

24.10.2024

Требования п3

1) аккуратность

2) размерность

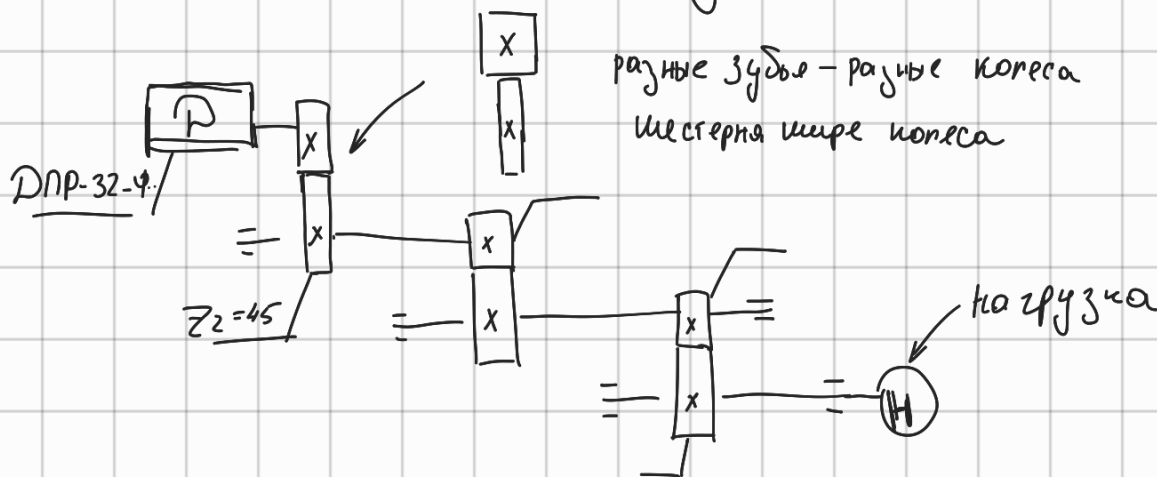
3)

$$M = \frac{M_H}{i_0 \eta_0} = \frac{500}{100 \cdot 0,8} = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м} = 6,1 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

4)

$$M_H > M_{\Sigma \text{пр}}$$

5) Н.м, Н.мм - перевод



ГОСТ ЕСКА



зепать в колпасае

$M_H =$

$\omega_H =$

$i_0 =$

← написать в технических требованиях

- 1) выпалывание всего  $3\gamma\sigma_F$
- 2) выкрашивание  $\sigma_H$

$$\sigma_{max} \leq [\sigma]$$

$$\sigma_{max} \leq [\sigma]$$

размеры нагрузки      материал Т.О

Шестерня Ст 45Х, упрочнение  $\Rightarrow [\sigma]$   
 Колесо, Ст 40, корен  $\Rightarrow [\sigma]$

$$d = m z \Rightarrow m = \frac{d}{z}$$

$\swarrow$        $\downarrow$        $\searrow$   
 $d$        $m$        $z$

1

1) расчет на изгибную прочность

$$\sigma_{Fmax} \leq [\sigma_F]$$

$$\sigma_{Fmax} = \frac{2 K M_2 Y_F}{m^2 z b} \leq [\sigma_F]$$

$\uparrow$  1.5       $\swarrow$  табличка  
 $2 K M_2 Y_F$

$$b = m \cdot \psi_{bm} \rightarrow [3 \dots 16] \Rightarrow (4)$$

$\uparrow$  коэф. ширины зуба

$$\frac{2 K M_2 Y_F}{m^3 z \psi_{bm}} \leq [\sigma_F]$$

берем  $\psi_{bm}$

в  $D_2$  писать через кер-ва

$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2K M_2 Y_F}{Z_1 Z_2 b_m [\sigma_H]}} \quad \left| \quad m \geq 0,31 \text{ мм} \right.$$

$\Downarrow$

$$m_{12} = 0,4 \text{ мм}$$

Если  $m \geq 0,01 \text{ мм}$

высота зуба  $= 2m$

Принимают  $m_{\min} = 0,3 \text{ мм}$ .

$m_{\max} = 2 \text{ мм (1 мм)}$

Расчет на контактную прочность

$$\sigma_{H\max} \leq [\sigma_H]$$

$M_2$ -нагрузка

$$\sigma_{H\max} = \sqrt{\frac{M_2 K \cdot K_a^3 (i_{12} + 1)^3}{i_{12}^2 \cdot b \cdot a^2}} \leq [\sigma_H]$$

$$b = a \cdot \psi_{ba} \quad [0,1 \dots 0,4] \Rightarrow (0,2)$$

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = m \frac{z_1 + z_2}{2}$$

$$\sqrt{\frac{M_2 K \cdot K_a^3 (i_{12} + 1)^3}{i_{12}^2 \cdot \psi_{ba} \cdot a^3}} \leq [\sigma_H]$$

$$a \geq K_a (i_{12} + 1)^3 \sqrt[3]{\frac{M_2 K}{\psi_{ba} i_{12}^2 [\sigma_H]^2}}$$

$$a \geq 31,5 \text{ мм}$$

$$m \geq \frac{2a}{z_1 + z_2} \Rightarrow m \geq 0,42 \text{ мм} \rightarrow m_{12} = 0,5 \text{ мм}$$

	$\sigma_F$	$\sigma_H$	$\sigma_z \leftarrow \text{Серия Тоньше}$
$m_{12}$	0,4	0,5	0,5
$m_{34}$	0,5	0,5	0,5
$m_{56}$	0,5	0,8	0,6
$m_{78}$	0,5	0,9	0,9

