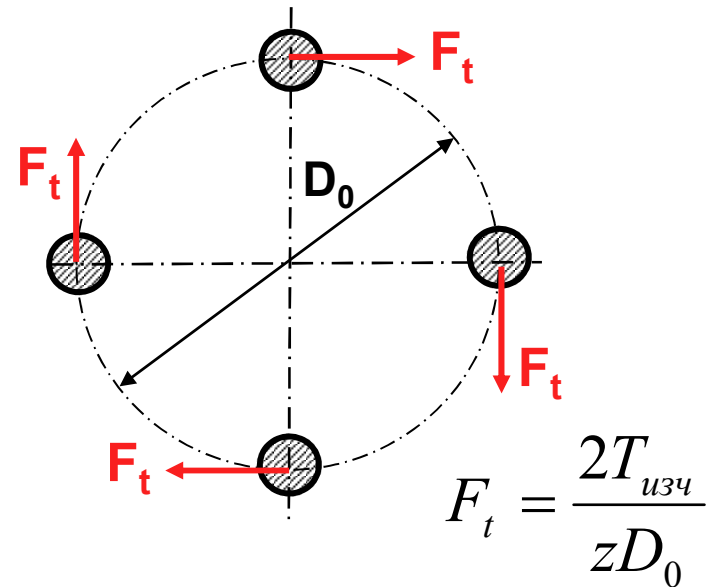
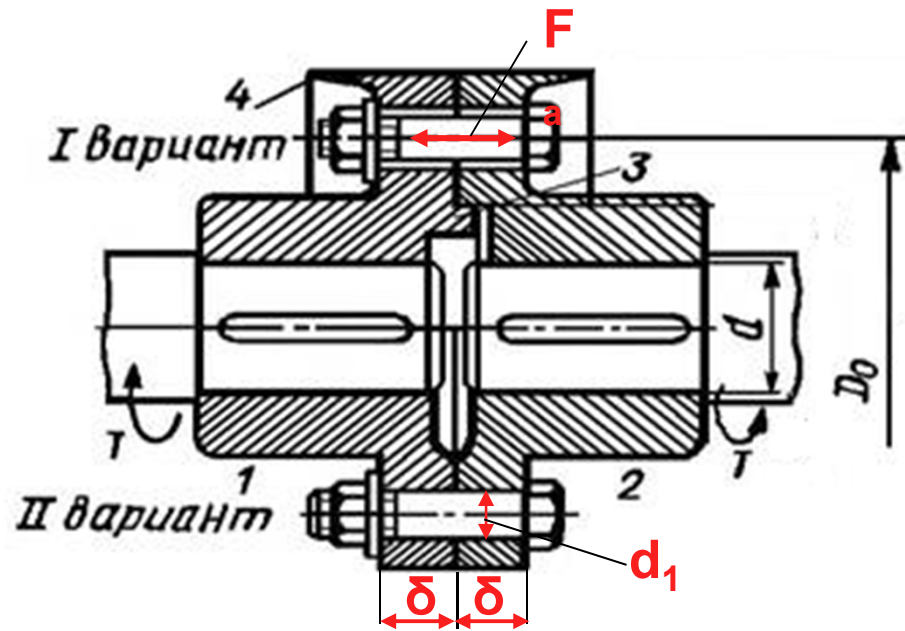
$$W_{ус} = \frac{\pi}{16D} (D^4 - d^4)$$



$$\tau_{ср} = \frac{4T_{изч}}{d\pi d_{щ}^2} \leq [\tau_{ср}]$$

$$d_{щ} \geq \sqrt{\frac{4T_{изч}}{\pi d [\tau_{ср}]}}$$

Дисков съединител



I вариант – с непасвани болтове

$$T_{mp} = F_{mp} \frac{D_0}{2} z = \mu F_a \frac{D_0}{2} z \geq T_{изч}$$

$$F_a \geq \frac{2T_{изч}}{\mu D_0 z}$$

II вариант – с пасвани болтове

$$\tau_{cp} = \frac{4F_t}{\pi d_1^2} = \frac{8T_{изч}}{\pi d_1^2 z D_0} \leq [\tau_{cp}]$$

$$\sigma_{cm} = \frac{F_t}{d_1 \delta} = \frac{2T_{изч}}{d_1 \delta z D_0} \leq [\sigma_{cm}]$$

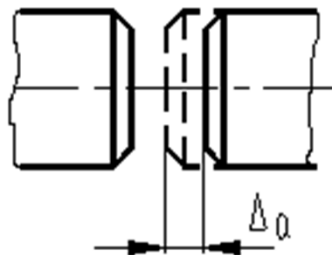
Въпрос № 2

**ТВЪРДИ КОМПЕНСИРАЩИ СЪЕДИНИТЕЛИ –
ОЛДХАМОВ , КАРКАНОВ И ЗЪБЕН –
КИНЕМАТИЧНИ ОСОБЕНОСТИ И ЯКОСТНА
ПРОВЕРКА**

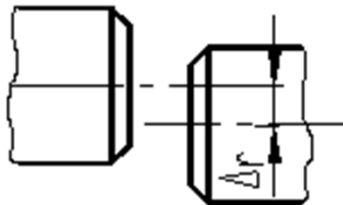
Твърди компенсирани съединители

Възможни компенсации на неточности в разположението на валове

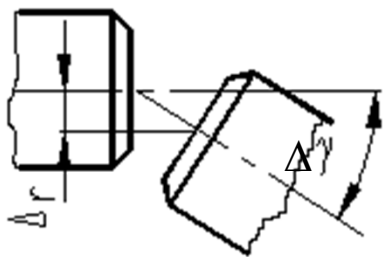
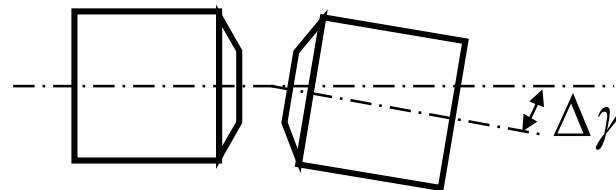
осова



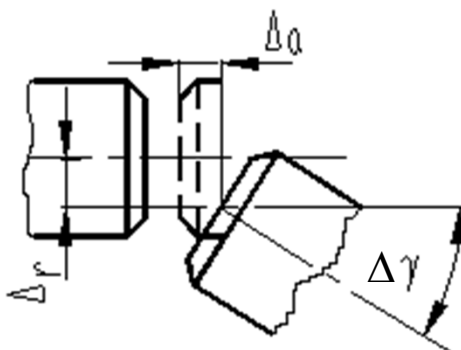
радиална



ъглова



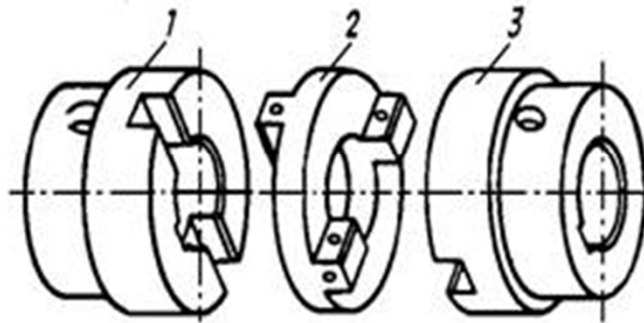
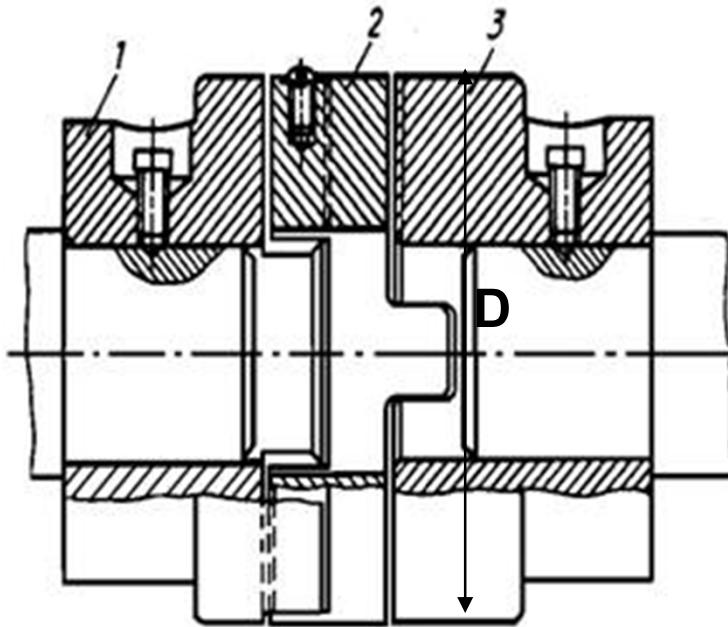
$$\Delta r + \Delta \gamma$$



$$\Delta r + \Delta \gamma + \Delta a$$

комбинирани

Съединител с кръстата кулиса (Олдхамов съединител)



$$\Delta r \leq 0,04D$$

$$\Delta x \leq 2mm$$

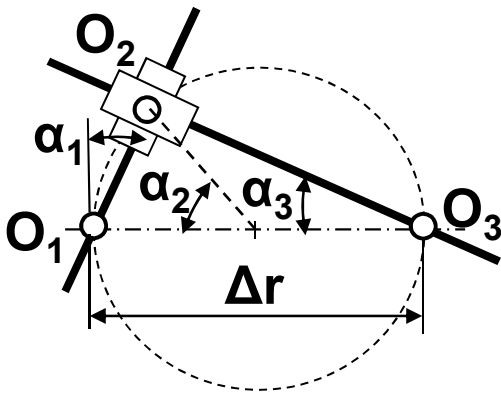
$$\Delta \gamma \leq 1^\circ$$

O_1 - ос на въртене на диск 1

O_2 - ос на въртене на кулисата

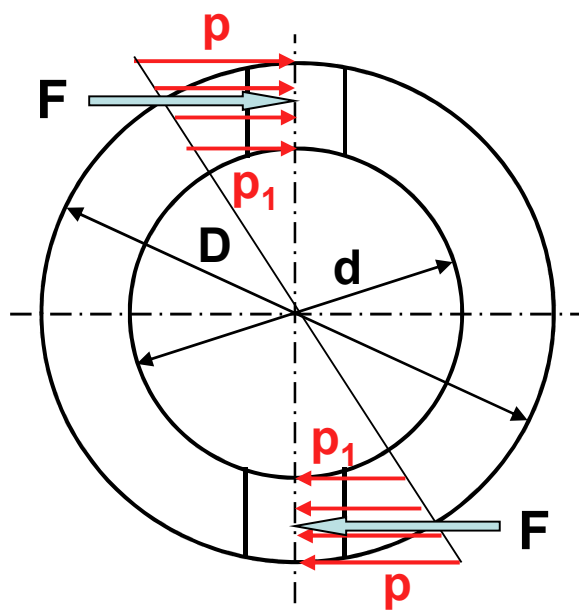
O_3 - ос на въртене на диск 3

$$\alpha_2 = 2\alpha_1 = 2\alpha_3$$



Област на приложение – при нискооборотни валове с радиално изместване на осите

Основна причина за откази – износване по страничните стени на зъбите на кулисата и на каналите в дисковете



h- дълбочина на канала

$$\frac{D}{d} = 2,5 \div 3$$

$$p_{\max} \leq [p]$$

$$T_{\text{изч}} = F D_{\text{ср}}$$

$$T_{\text{изч}} = 2 \left(\frac{1}{2} p \frac{D}{2} \frac{2}{3} \frac{D}{2} h - \frac{1}{2} p_1 \frac{d}{2} \frac{2}{3} \frac{d}{2} h \right)$$

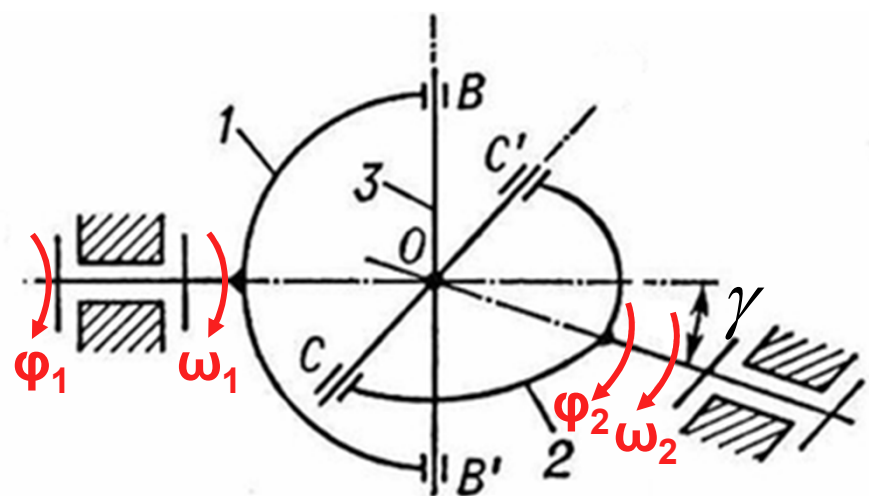
$$T_{\text{изч}} = \frac{h}{6} (D^2 p - d^2 p_1)$$

$$\frac{p}{p_1} = \frac{D}{d}$$

$$p = \frac{6 T_{\text{изч}} D}{(D^3 - d^3) h} \leq [p]$$



Карданов съединител (шарнир на Хук)

