



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Энергокинематический расчет привода

2020

Условие задачи

Для заданной схемы привода по определенной (в пункте) уравнивающей силе $F_{ур}$ и угловой скорости кривошипа (коленчатого вала) ω_2 требуется:

подобрать электродвигатель по требуемой мощности,

определить общее передаточное число привода и разбить его по ступеням,

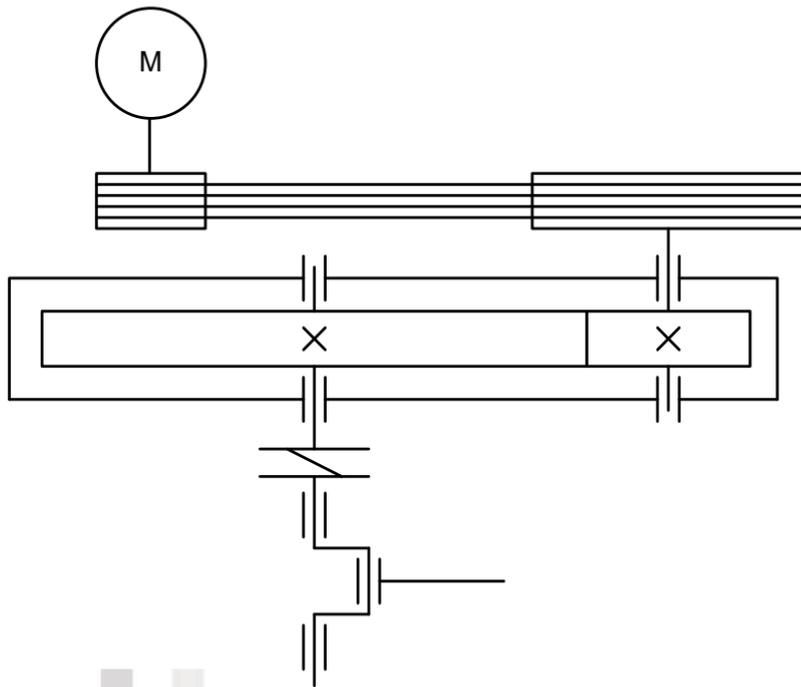
определить мощности на валах привода,

определить частоты вращения валов привода,

определить угловые скорости валов привода,

определить моменты на валах привода.

Исходные данные:



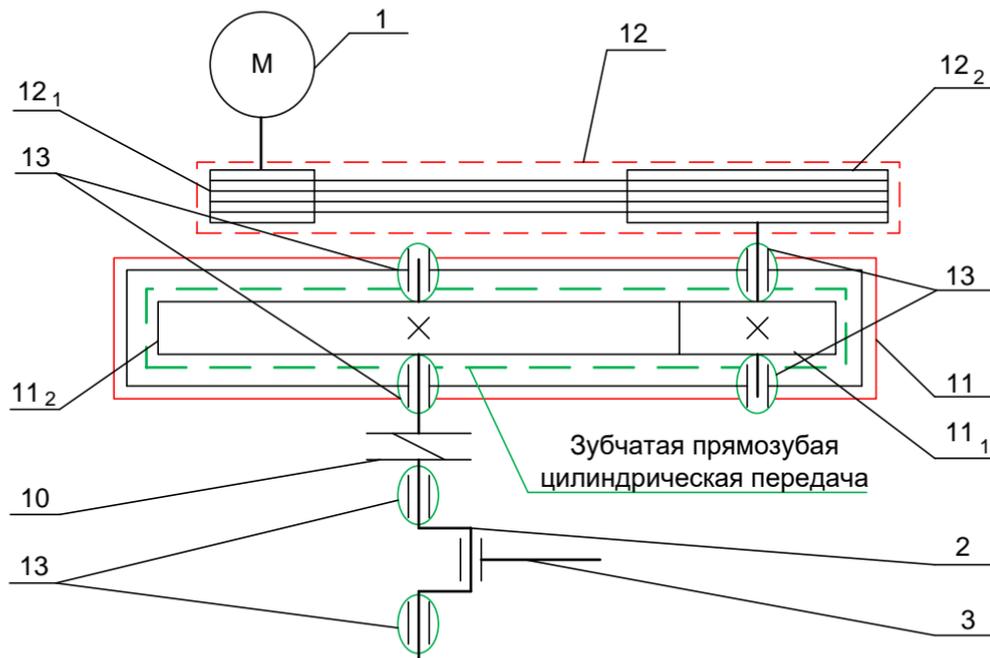
$$F_{\text{ур}} = 26 \text{ кН}$$

$$V_{\text{А}} = 0,21 \text{ м/с}$$

$$\eta_{\text{рм}} = 0,91$$

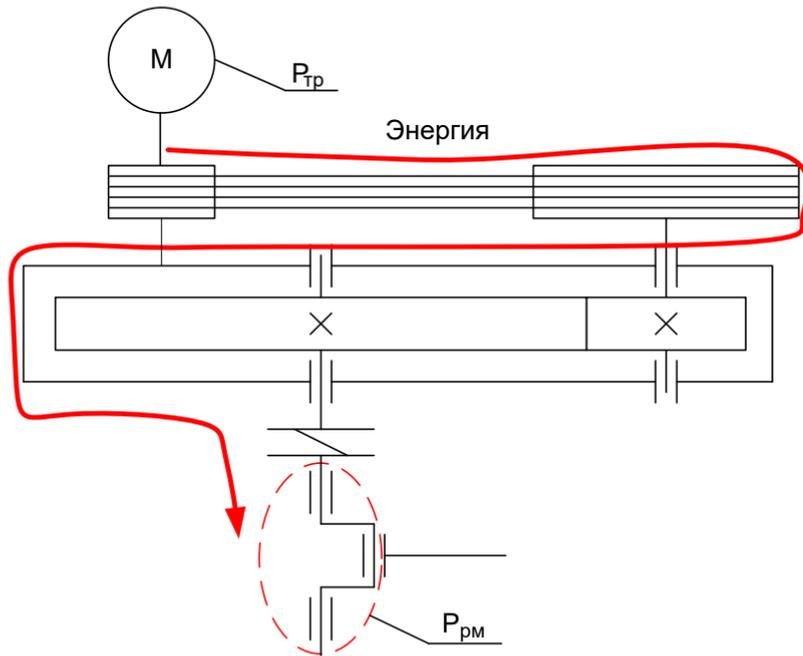
$$\omega_2 = 5 \text{ с}^{-1}$$

Кинематическая схема привода



- 1 – электродвигатель;
- 2 – коленчатый вал;
- 3 – шатун;
- 10 – компенсирующая муфта;
- 11 – одноступенчатый редуктор;
- 11₁ – шестерня цилиндрической передачи;
- 11₂ – колесо цилиндрической передачи;
- 12 – клиноременная передача;
- 12₁ – ведущий шкив клиноременной передачи;
- 12₂ – ведомый шкив клиноременной передачи;
- 13 – пара подшипников качения

Требуемая мощность двигателя



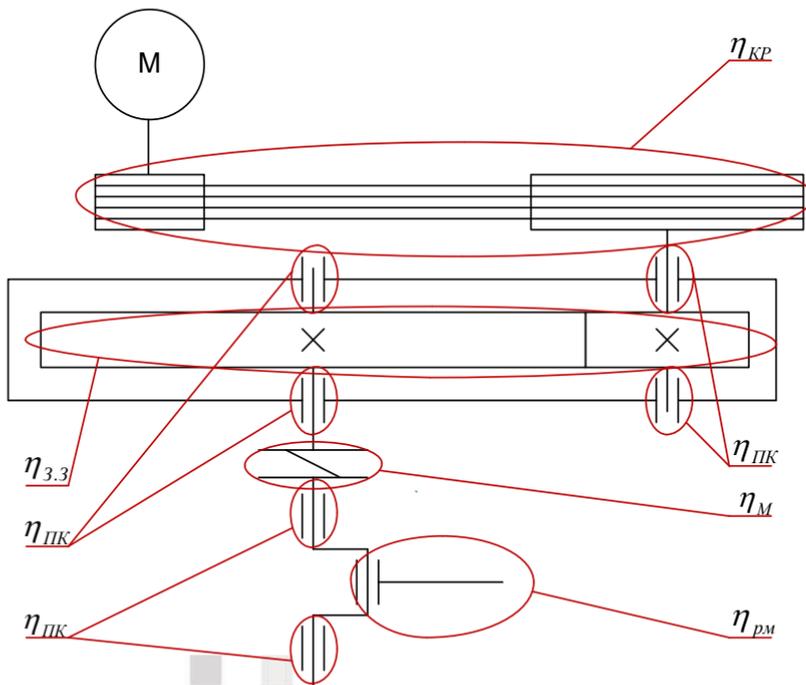
$$P_{TP} = \frac{P_{PM}}{\eta_{общ}}$$

P_{PM} - мощность рабочей машины
(рычажного механизма)