должны быть соизмеримы

Оставим как есть  $\sigma_z$  или  $m_{12} = m_{34} = m_{56} = m_{78} = 0,9$

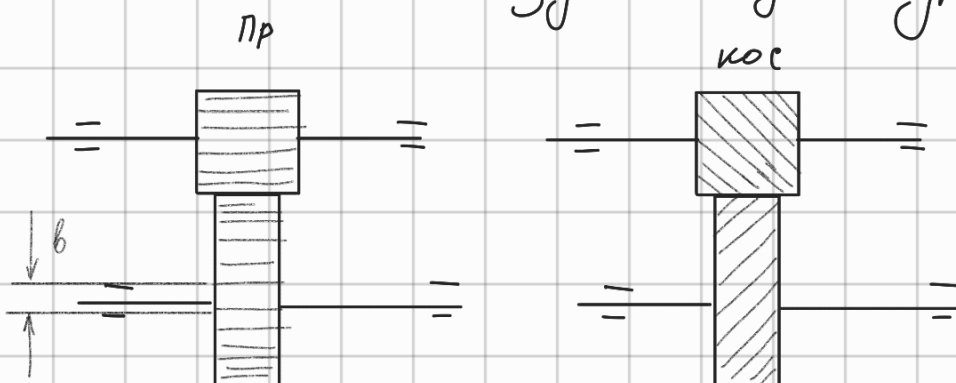
II равномодульная передача

I равнопрочная передача - во всех колесах возникает примерно одинаковое напряжение (что меньше максимального)

В ДЗ считаем равнопрочную передачу. В курсовой допускается исп. равномодульн. при условии её обоснования

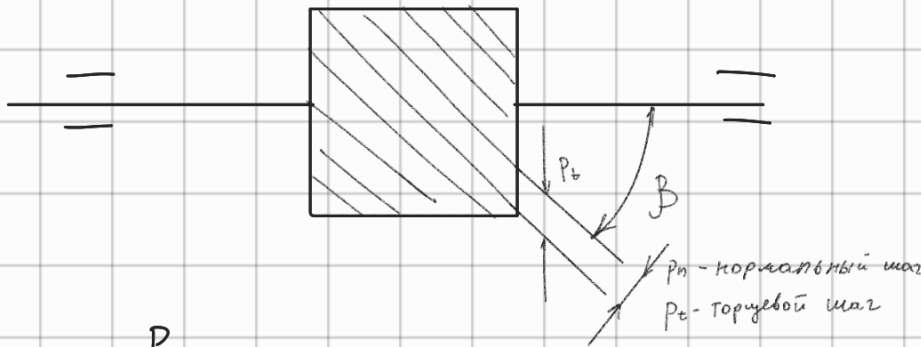
Косозубые универс. передачи

2





Зубья наклонены к осм. действии по 20 углов



$$m = \frac{P}{n}$$

$$P_t = \frac{P}{\cos \beta}$$

$$m_t = m_n \cdot \cos \beta$$

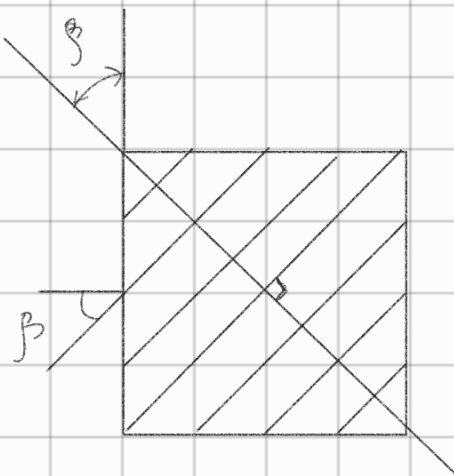
$\beta$  - угол наклона зубьев

$m_n$  был стандартным. т.к. для косых зубьев исп. тот же инструмент что и для косых прямых зубьев, но повернутый на угол  $\beta$ .

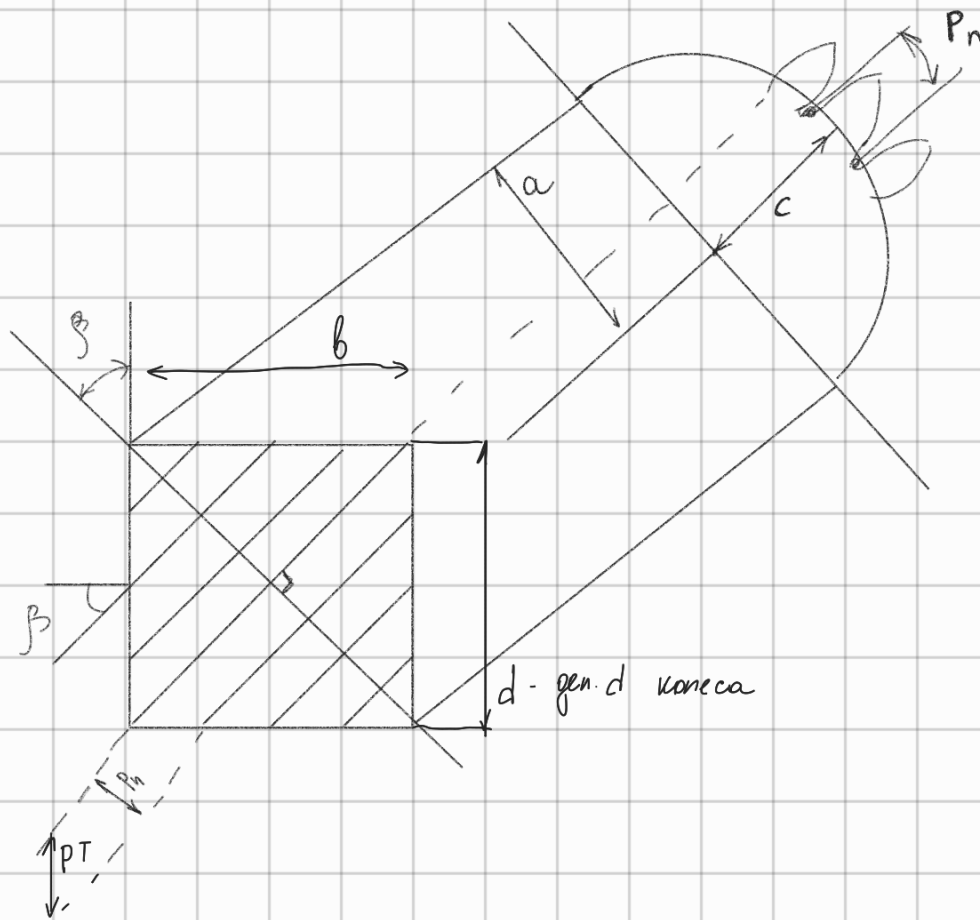
Коэфф торцевого перекрытия  $\epsilon_\beta = \frac{b \cdot \sin \beta}{P_n}$