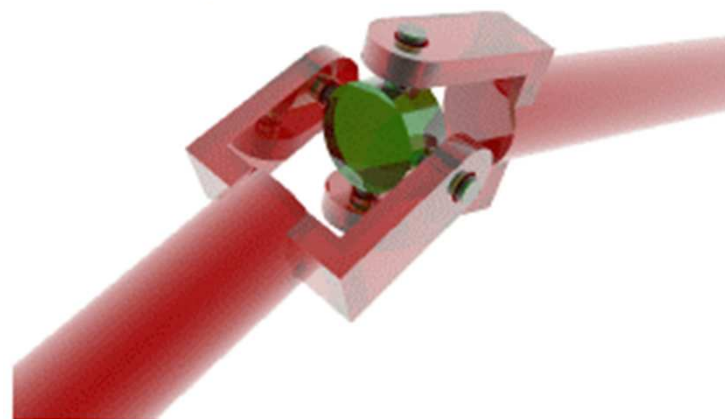


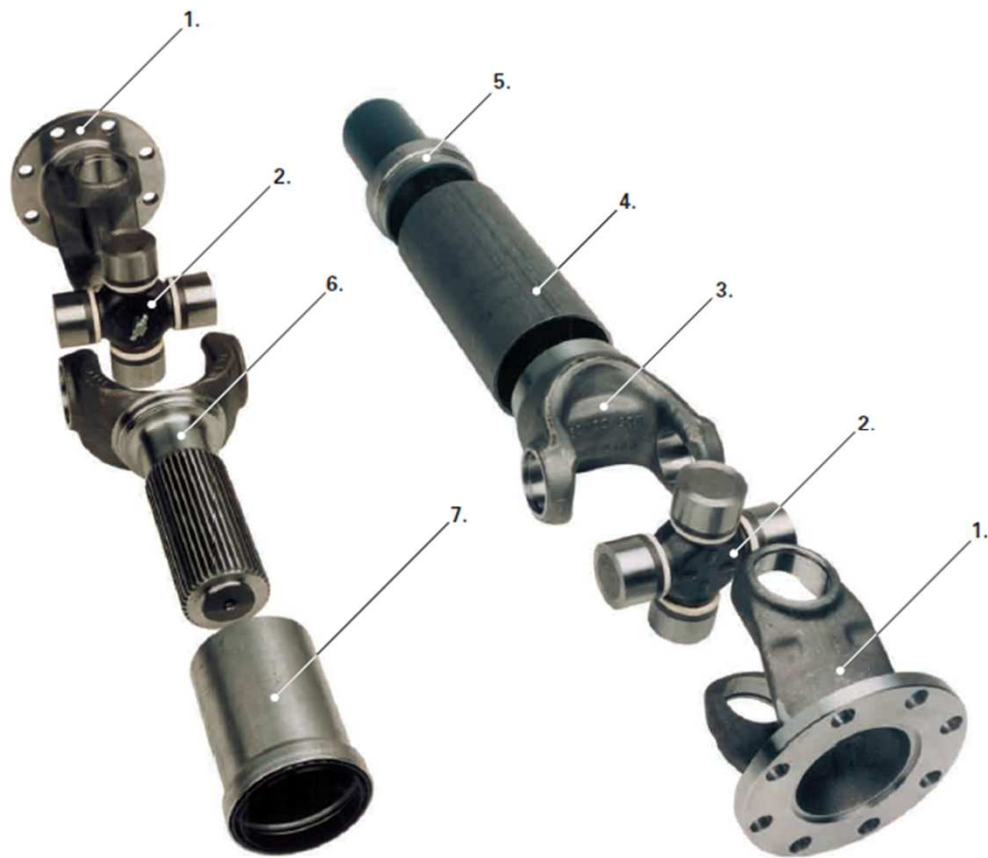
$$\gamma \leq 45^{\circ}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\cos \gamma}$$

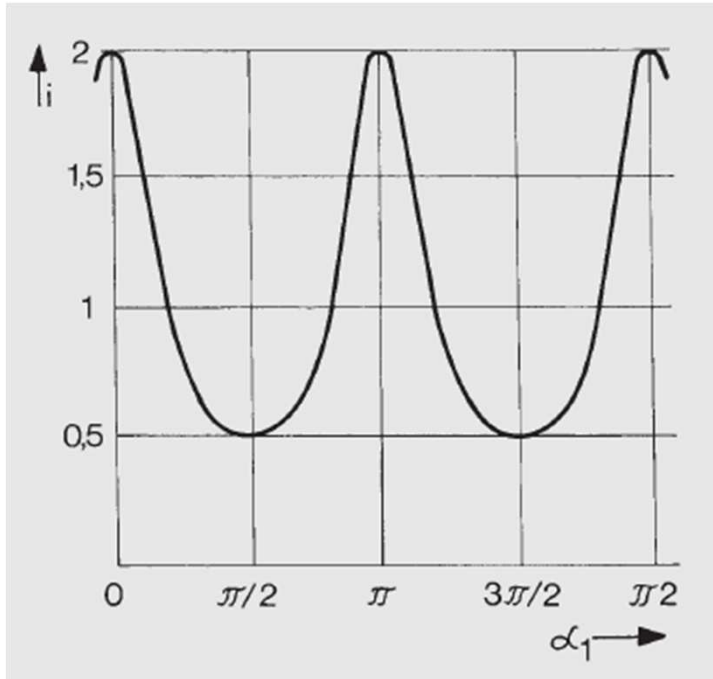
$$\omega_1 = \frac{d\varphi_1}{dt}$$

$$\omega_2 = \frac{d\varphi_2}{dt}$$





$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\cos \gamma}{1 - \sin^2 \gamma \cos^2 \varphi_1} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = i_{\max} \Rightarrow \omega_2 = \omega_{2\max} = \frac{\omega_1}{\cos \gamma} \\ i = i_{\min} \Rightarrow \omega_2 = \omega_{2\min} = \omega_1 \cos \gamma \end{array} \right.$$



$$\omega_2 = \omega_{2\max} \Rightarrow \varphi_1 = k\pi$$

$$(k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

$$\omega_2 = \omega_{2\min} \Rightarrow \varphi_1 = (2k + 1)\frac{\pi}{2}$$

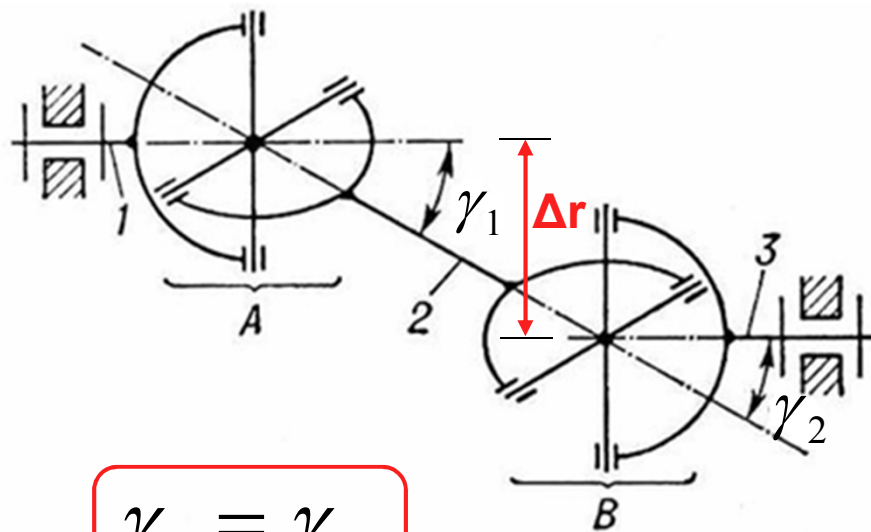
$$(k = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

Степен на неравномерност

$$\delta = \frac{\omega_{2\max} - \omega_{2\min}}{\omega_1} = \frac{\frac{\omega_1}{\cos \gamma} - \omega_1 \cos \gamma}{\omega_1} = \frac{\sin^2 \gamma}{\cos \gamma} = \sin \gamma \operatorname{tg} \gamma$$

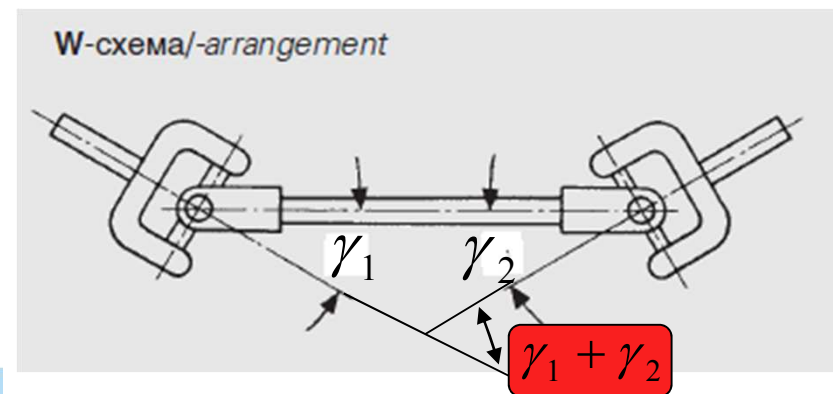
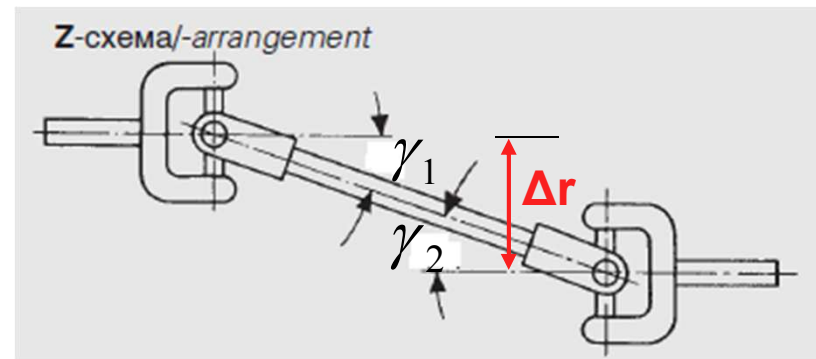
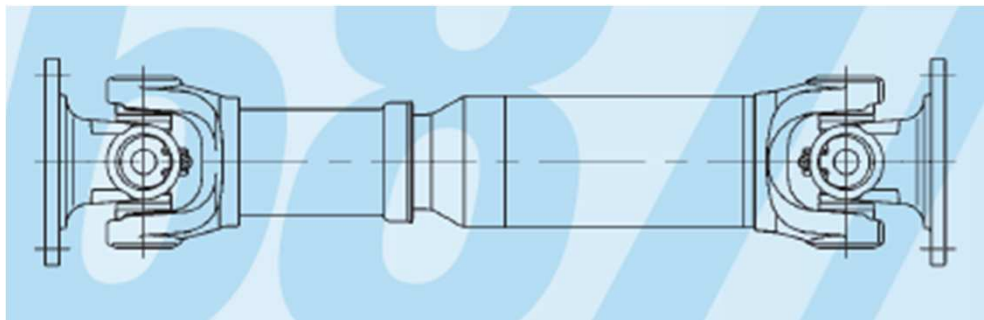
За малки ъгли $\sin \gamma \approx \operatorname{tg} \gamma \approx \gamma \Rightarrow \delta \approx \gamma^2$

Карданов вал

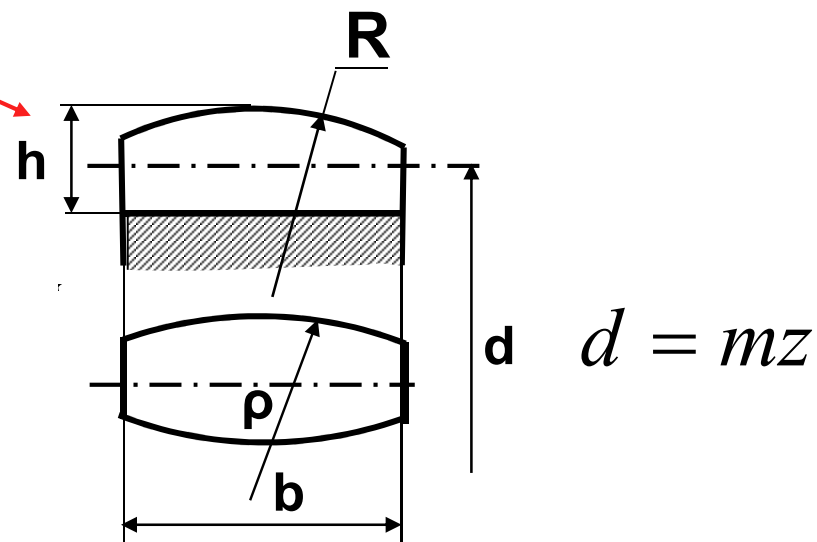
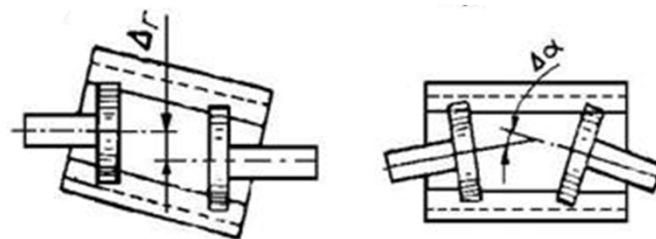
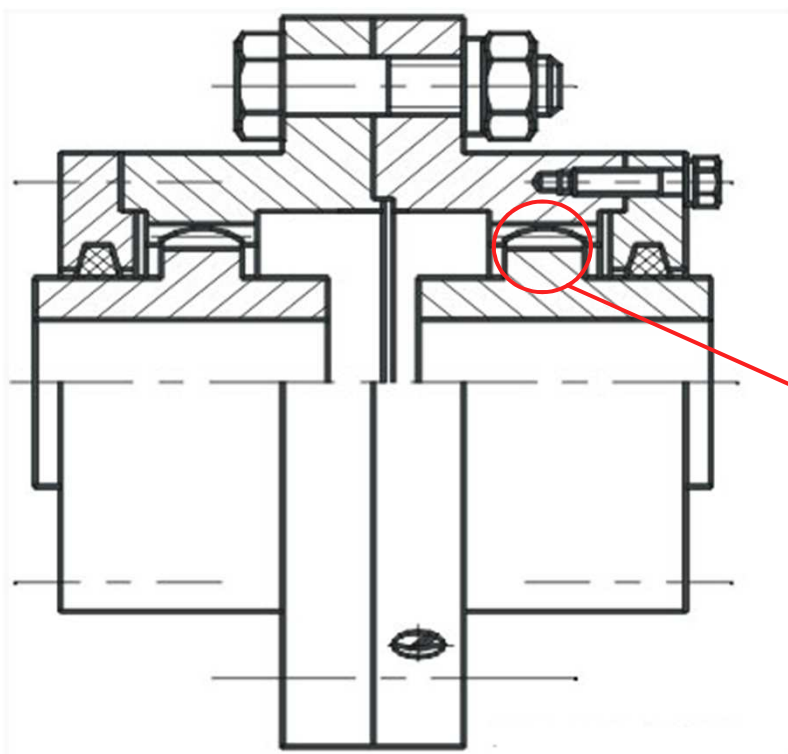