$\eta_{общ}$ - общий КПД привода

Требуемая мощность двигателя

Общее КПД привода



$$\eta_{общ} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots$$

$$\eta_{общ} = \eta_M \cdot \eta_{3.3} \cdot \eta_{KP} \cdot \eta_{PM} \cdot \eta_{ПК}^3$$

η_M - КПД муфты

$\eta_{3.3}$ - КПД закрытой зубчатой передачи

η_{KP} - КПД клиноременной передачи

$\eta_{ПК}$ - КПД подшипников качения

$\eta_{рм}$ - КПД рабочей машины
(рычажного механизма)

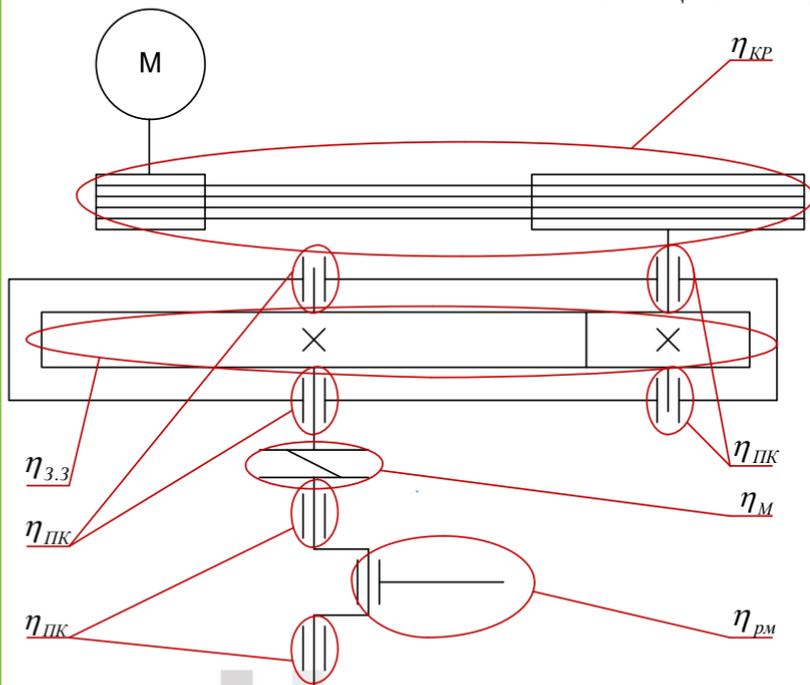
Общее КПД привода

Значения КПД механических передач

Тип передачи	КПД передачи	
	закрытой	открытой
Зубчатая: цилиндрическая коническая	0,96...0,97	0,93...0,95
	0,95...0,97	0,92...0,94
Червячная при передаточном числе u : свыше 30 свыше 14 до 30 свыше 8 до 14	0,70...0,75	—
	0,80...0,85	—
	0,85...0,95	—
Цепная	0,95...0,97	0,90...0,93
Ременная с клиновым и поликлиновым ремнем	—	0,95...0,97
<p>Примечания: 1. Ориентировочные значения КПД закрытых передач в масляной ванне приведены для колес, выполненных по 8-й степени точности, а для открытых – по 9-й.</p> <p>2. Потери в подшипниках на трение оцениваются следующими коэффициентами: для одной пары подшипников качения $\eta = 0,99...0,995$; для одной пары подшипников скольжения $\eta = 0,98... 0,99$.</p> <p>3. Потери в муфте принимаются $\eta = 0,98$.</p>		