$$\epsilon_\beta = \frac{b \cdot \sin \beta \cos \beta}{P_n} = \frac{b \sin \beta}{P_n}$$

$\left. \begin{matrix} 1 \\ \uparrow \beta \end{matrix} \right\} \epsilon_\beta \uparrow$  (можно увеличить до 10)



31.10.2024



Для расчетов параметра конического колеса исп. эквивалентное  
прямоугольное колесо

$$d_v = 2r_v$$

$$r_v = \frac{a^2}{c} - \text{радиус эквивалентного колеса}$$

$z_v$  - приведенное число зубьев для экв. прямоугол. колеса

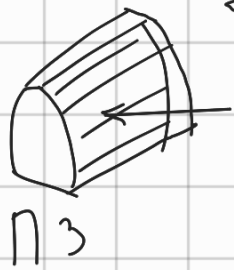
$$r_v = \frac{r}{\cos^3 \beta}$$

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta}$$

При расчете на изгиб

$$m_n \geq \sqrt[3]{\frac{2 K_H Z_F Z_{\beta} K_{\alpha} \cos \beta}{Z_z \psi_{bm} [\sigma_F]}}$$

$$y_{\beta} = 1 - \frac{\beta^{\circ}}{140^{\circ}} ; \beta \leq 40^{\circ}$$



$y_{\beta}$  - коэффициент учит наклон линии контакта к основанию зуба

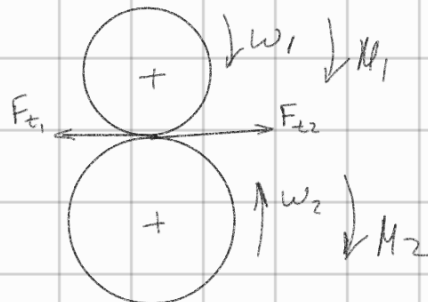
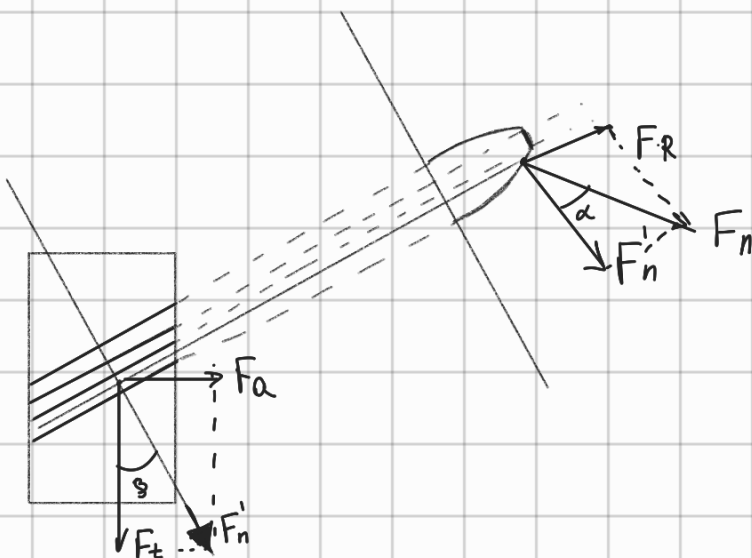
$K_{\alpha} = \frac{1}{(0,85 \dots 0,95) \epsilon_{\beta}}$  - учитывает что в зацеплении находится несколько пар зубьев

$$\psi_{bt} = 10 \dots 25$$

Расчет на контактную прочность

$$\sigma_H \geq (1 + i_{12}) \sqrt[3]{\left( \frac{10,6 Z_k}{i_{12} [\sigma_H]} \right)^2 \frac{K_{M2} K_{\alpha H}}{\psi_{ba}}} - \text{запомнить на РК}$$

Силы и моменты косозубой передачи



4

$$F_t = \frac{2M_2}{d_2} = \frac{2M_2}{m_z z_2} = \frac{2M_2 \cos \beta}{m_n z_2} \quad \text{тангенс поперечная}$$