$$\gamma_1 = \gamma_2$$

$$\Delta\gamma = |\gamma_1 - \gamma_2| \leq 1,5^\circ$$

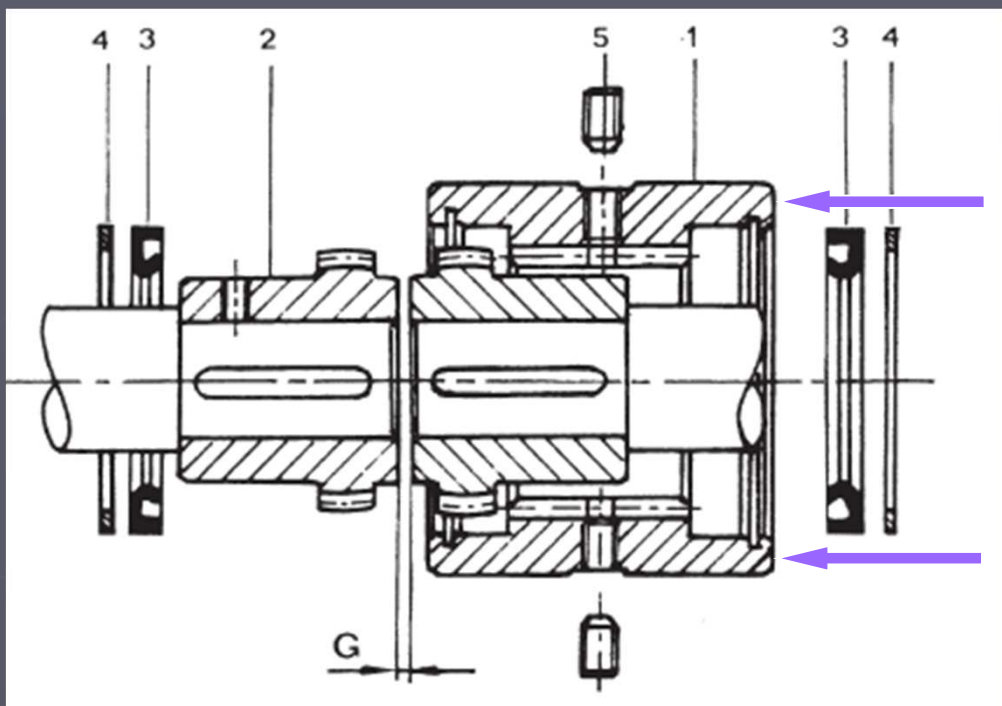


Зъбен съединител

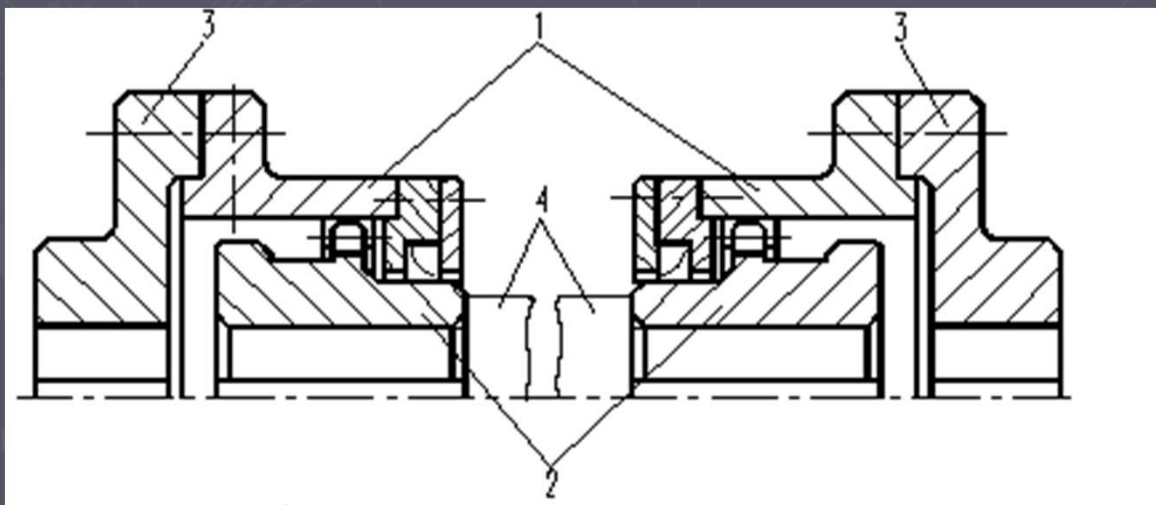


$$F_z = \frac{2T_{u34}}{zd}$$

$$p = \frac{F_z}{A} = \frac{2T_{u34}}{zdbh} \leq [p]$$






зъбен съединител с цяла втулка – монтажна схема



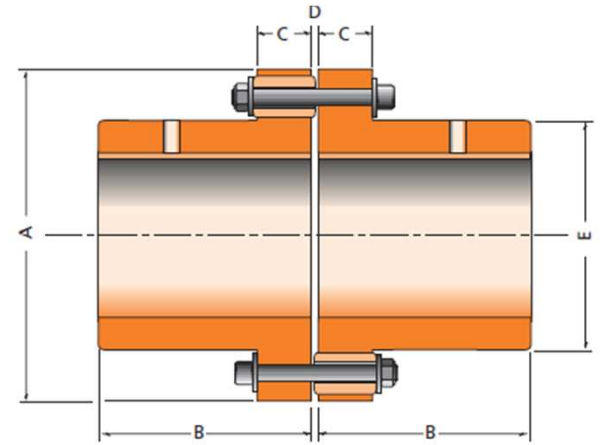
зъбен съединител с междинен вал (4)

Въпрос № 3

**ЕЛАСТИЧНИ СЪЕДИНИТЕЛИ – КОНСТРУКЦИИ ,
ДЕМПФИРАЩИ СПОСОБНОСТИ , ЕЛАСТИЧНА
ХАРАКТЕРИСТИКА , ДИНАМИЧНО НАТОВАРВАНЕ.
ЯКОСТНА ПРОВЕРКА НА ПАЛЦОВ СЪЕДИНИТЕЛ С
ГУМЕНИ ПРЪСТЕНИ И НА СЪЕДИНИТЕЛ С
ТОРОИДАЛЕН ЕЛЕМЕНТ**



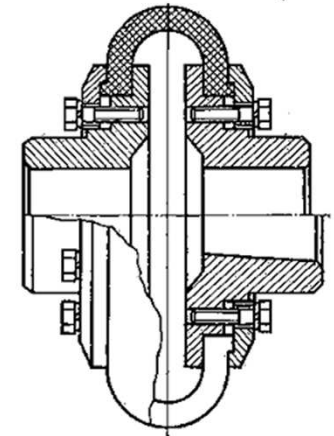
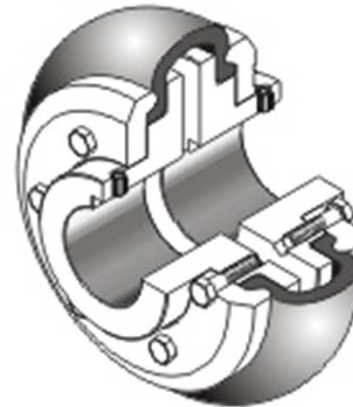
Еластични съединители



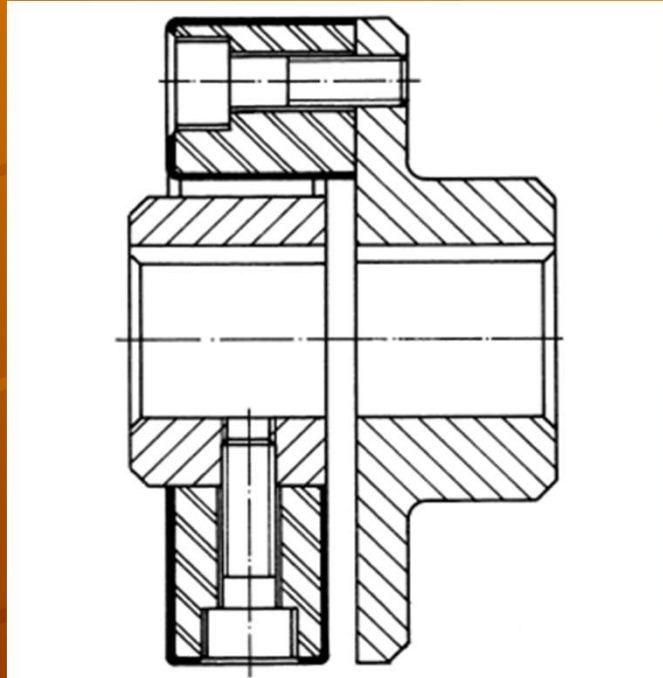
палцови съединители с гумени пръстени



палцов съединител
тип "Звезда"



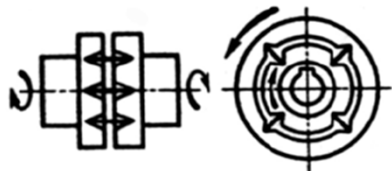
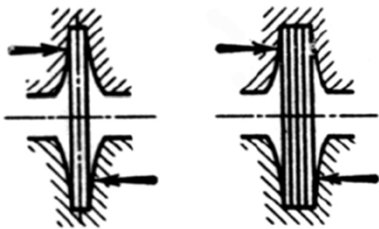
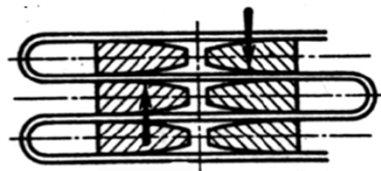
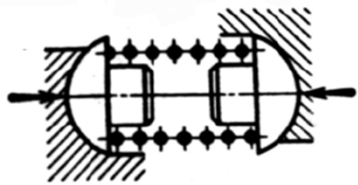
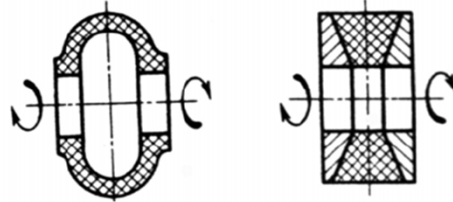
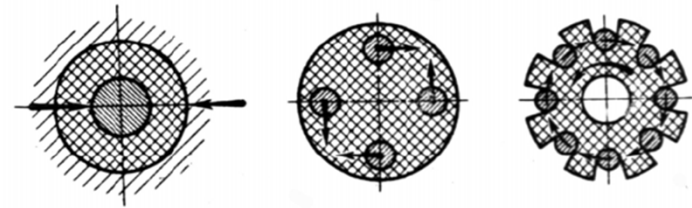
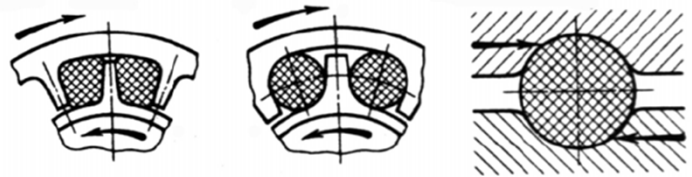
съединител тип "Виеластик"



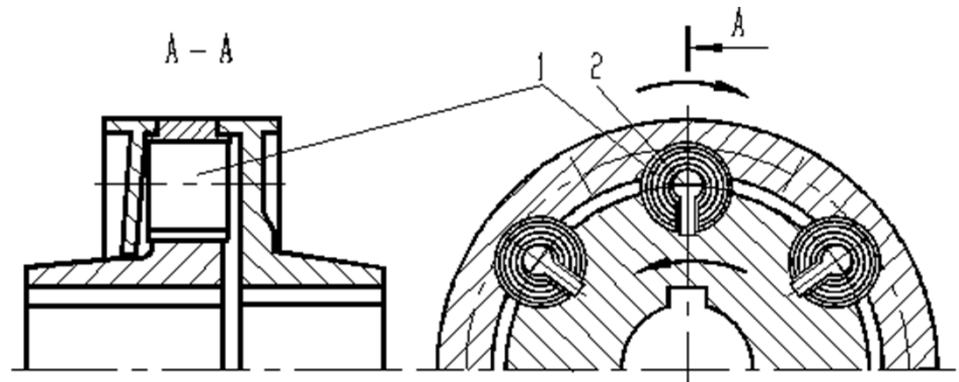


силфонни съединители

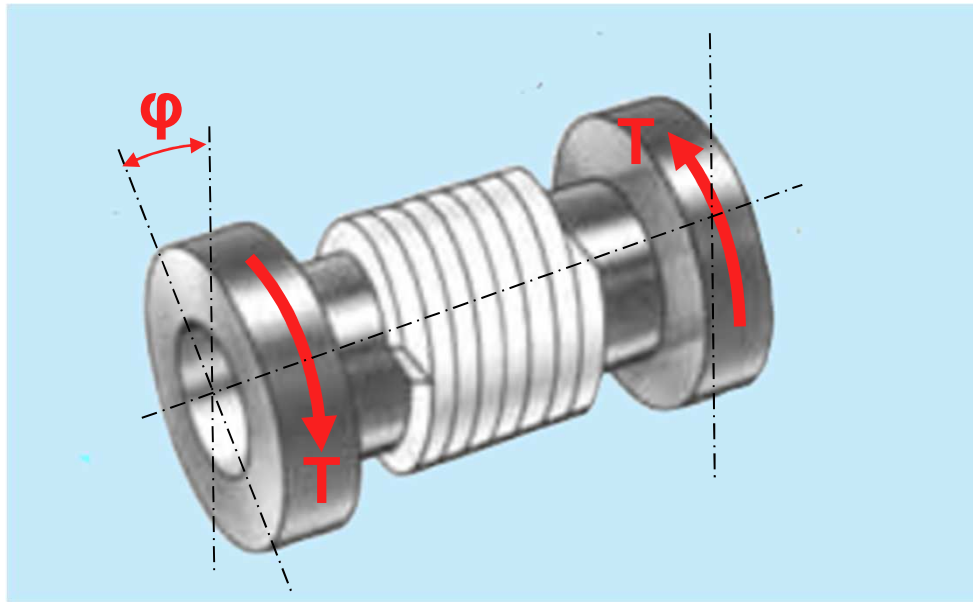
**с-л със змиевидна пружина
тип "Bibby"**