Требуемая мощность двигателя

Общее КПД привода



Принимаем:

$$\eta_M = 0,98 \quad \eta_{ПК} = 0,99$$

$$\eta_{3.3} = 0,97 \quad \eta_{рм} = 0,90$$

$$\eta_{кр} = 0,96$$

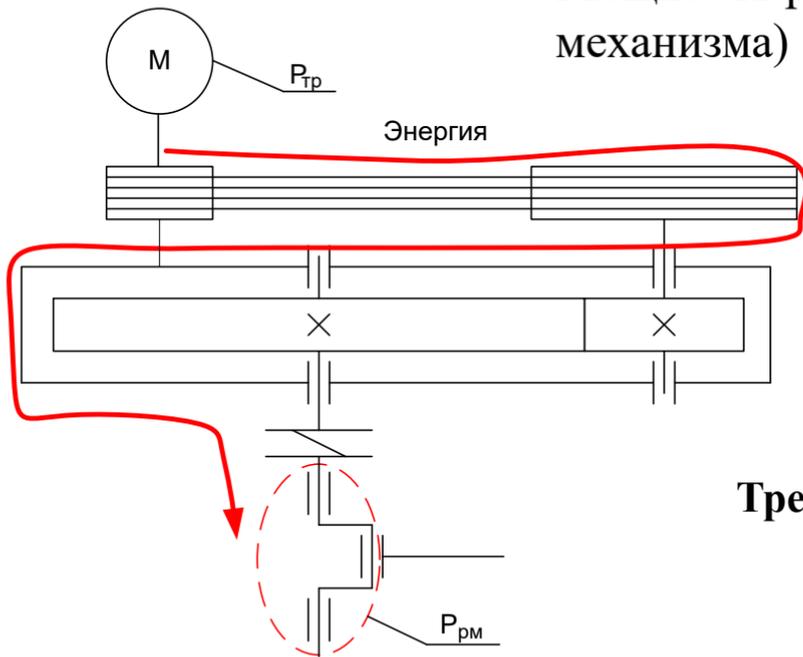
Общий КПД привода:

$$\begin{aligned} \eta_{общ} &= \eta_M \cdot \eta_{3.3} \cdot \eta_{кр} \cdot \eta_{ПК}^3 \cdot \eta_{рм} = \\ &= 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,90 \cdot 0,99^3 = \\ &= 0,797 \end{aligned}$$



Требуемая мощность двигателя

Мощность рабочей машины (рычажного механизма)



$$P_{PM} = \frac{F_{ур} \cdot V_A}{10^3}$$

$F_{ур}$ - уравнивающая сила, Н

V_A - скорость точки А кривошипа, м/с

$$P_{PM} = \frac{26000 \cdot 0,21}{10^3} = 5,46(\text{кВт})$$

Требуемая мощность двигателя

$$P_{TP} = \frac{5,46}{0,797} = 6,85(\text{кВт})$$

Двигатели асинхронные короткозамкнутые трехфазные серии 4А общепромышленного применения; закрытые, обдуваемые. Технические данные.

Номинальная мощность $P_{ном}$, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин							
	3000		1500		1000		750	
	Тип двигателя	Номинальная частота $n_{ном}$, об/мин	Тип двигателя	Номинальная частота $n_{ном}$, об/мин	Тип двигателя	Номинальная частота $n_{ном}$, об/мин	Тип двигателя	Номинальная частота $n_{ном}$, об/мин
1,10	4А71В2У3	2811	4А80А4У3	1400	4А80В6У3	920	4А90ЛВ8У3	698
1,50	4А80А2У3	2850	4А80В4У3	1400	4А90Л6У3	936	4А100Л8У3	698
2,20	4А80В2У3	2850	4А90Л4У3	1419	4А100Л6У3	949	4А112МА8У3	705
3,00	4А90Л2У3	2838	4А100С4У3	1421	4А112МА6У3	945	4А112МВ8У3	701
4,00	4А100С2У3	2880	4А100Л4У3	1421	4А112МВ6У3	949	4А113С8У3	719
5,50	4А100Л2У3	2880	4А112М4У3	1425	4А132С6У3	955	4А132М8У3	720
7,50	4А112М2У3	2922	4А132С4У3	1455	4А132М6У3	973	4А160С8У3	730
11,0	4А132М2У3	2907	4А132М4У3	1458	4А160С6У3	973	-	-
15,0	4А160С2У3	2931	4А160С4У3	1460	4А160М6У3	974	-	-
18,5	4А160М2У3	2931	4А160М4У3	1460	4А180М6У3	975	-	-