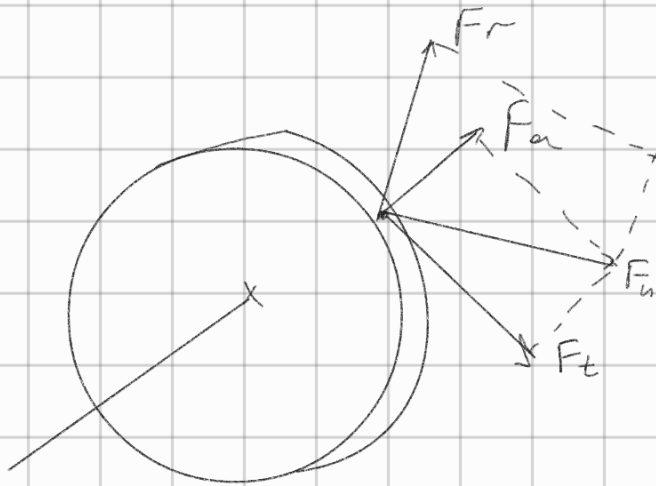
$$F'_n = \frac{F_t}{\cos \beta} = \frac{2M_2}{m_n z_2}$$

$$F_a = F_t \tan \beta = \frac{2M_2 \sin \beta}{m_n z_2} \quad \text{— параз.}$$

$$F_n = \frac{F'_n}{\cos \alpha} = \frac{2M_2}{m_n z_2 \cos \alpha}$$

$$F_r = F'_n \tan \alpha = \frac{2M_2 \tan \alpha}{m_n z_2} \quad \text{— по пог}$$

компенсируется в опорах



Как компенсировать осевую силу в передаче

Конические передачи

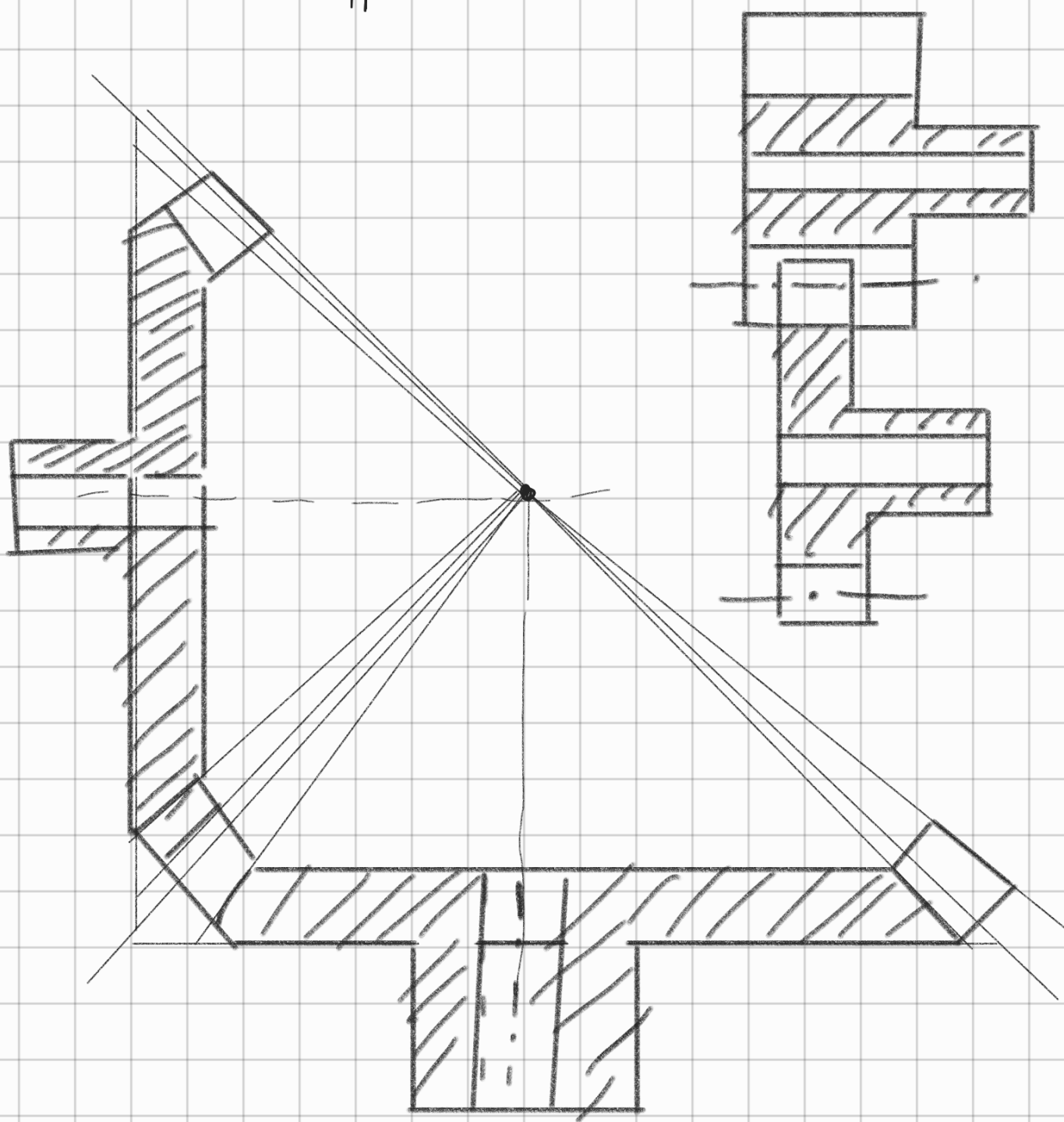
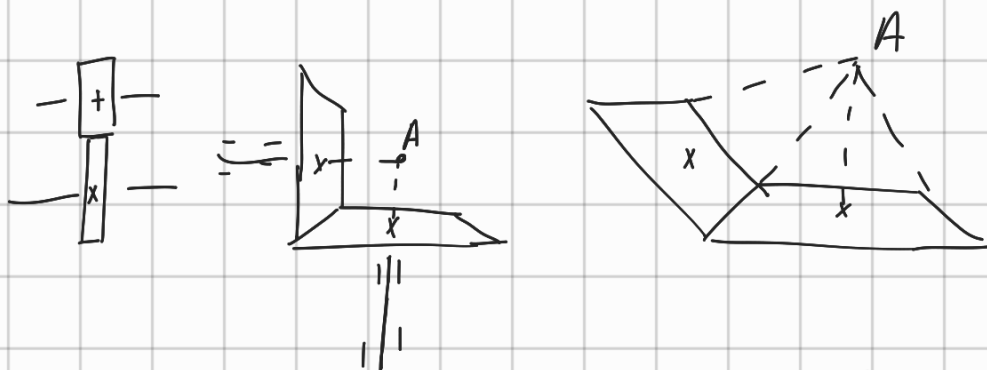
дальше