гумени еластични елементи



метални еластични елементи



**Еластична характеристика
на съединителя**

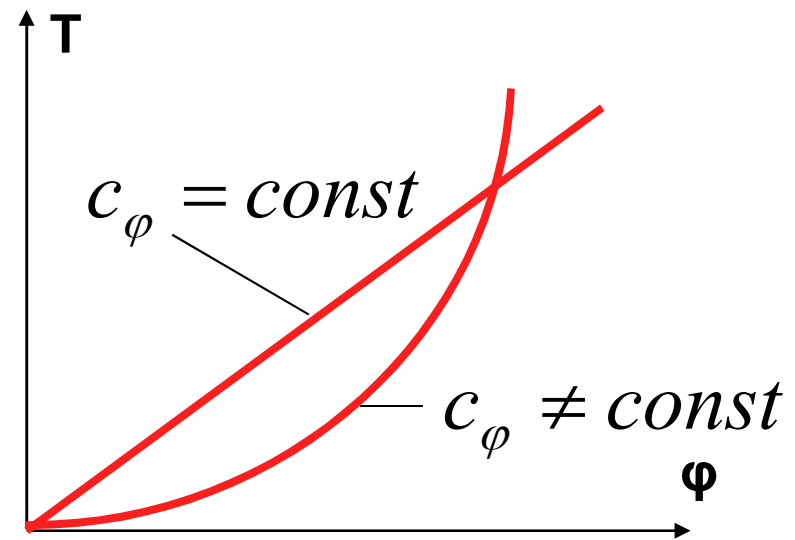
$$T = T(\varphi)$$

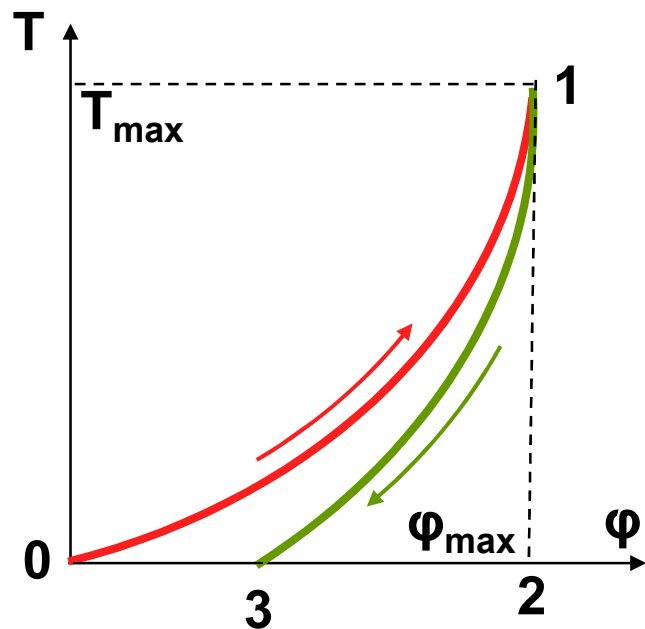
$$c_{\varphi} = \frac{dT}{d\varphi}, \frac{Nm}{rad}$$

коравина на съединителя

$$D = \frac{1}{c_{\varphi}} = \frac{d\varphi}{dT}, \frac{rad}{Nm}$$

податливост на съединителя



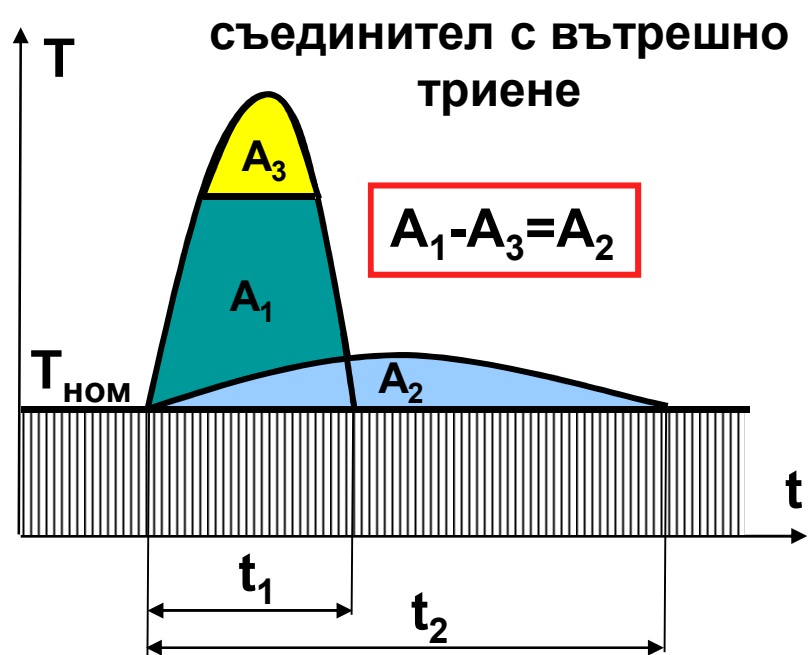
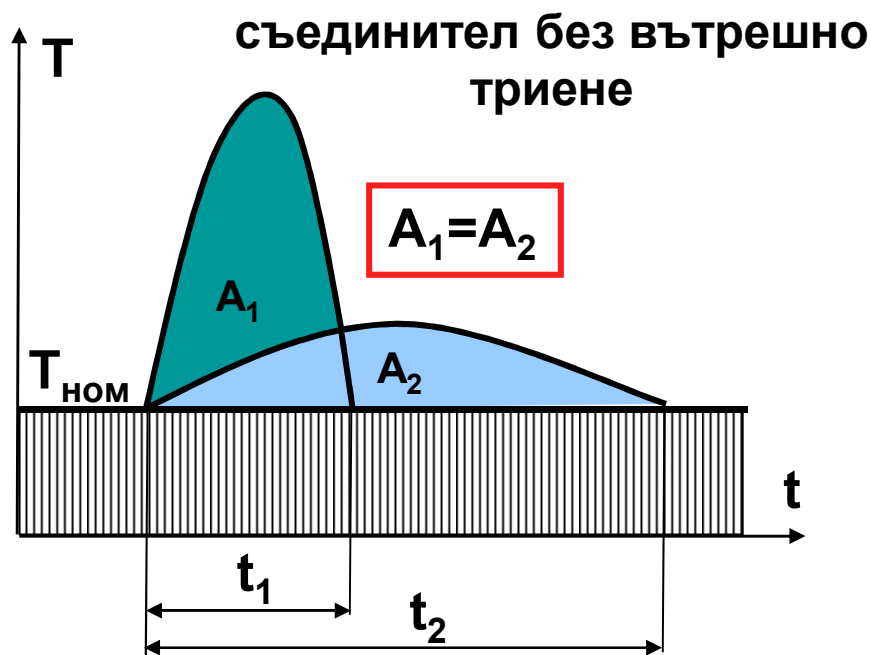


A_{0-1-2} – работа за свиване на еластичните елементи

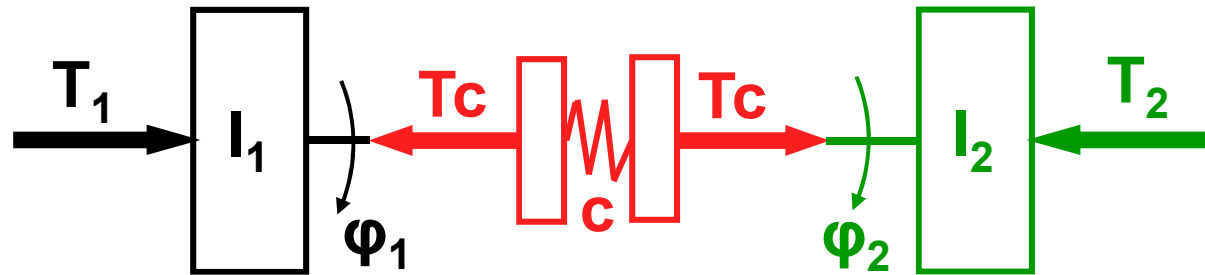
A_{1-2-3} – работа за отпускане на еластичните елементи

A_{0-1-3} – работа на силите на вътрешно триене в еластичните елементи , отделена като топлина

$$\psi = \frac{A_{0-1-3}}{A_{0-1-2}} \quad \text{коэффициент на демпфиране}$$



Динамика на агрегат с еластичен съединител



$$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$c = \text{const}$$

$$T_c = c\varphi$$

$$(1) \quad I_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} = T_1 - T_c$$

диф. у-е за въртене на двигателя

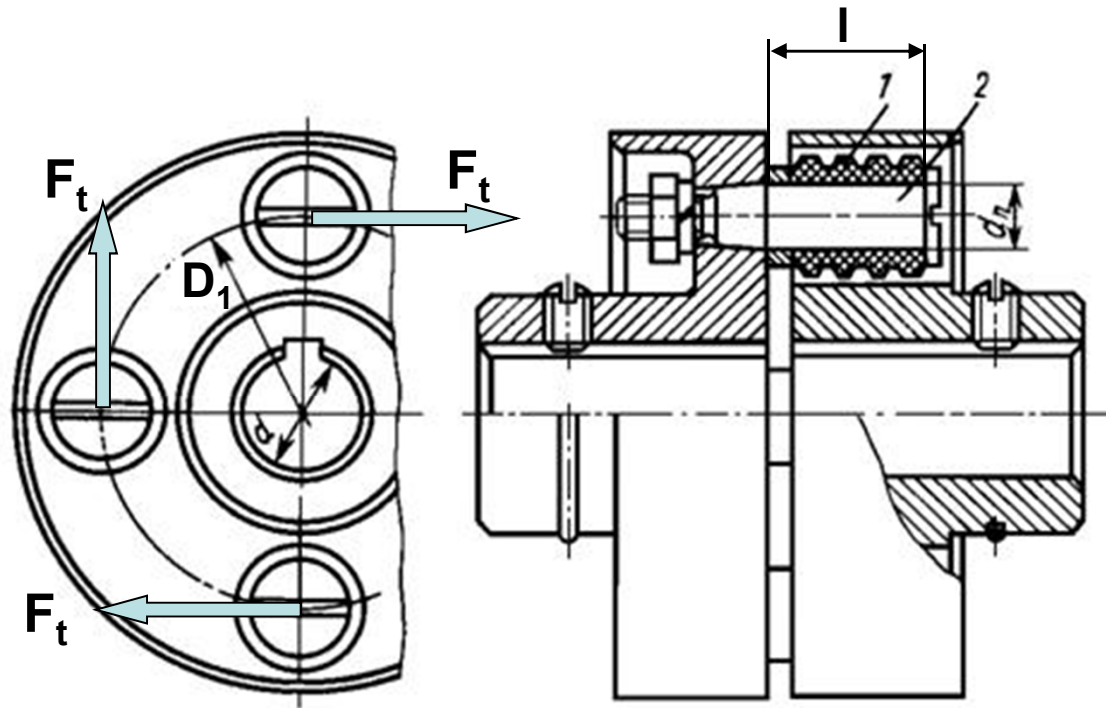
$$(2) \quad I_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} = T_c - T_2$$

диф. у-е за въртене на работната
машина

$$(1)-(2) \quad \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \underbrace{\left(\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} \right)}_{k^2} c \varphi = \frac{T_1}{I_1} + \frac{T_2}{I_2}$$

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = \frac{T_1}{I_1} + \frac{T_2}{I_2}$$

Палцов съединител с гумени пръстени



$$F_t = \frac{2T_{изч}}{zD_1}$$

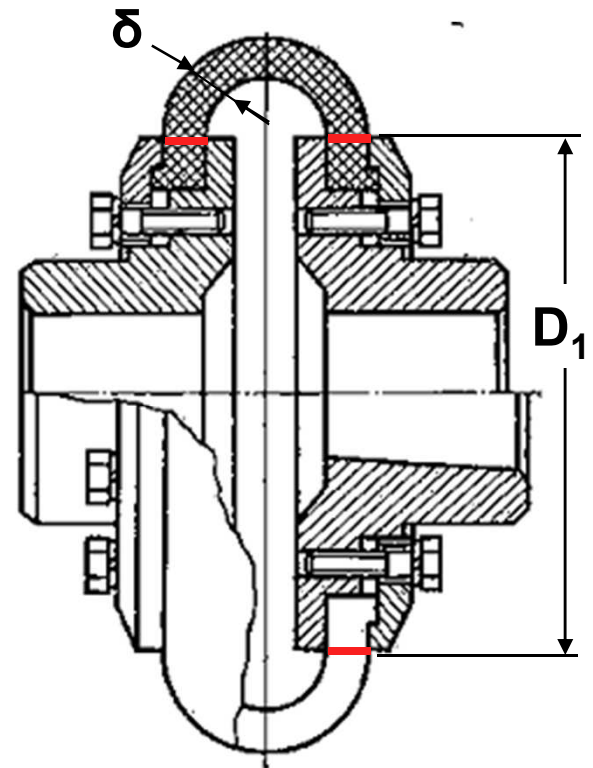
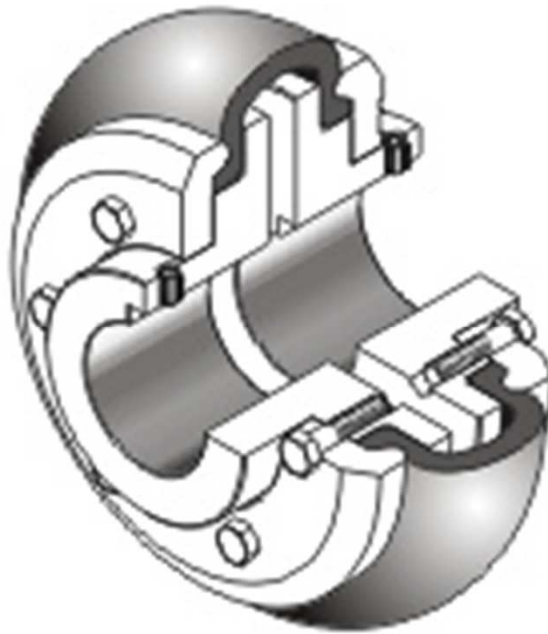
палци – проверка
на огъване

$$\sigma_{ог}^n = \frac{M_{ог}}{W_{ог}} = \frac{F_t l}{\pi d_n^3} = \frac{64T_{изч}}{\pi z D_1 d_n^3} \leq [\sigma_{ог}]$$