передачу вращение оси валов пересекаются под произвольным углом. (чаще всего 90°)

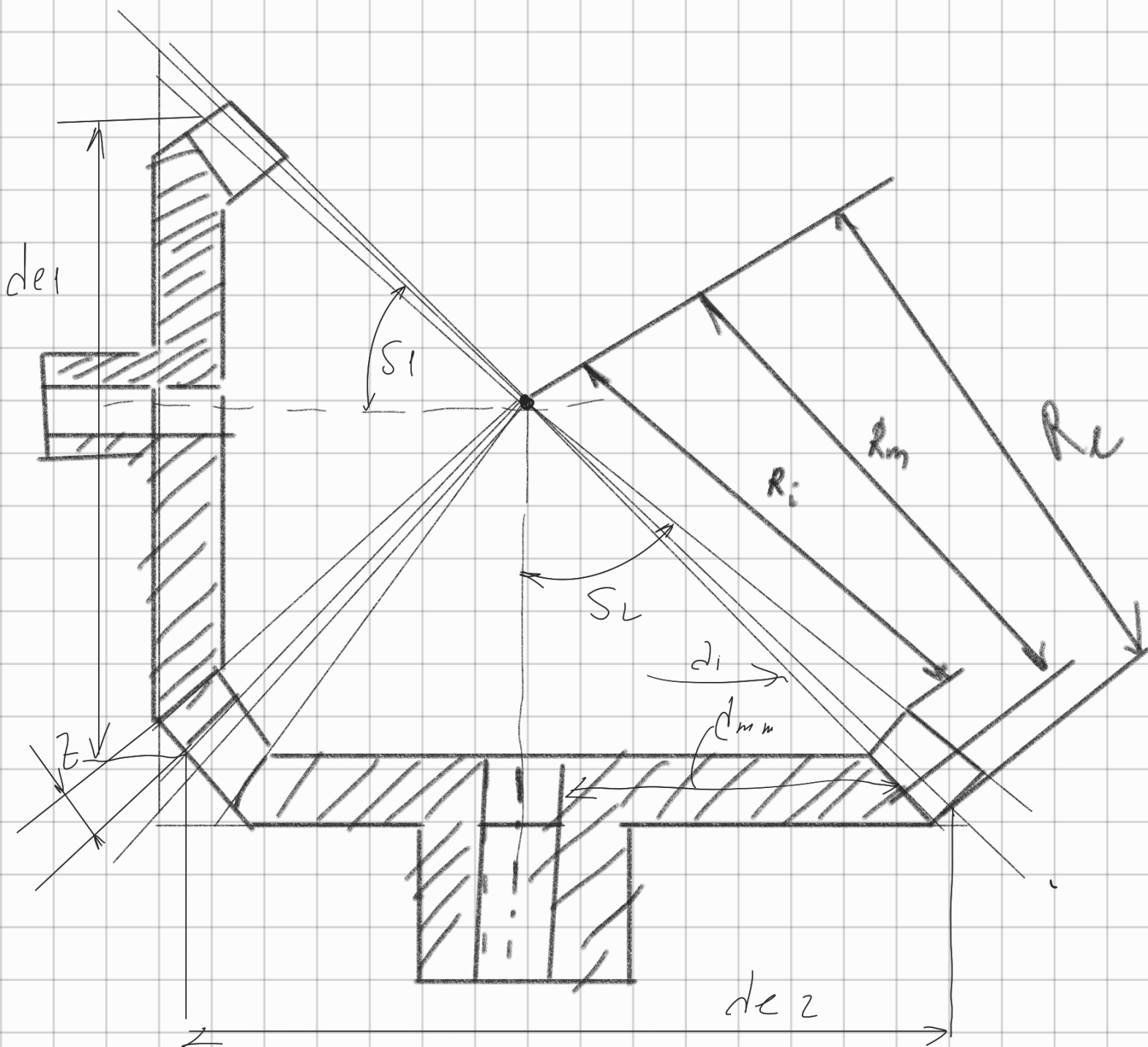
Выполняют с прямыми, косыми и кривошипными

5

Основные геометрические элементы конических передач  
 определены по соприкасающ. конусам, оси которых перес. в т. А

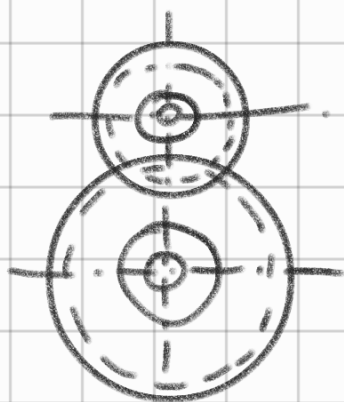


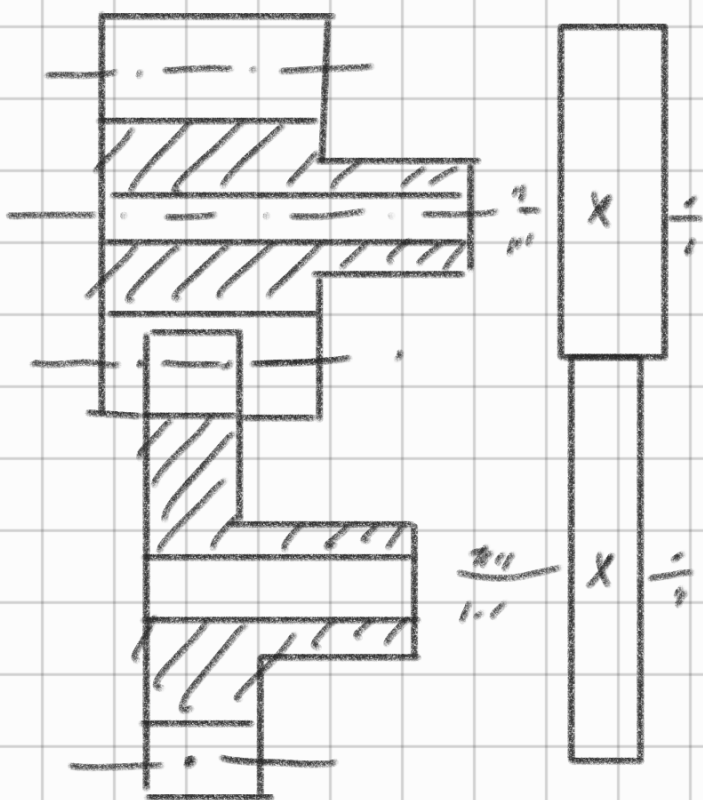
7.11.2024



$R_e$  - внешний  
 $R_m$  - средний  
 $R_i$  - внутренний

) Конусное расстояние





Стандартный явр. вычис. möglich, потому что

по формул издержек

$$R_e = \sqrt{\left(\frac{d_{e1}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_{e2}}{2}\right)^2} = \frac{1}{2} \sqrt{d_{e1}^2 + d_{e2}^2}$$

$$d_{e1} = z_1 \cdot m_e$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = R_e$$

$$d_{e2} = z_2 \cdot m_e$$

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

$$v_{k1} = \omega_1 \cdot \frac{d_{e1}}{2}$$

$$v_{k2} = \omega_2 \cdot \frac{d_{e2}}{2}$$

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{de_2}{de_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

5

$$i = \frac{z_2}{z_1} \quad \leftarrow \text{Кинематический комплексный коэффициент}$$

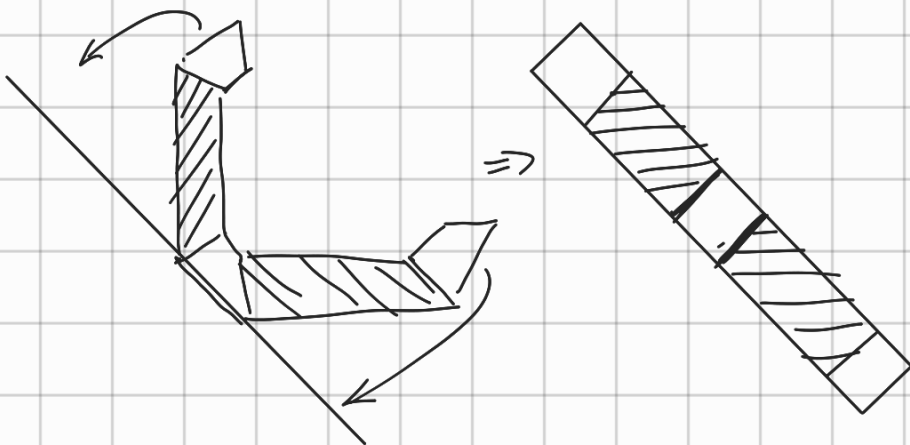
$$i = \frac{de_2}{de_1} = \frac{Re \sin \delta_2}{Re \sin \delta_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1}$$

ДЗ определить при каком  $\alpha$  справедливо  $\sin \alpha \approx \alpha$

$$\operatorname{ctg} \delta_1 = \operatorname{tg} \delta_2 = i_{12}$$

6

Расчет на прочность конич. передач



Расчет параметров конич. конуса ведется на основе эквивалентных цилиндрич. конуса при этом

$$Z_{v1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} \quad Z_{v2}$$



Следует учесть что конич. колесо сможет воспринять  
 лишь 85% от нагрузки экв. цилиндрич. колеса