гумени пръстени –
проверка на смачкване

$$\sigma_{см}^z = \frac{F_t}{d_n l} = \frac{2T_{изч}}{z D_1 d_n l} \leq [\sigma_{см}^z]$$

Съединител с торообразен еластичен елемент (тип “Виеластик”)



$$\tau_{cp} = \frac{2T_{изч}}{D_1 \pi D_1 \delta} = \frac{2T_{изч}}{\pi D_1^2 \delta} \leq [\tau_{cp}^z]$$

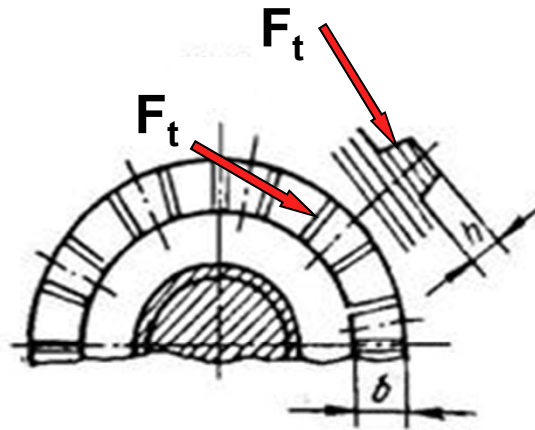
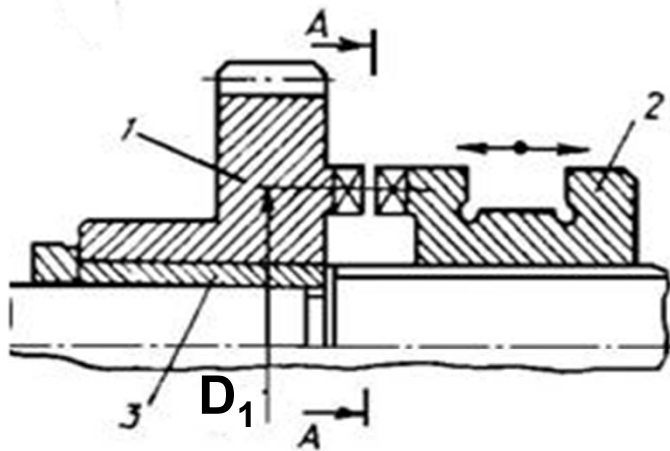
Въпрос № 4

**УПРАВЛЯЕМИ СЪЕДИНИТЕЛИ – ПАЛЦОВ
И ЗЪБЕН - КОНСТРУКТИВНИ
ОСОБЕНОСТИ И ЯКОСТНА ПРОВЕРКА**

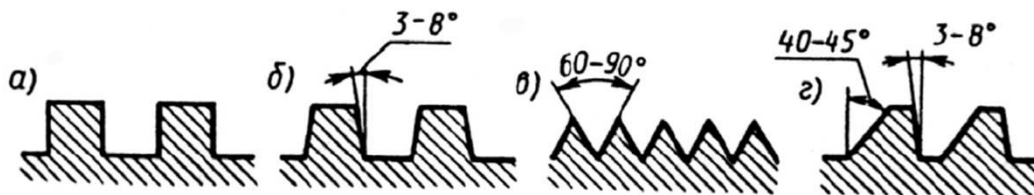


УПРАВЛЯЕМИ СЪЕДИНИТЕЛИ

1. Палцов съединител



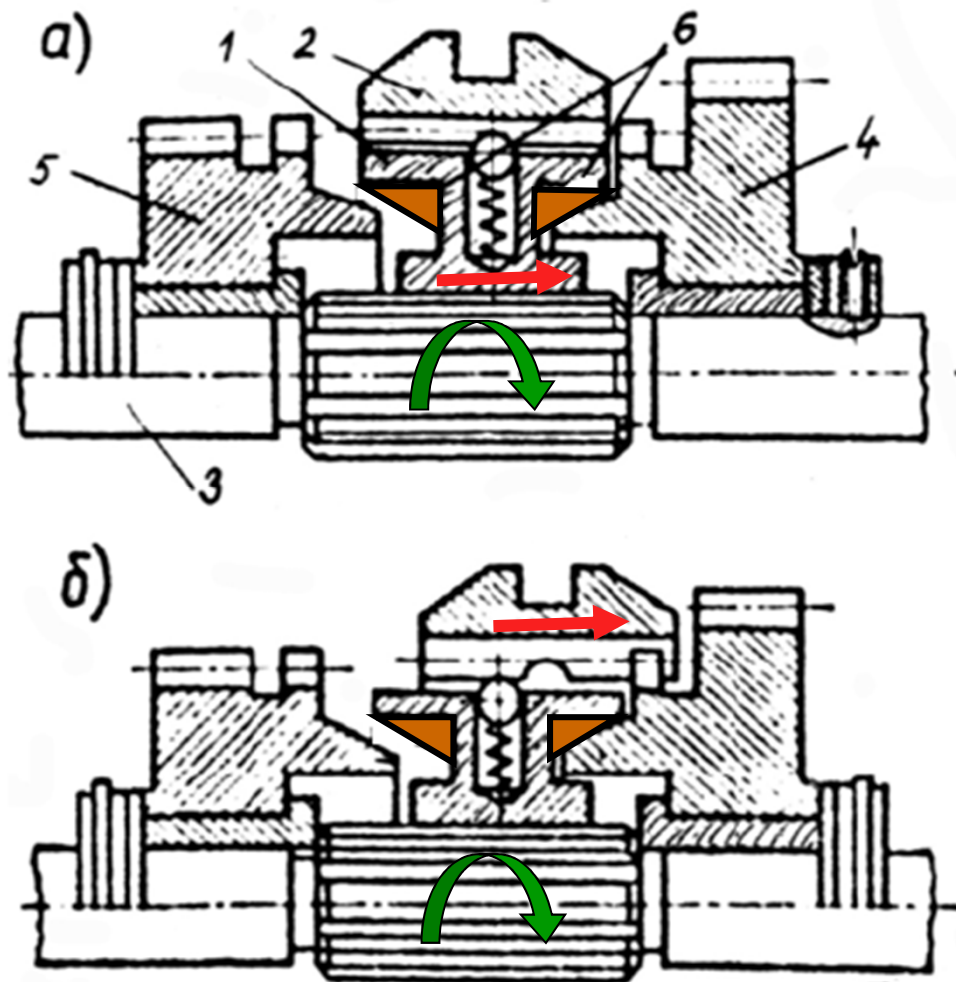
$$F_t = \frac{2T_{изч}}{D_1 z}$$



$$\sigma_{см} = \frac{F_t}{bh} = \frac{2T_{изч}}{D_1 z bh} \leq [\sigma_{см}]$$

Включване – при ниски обороти или в спряно състояние
Изключване – при въртене

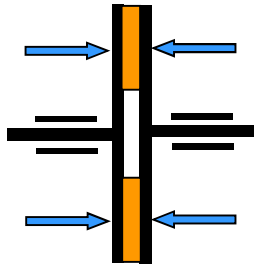
2. Зъбен съединител с фрикционен синхронизатор



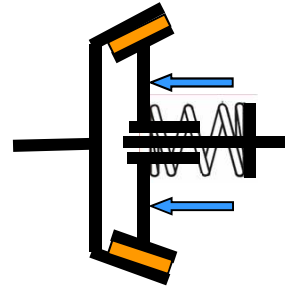
Въпрос № 5

**ТРИЕЩИ СЪЕДИНИТЕЛИ – КЛАСИФИКАЦИЯ.
ТРИЕЩ МОМЕНТ В ДИСКОВ И КОНУСЕН
СЪЕДИНИТЕЛ. КРИТЕРИИ ЗА
РАБОТОСПОСОБНОСТ. ФРИКЦИОННИ
МАТЕРИАЛИ**

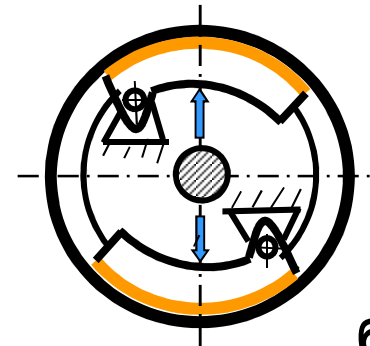
3. Триещи съединители



ДИСКОВ

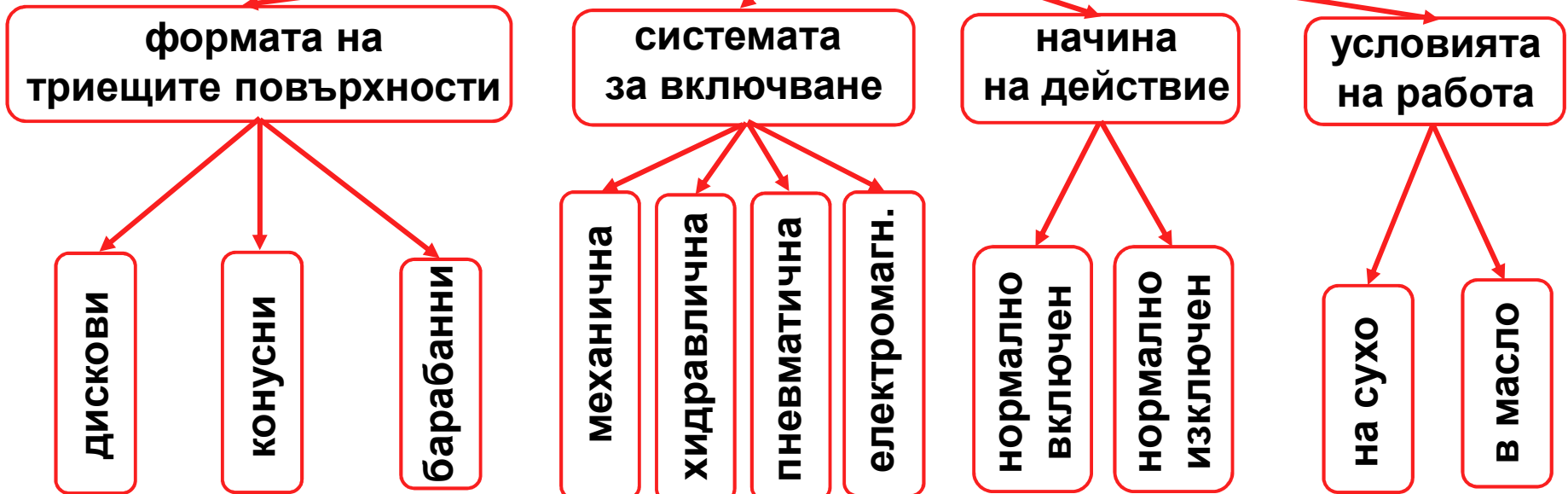


конусен



барабанен

Класификация според :



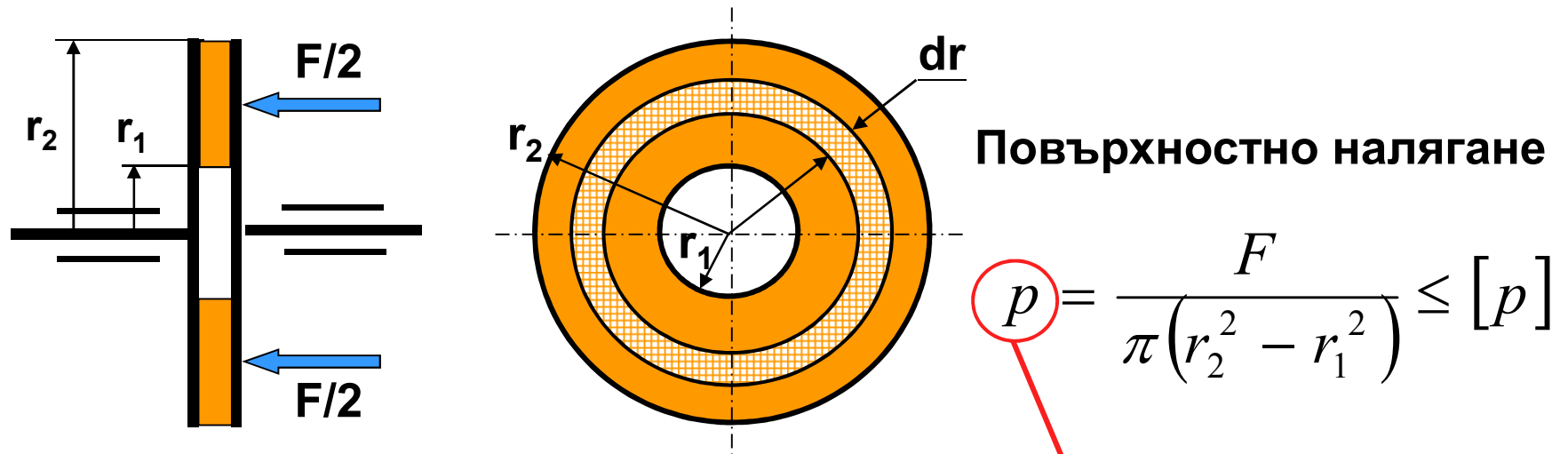
Предимства на триещите съединители :