$$m_{mn} \geq \sqrt{\frac{2,35 Y_F K_H Z}{Z_2 \psi_{bm} [\sigma_F]}}$$

↑ средний модуль конич. колеса

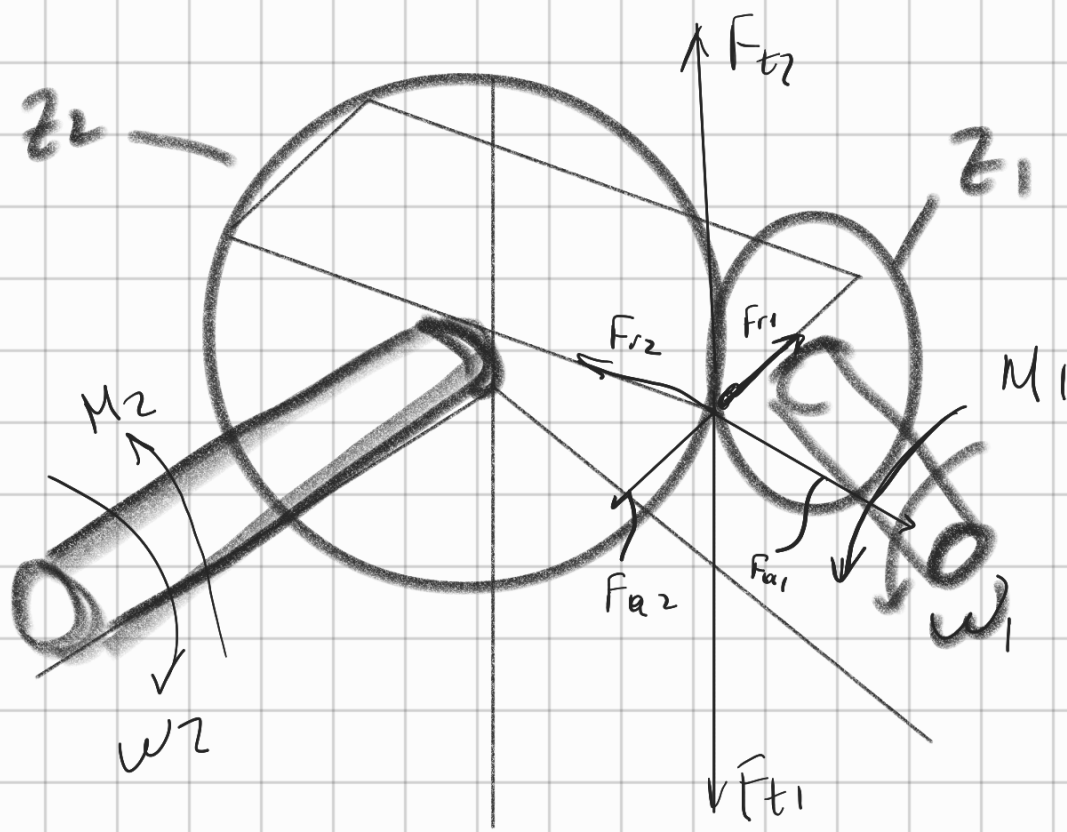
$$\frac{Z}{0,85} = 2,35$$

$$\sigma_{max} \leq 0,85 \sigma_{экв}$$

$$m_e = \frac{m_{mn}}{\frac{b}{2r_e}}$$

Силы и моменты

7



$$F_{t1} = \frac{2M_2}{0,85 d_2} = F_{t2}$$

$$F_{r1} = F_t \cdot \tan \alpha \cos \delta_1 = -F_{a2}$$

$$F_{a1} = F_t \tan \delta_1 \sin \delta_1 = -F_{r2}$$

При расчете конич. передач нужно учитывать конусность входов

Червячная передача

8

Представляет собой винт с трапециев. профилем витка и зубчатое колесо

Винт - червяк; колесо - червячное колесо. Все входы спиральные.

Достоинства:

1) правильность хода

2) Сесиунность

3) эффект самотормозения

ДЗЗ что такое эффект самоторм.

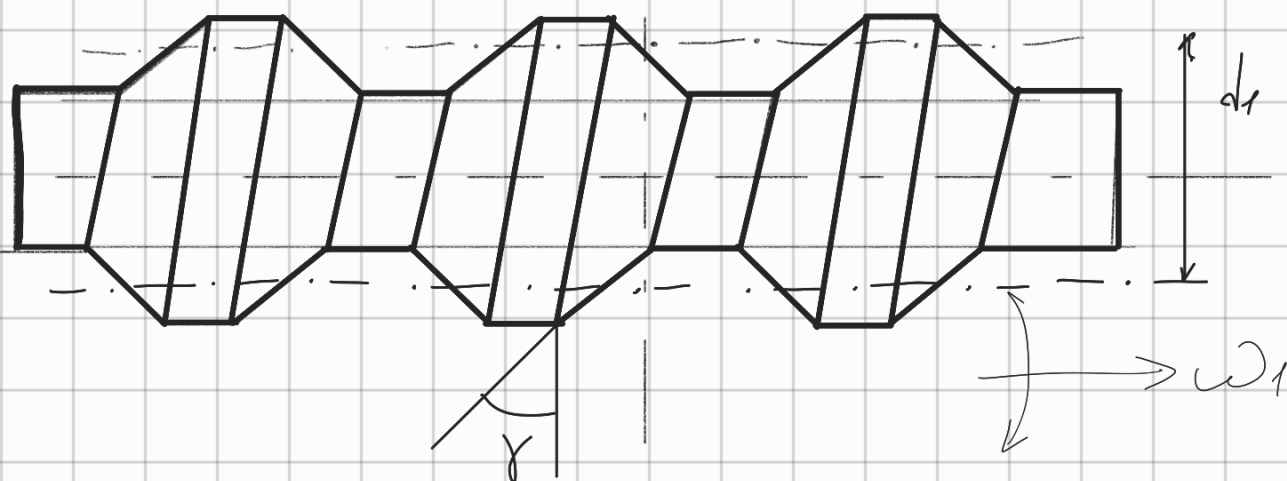
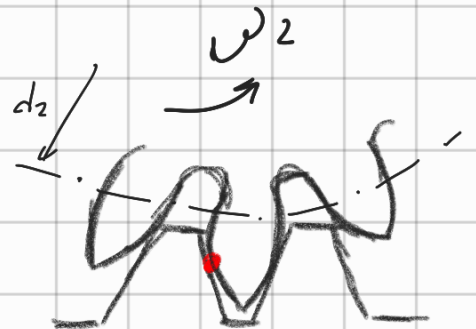
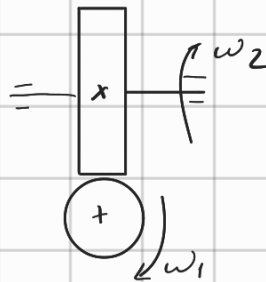
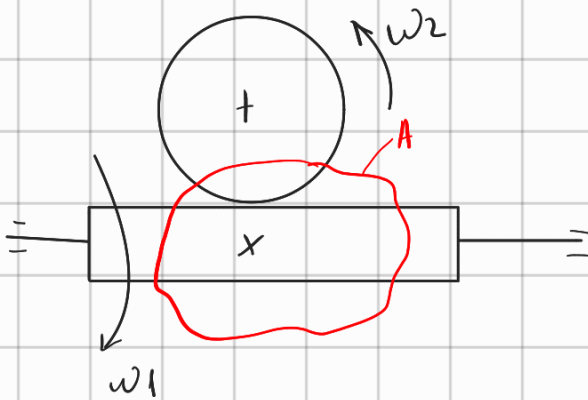
Недостатки

1) Большие потери на трение

2) Низкий КПД

3) Необход. изготовления элементы передачи из дорогих антифрикционных материалов

14.11.2024

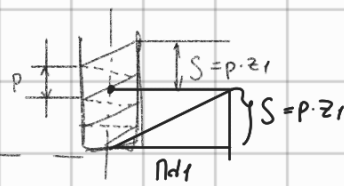
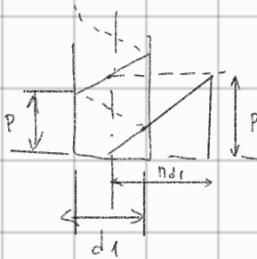


$\gamma$  - угол наклона витки червяка  
 $d_1$  - делительный диаметр червяка

Особенностью червячного колеса - оно явл. косозубым

Причем  $\beta = \gamma$

Кинематика червячной передачи



$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P}{\pi d_1}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{S}{\pi d_1} = \frac{p \cdot z_1}{\pi d_1}$$

← каснозаход червяка

$$d_1 = \frac{p \cdot z}{\pi \operatorname{tg} \gamma} = \frac{m \cdot z}{\operatorname{tg} \gamma}$$

$$d_1 = \frac{p}{\pi \operatorname{tg} \gamma} \quad m - \text{модуль червяка} = \text{модуль зубчатого колеса}$$

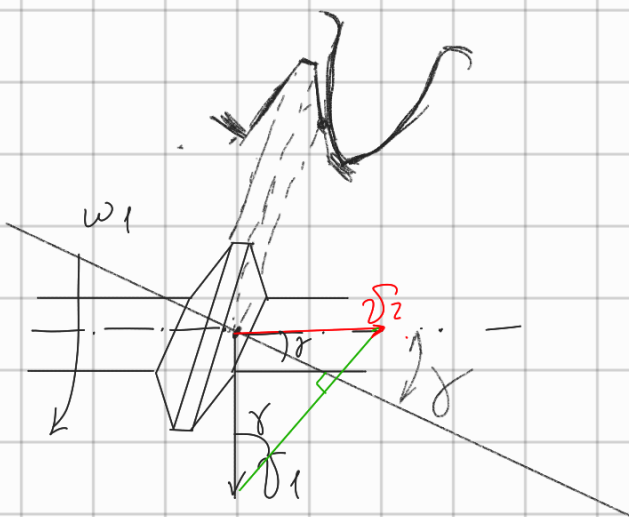
$$d_2 = m z_2$$

$$d_1 = m \frac{z_1}{\operatorname{tg} \gamma} = m q$$

$q$  - коэффициент диаметра червяка

$$q = \frac{z_1}{\operatorname{tg} \gamma}$$

Перед точкой отклонения червяч. передачи



Рассекаем передачу плоскостью  $\perp$  плоскости рисунка так, чтобы её след был ортогонален витке червяка, т.е. составлял угол  $\gamma$  с горизонт. осью. Т.о. мы получим в сечении равнобедренную трапецию от витки червяка и неискривленную эвольвенту

т. к. формула при-та будет ортогональна к  $z_1 z_2$  конуса

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1}$$

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{v_1 d_2 z}{v_2 d_1 z} = \frac{v_1 m \cdot z_2}{v_2 m \cdot q_1} = \frac{v_1}{v_2} \cdot \frac{z_2}{q_1}$$

$$\omega_1 = v_1 / \frac{d_1}{2}$$

$$\omega_2 = v_2 / \frac{d_2}{2}$$

$$v_2 \cos \gamma = v_1 \sin \gamma$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \operatorname{ctg} \gamma$$

$$\left[ i_{12} = \operatorname{ctg} \gamma \cdot \frac{z_2}{z_1} = \frac{z_2}{z_1} \right]$$

$$z_2 = 200 \dots 300$$

$$z_1 = 1, 2, 3$$

$$i_{12} = 300$$

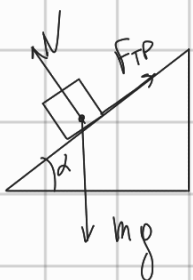
КПД червячной передачи

9-10

Проблема при червяке КПД передачи

$$\eta = \frac{\operatorname{tg} \rho}{\operatorname{tg}(\rho + \gamma)}$$

приведенный угол трения



$$F_{тр} = mg$$

$$F_{тр} = N \cdot \mu = mg \cos \alpha \cdot \mu$$

$$mg \sin \alpha = mg \cos \alpha \cdot \mu \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \mu$$

приведенный угол трения

$$\alpha = \operatorname{arctg}(\mu) \Rightarrow \gamma$$

$$\gamma = 5^\circ$$

$$\beta = 3^\circ \quad \eta = 0,6$$

$$\gamma = 5^\circ$$

$$\beta = 6^\circ \quad \eta = 0,45$$

$$\gamma = 10^\circ$$

$$\beta = 6^\circ \quad \eta = 0,72$$

$$\alpha = 1^\circ, 01^\circ, 10^\circ, 30^\circ$$

$$\sin \alpha \quad \frac{1}{57,3} \quad \frac{0,1}{1,57} \quad \frac{30}{57,3} \approx \frac{1}{2}$$

2) КН Д при безгуми колеса

$$\eta = \frac{\operatorname{tg}(\gamma - \beta)}{\operatorname{tg} \gamma}$$

$$\eta = 0,4$$

$$\eta < 0$$

$$\eta = 0,67$$

Эффект самогормонизации замкнул. в отсутствие обратного звена