- 1. Осигуряват плавно включване и изключване независимо от оборотите на валовете.**
- 2. Позволяват регулиране на времето за включване и изключване.**
- 3. Предпазват двигателя от претоварване.**
- 4. Позволяват регулиране на предавания въртящ момент чрез изменение на силата на притискане.**

Недостатъци на триещите съединители :

- 1. Приплъзват и това не позволява точно съвпадение на оборотите на двата вала.**
- 2. Имат ограничен ресурс поради износване на триещите се повърхнини**

Триещ момент в еднокосков съединител



$$dF = p dA = 2\pi r p dr$$

$$dF_{mp} = \mu dF = 2\pi r p \mu dr$$

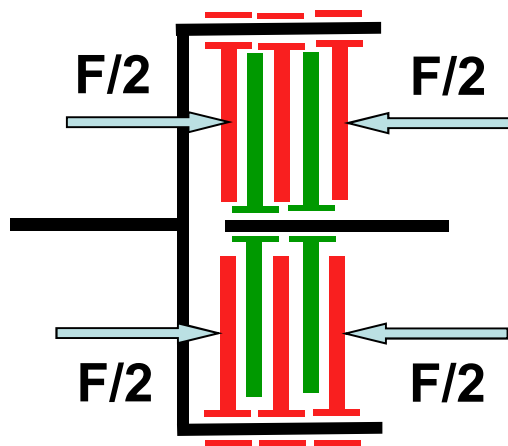
$$dT_{mp} = r dF_{mp} = 2\pi r^2 p \mu dr$$

$$T_{mp} = \int_{r_1}^{r_2} dT_{mp} = 2\pi r \mu \int_{r_1}^{r_2} r^2 dr = \frac{2}{3} (r_2^3 - r_1^3) \pi r \mu$$

$$T_{mp} = F \mu \frac{2}{3} \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} = F \mu r_{mp} \quad r_{mp} \approx r_{cp} = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

$$T_{mp} \approx F \mu r_{cp}$$

Триещ момент в многодисков съединител



$$T_{mp} \approx z F \mu r_{cp}$$

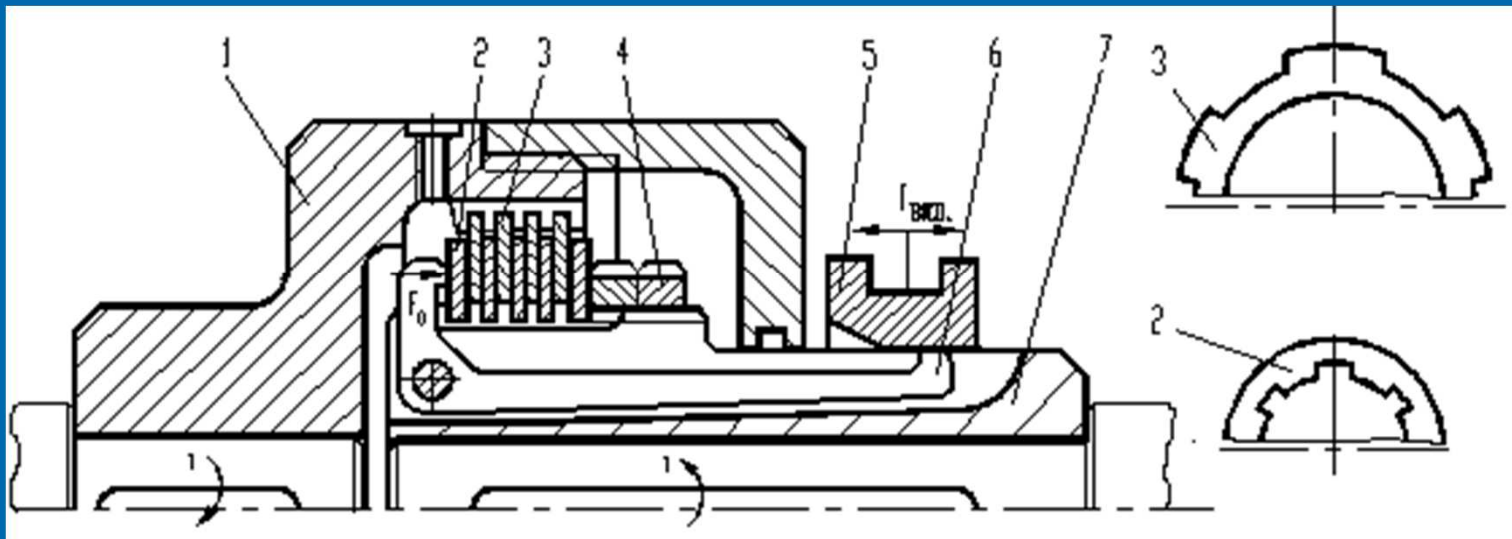
z – брой на триещите двойки

$n = z + 1 = n_1 + n_2$ – брой на дисковете

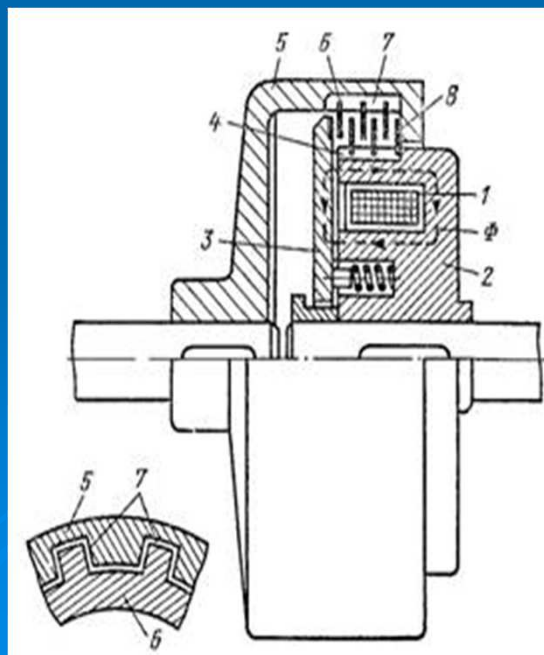
$n_1 = \frac{z}{2}$ – брой на задвижващите дискове

$n_2 = \frac{z}{2} + 1$ – брой на задвижваните дискове

Системи за управление (включване-изключване)

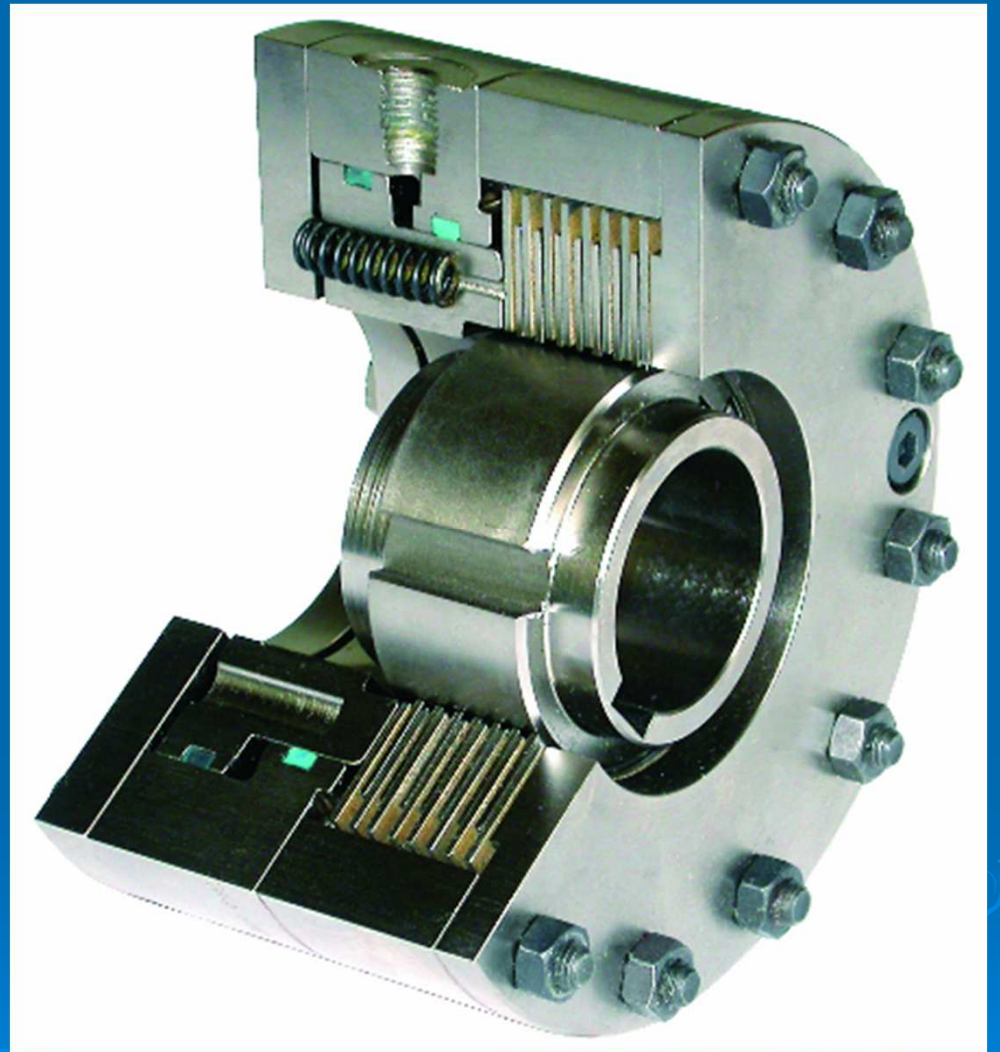
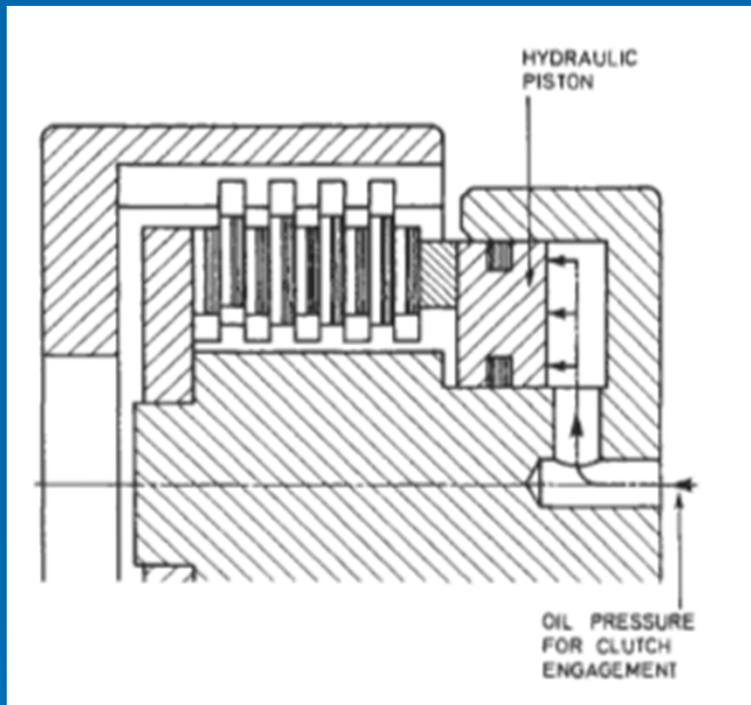


електромагнитна

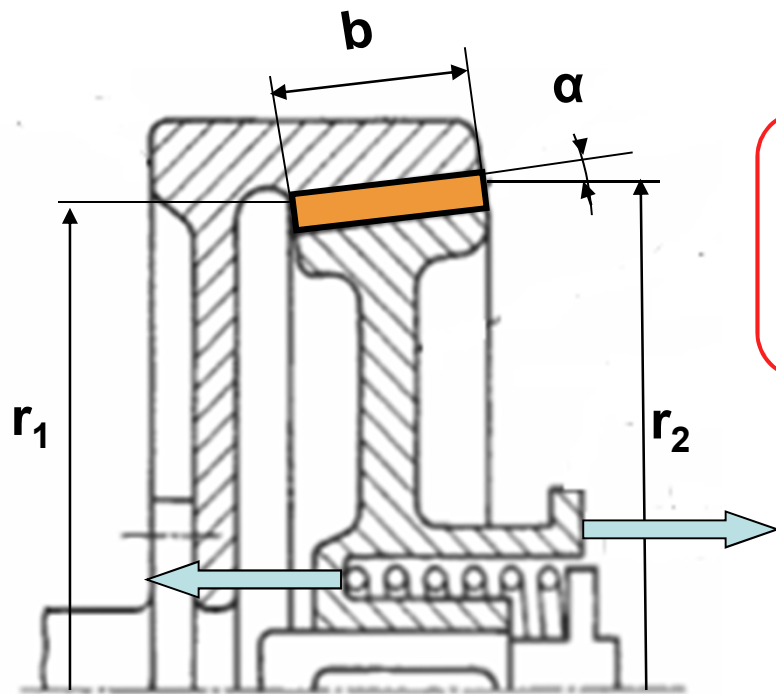


механична

хидравлична



Триещ момент в конусен съединител

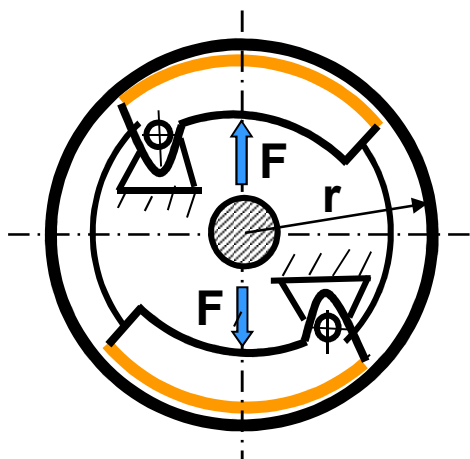


$$\alpha \geq 12^\circ \div 15^\circ$$

$$T_{mp} = \mu F r_{mp} \frac{1}{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}$$

$$r_{mp} = \frac{2}{3} \frac{r_2^3 - r_1^3}{r_2^2 - r_1^2} \approx r_{cp} = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

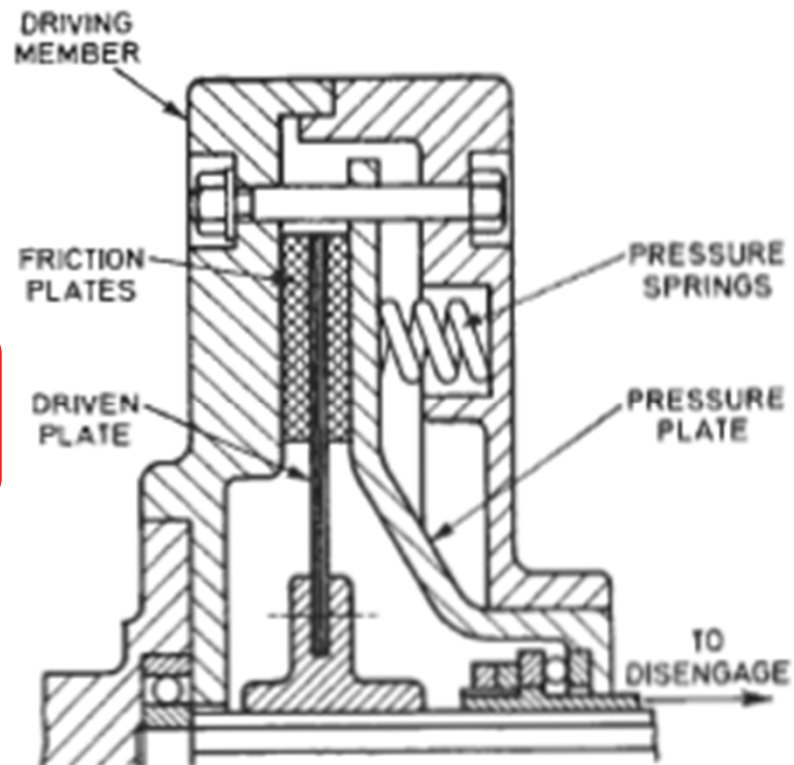
Триещ момент в барабанен съединител (спирачка)



$$T_{mp} = \mu Frz$$

z – брой на челюстите

автомобилен
съединител



Критерии за работоспособност

1. Износоустойчивост на триещите повърхности

$$p = \frac{F}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} \approx \frac{F}{2\pi r_{cp} b} \leq [p] \quad [p] = [p_0] K_v K_z K_f$$

$$K_v = K_v(v_s) \quad v_s = \omega r_{cp} \text{ - средна скорост на плъзгане}$$

$$K_z = K_z(n_1) \quad n_1 \text{ - брой на задвижващите дискове}$$

$$K_f = K_f(f) \quad f \text{ - честота на включване}$$

2. Топлинно натоварване

$$\mu p v_s \leq [\mu p v_s], \quad \frac{N}{m^2} \frac{m}{s} = \frac{J}{s} \frac{1}{m^2} = \frac{W}{m^2} \quad [\mu p v_s] \leq 3 \cdot 10^6 \frac{W}{m^2}$$

Фрикционни материали

Изисквания към фрикционните двойки :

- висок и постоянен коефициент на триене**
- висока износоустойчивост**
- ниска склонност към задиране**
- висока топлоустойчивост и топлопроводност**

Фрикционни двойки :

- закалена стомана / закалена стомана ($\mu = 0,06-0,08$)**
- стомана / чугун**
- стомана (чугун) / (феродо) азбестосмолен материал ($\mu = 0,25-0,45$)**
- стомана (чугун) / металокерамика**

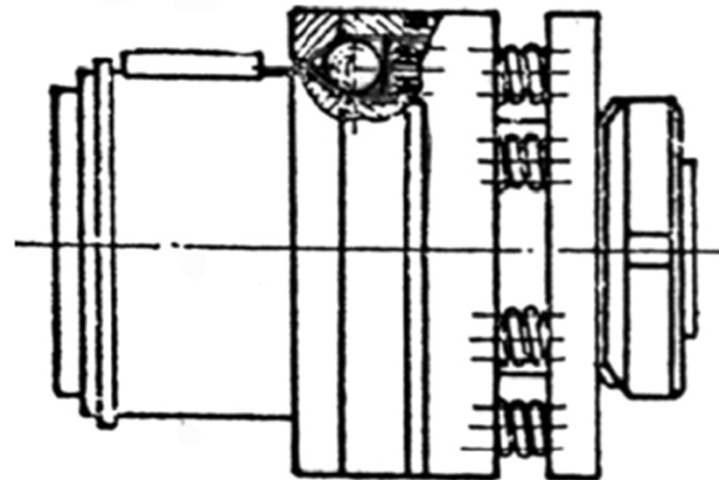
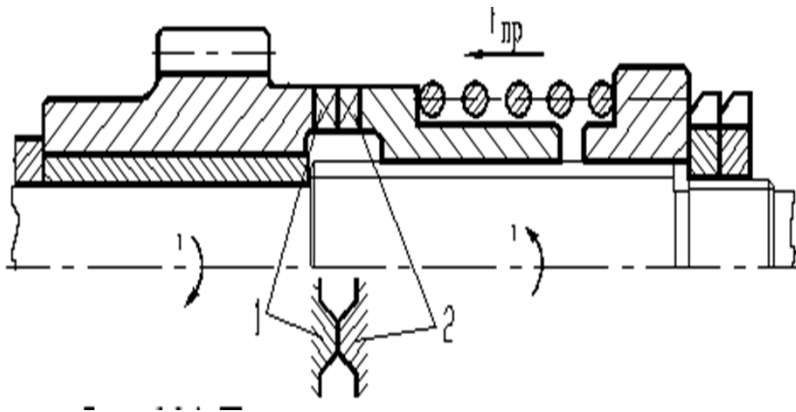
Въпрос № 6

**САМОУПРАВЛЯЕМИ СЪЕДИНИТЕЛИ –
ПРЕДПАЗНИ , ЦЕНТРОБЕЖНИ И СЪЕДИНИТЕЛИ
СЪС СВОБОДЕН ХОД. ХАРАКТЕРИСТИКИ И
ФУНКЦИОНАЛНИ ИЗЧИСЛЕНИЯ. ХИДРАВЛИЧНИ
И ПРАХОВИ СЪЕДИНИТЕЛИ**

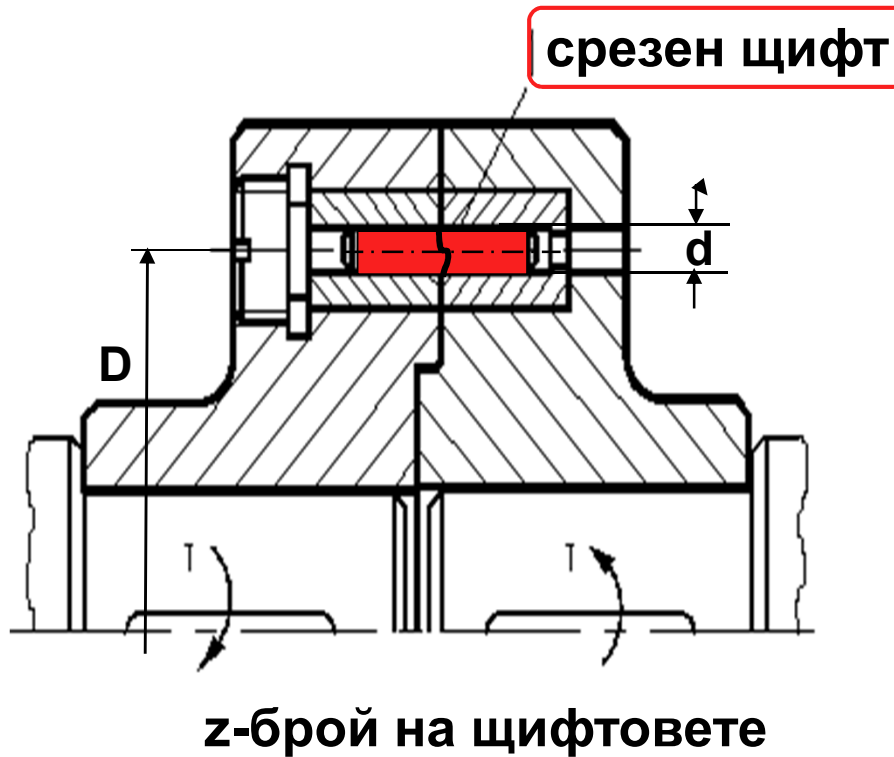
САМОУПРАВЛЯЕМИ СЪЕДИНИТЕЛИ

1. Предпазни съединители – постоянно включени , които се изключват когато предавания момент стане по-голям от изчислителния $T_{изч} = K_s T_H$
($K_s \geq 1$ коефициент на сигурност)

1.1 Предпазни пружинно – палцови съединители

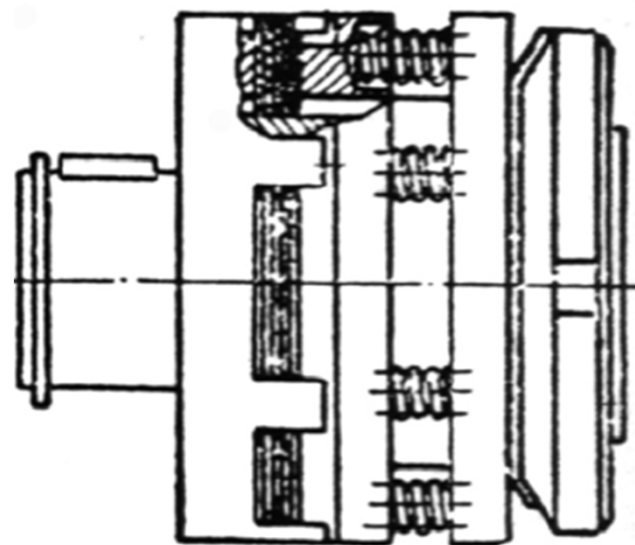
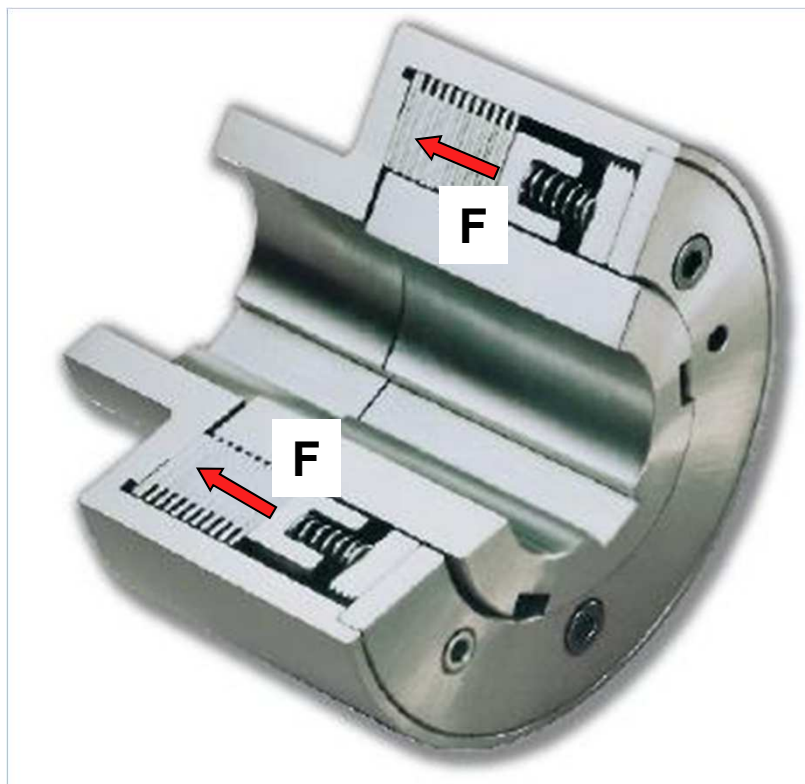


1.2 Предпазни съединители с разрушаващ се елемент



$$\tau_{cp} = \frac{T_{изч}}{\frac{D}{2} z \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{8T_{изч}}{\pi d^2 z D} = \tau_B$$
$$d = \sqrt{\frac{8T_{изч}}{\pi z D \tau_b}}$$

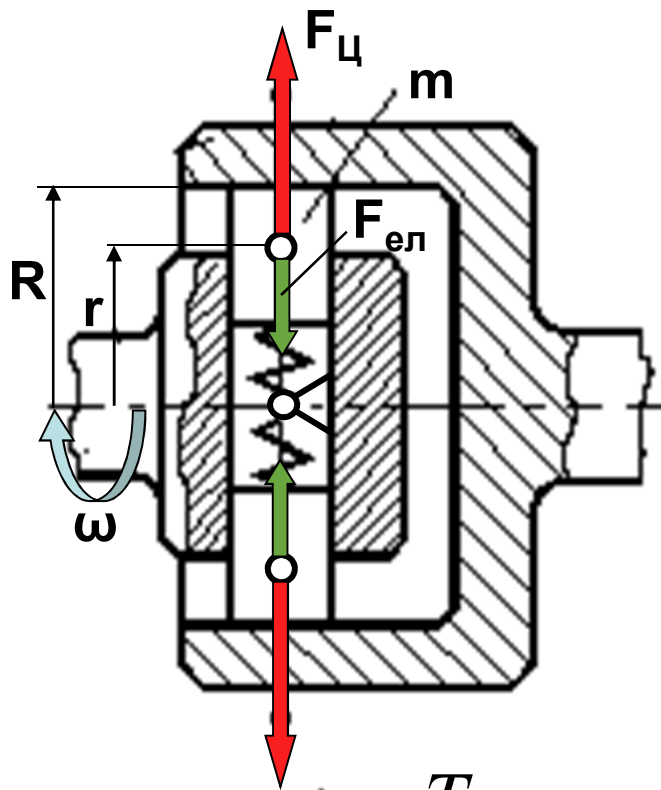
1.3 Предпазни триеци съединители



$$F = \frac{K_s T_H}{\mu z r_{cp}}$$

2. Центробежни съединители – включват или изключват когато оборотите на въртене достигнат предварително зададена стойност.

Нормално изключен съединител



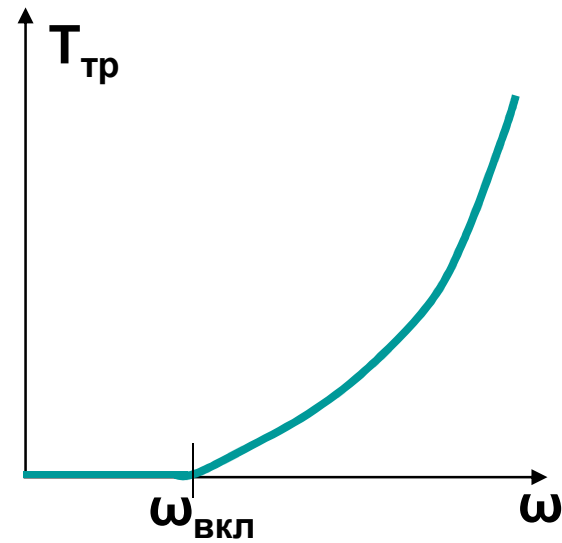
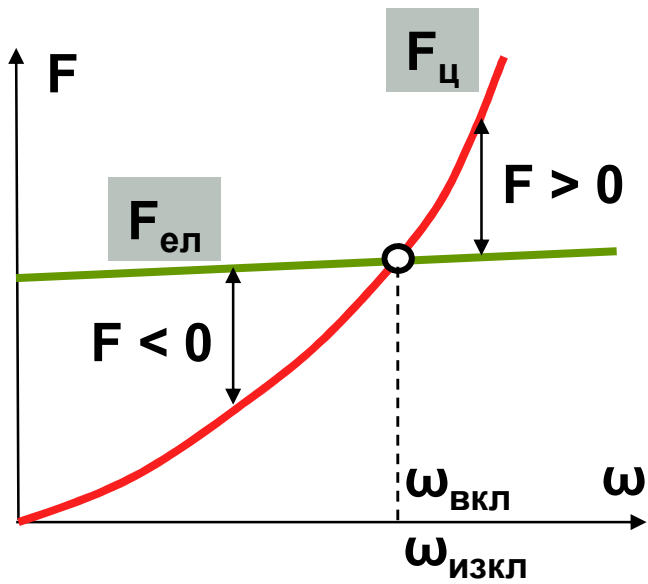
$$\left. \begin{aligned} F_{ц} &= mr\omega^2 \\ F_{ел} &= cf \end{aligned} \right\} F = F_{ц} - F_{ел}$$

$F \geq 0 \longrightarrow$ съединителят включва

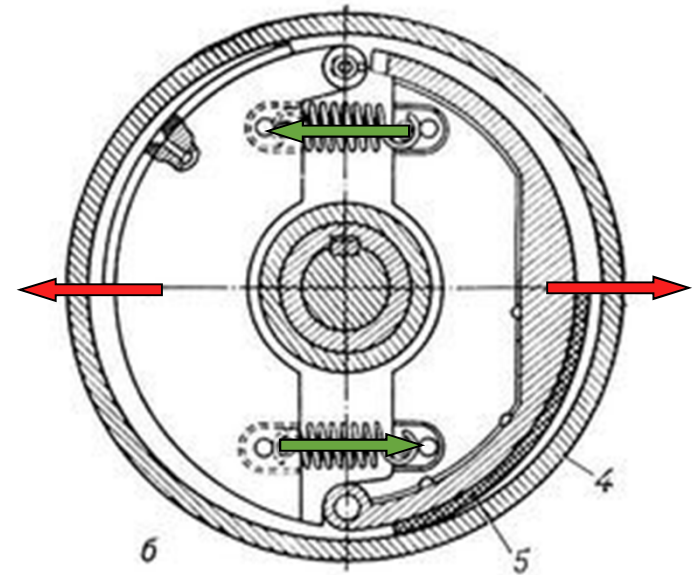
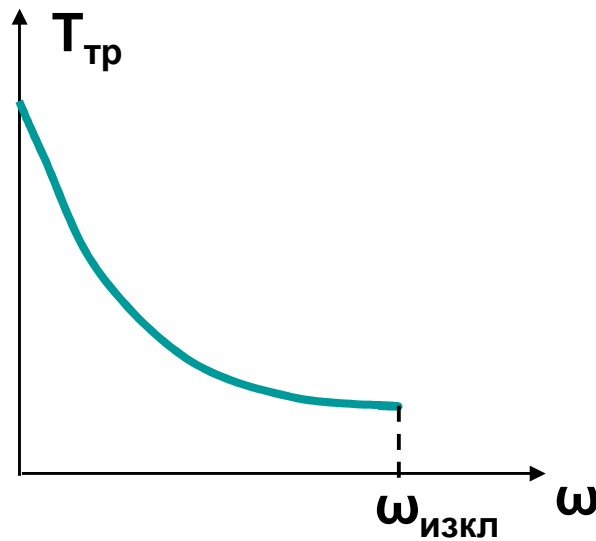
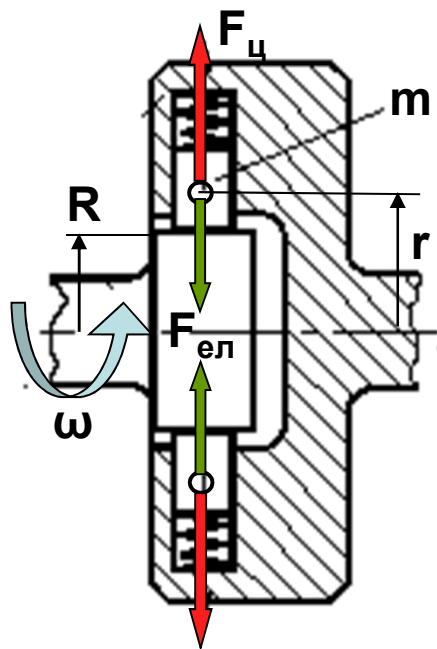
$F \leq 0 \longrightarrow$ съединителят изключва

$$T_{mp} = FR\mu z = (mr\omega^2 - cf)R\mu z$$

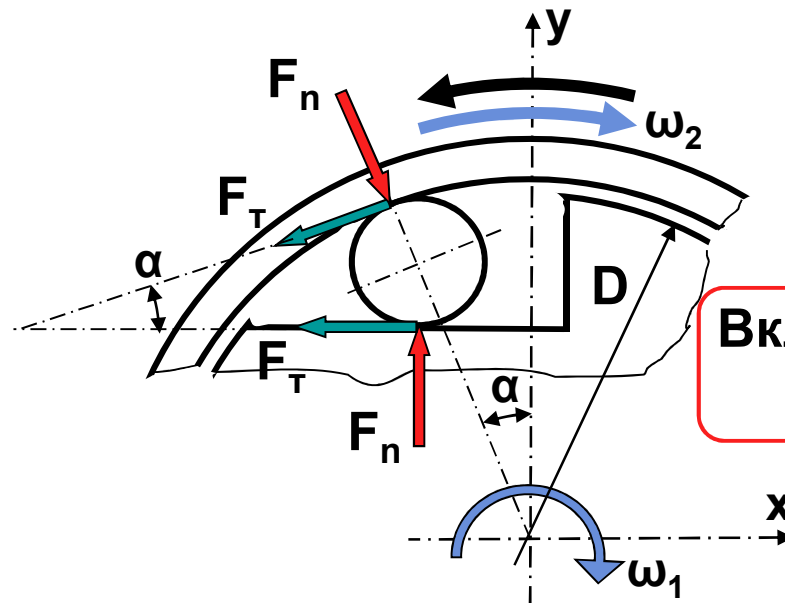
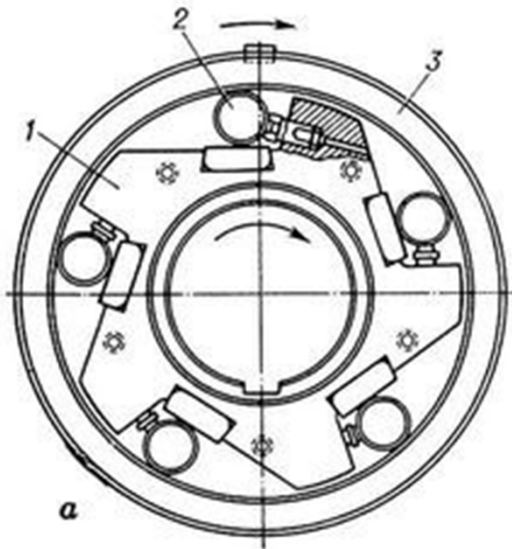
$$T_{mp} = mr\omega^2 R\mu z - cfR\mu z = k_1\omega^2 - k_2 \geq 0$$



Нормално включен съединител



3. Изпреварващи съединители (съединители със свободен ход - one-way bearing)



Включване при :
 $\omega_1 > \omega_2$

$$\sum F_{ix} = 0 \Rightarrow -F_T - F_T \cos \alpha + F_n \sin \alpha = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0 \Rightarrow F_n - F_n \cos \alpha - F_T \sin \alpha = 0 \quad F_T = \mu F_n$$

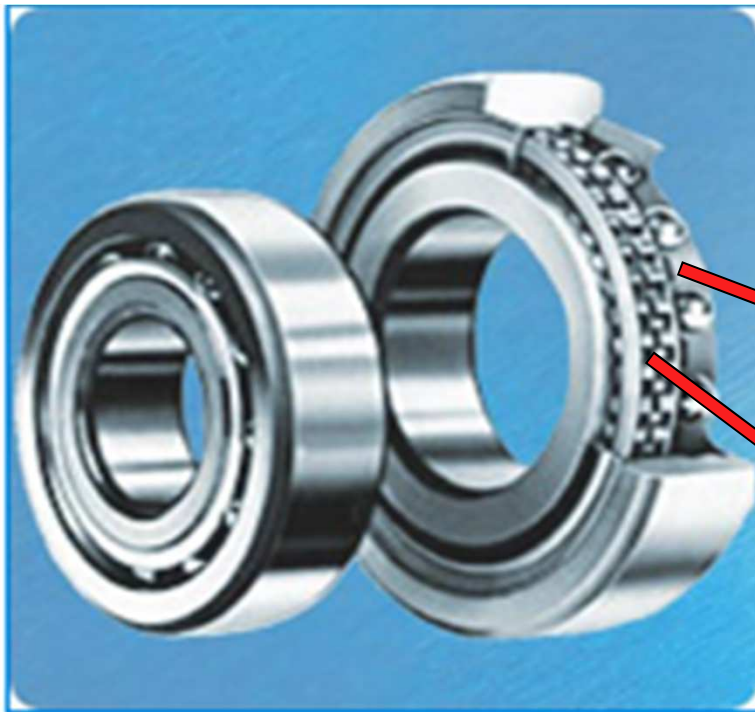
$$\left. \begin{array}{l} -\mu F_n - \mu F_n \cos \alpha + F_n \sin \alpha = 0 \\ F_n - F_n \cos \alpha - \mu F_n \sin \alpha = 0 \end{array} \right\} \sin \alpha = \mu(1 + \cos \alpha) = \frac{1 - \cos \alpha}{\mu}$$

$$\mu = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \Rightarrow \mu = \operatorname{tg} \rho \geq \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Условие за заклиняване : } \rho \geq \frac{\alpha}{2}$$

Пренасян момент $T_{\text{изч}} = kT_{\text{ном}} \leq zF_T \frac{D}{2} = z\mu F_n \frac{D}{2}$

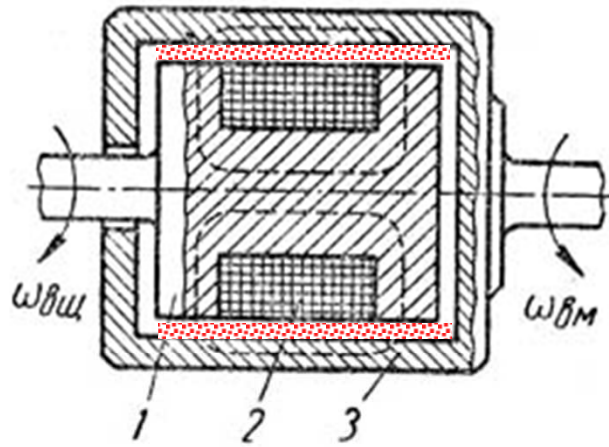
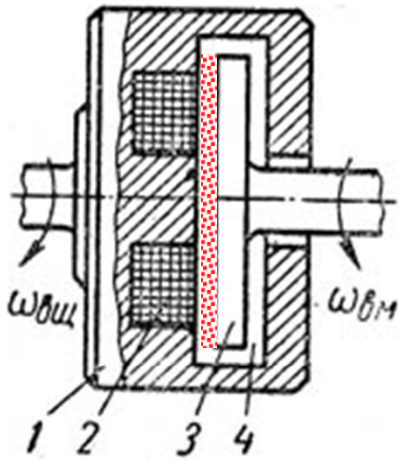
$$F_n \geq \frac{2kT_{\text{ном}}}{zD \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \Rightarrow \sigma_H \leq [\sigma_H]$$



търкалящ лагер

изпреварващ съединител

Други видове съединители



прахови



помпено
колело

$M_1; \omega_1$

турбинно
колело

$M_2; \omega_2$

корпус