Выбор электродвигателя

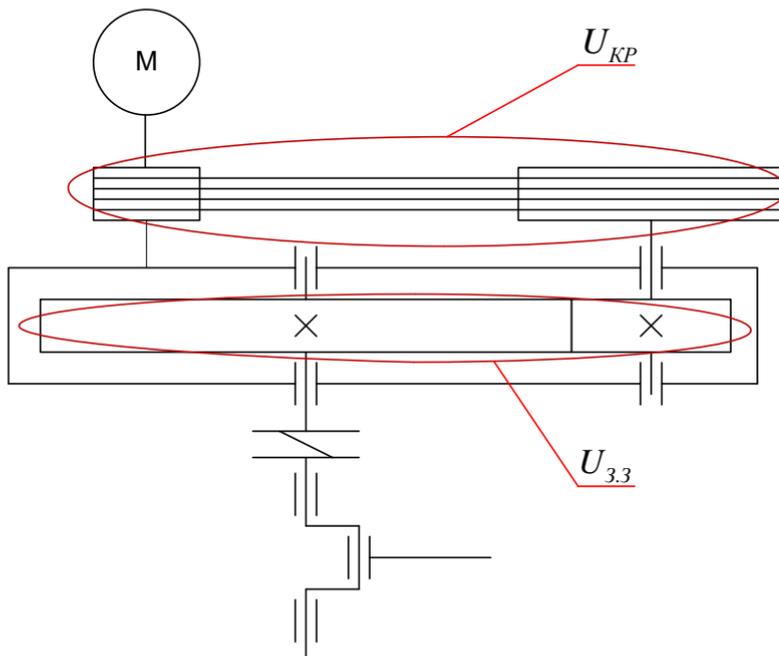
Принимаем двигатель

Принимаем электродвигатель *АИР 160S8* ТУ 16-525.564-84

Номинальная мощность $P_{\text{ном}}$ - 7,5 кВт

Номинальная частота вращения $n_{\text{ном}}$ - 730 мин⁻¹

Общее передаточное число привода



$$U_{общ} = \frac{n_{ном}}{n_{PM}}$$

n_{PM} - частота вращения кривошипа
(коленчатого вала), мин^{-1}

$$n_2 = n_{pm} = \frac{30 \cdot \omega_2}{\pi} = \frac{30 \cdot 5}{3,14} = 47,77 (\text{мин}^{-1})$$

$$U_{общ} = \frac{730}{47,77} = 15,281$$

$$U_{общ} = U_1 \cdot U_2 \cdot U_3 \cdot \dots$$

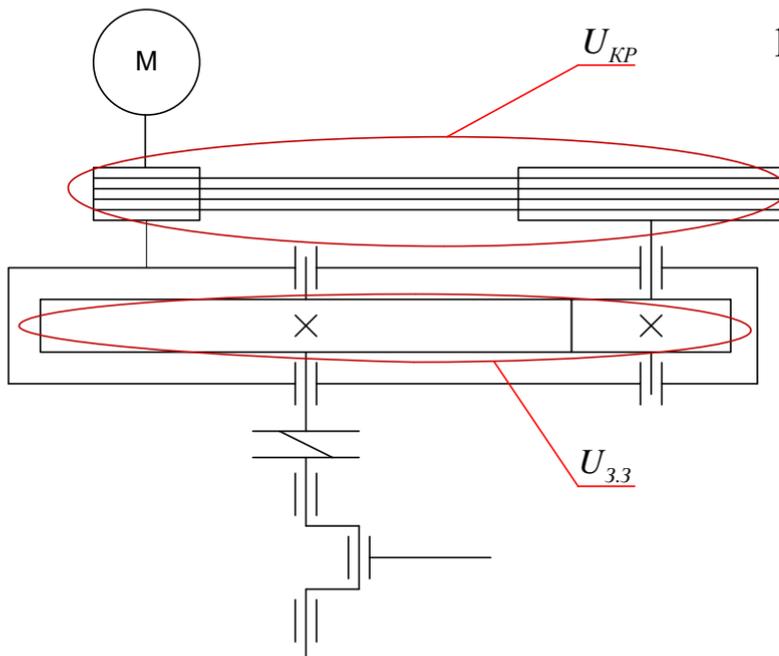
$$U_{Общ} = U_{3.3} \cdot U_{кр} = 15,281$$

Общее передаточное число привода

Рекомендуемые значения передаточных чисел

Тип передачи	Передаточные числа
Закрытые зубчатые передачи (редукторы) одноступенчатые цилиндрические и конические (ГОСТ 2185-66)	1-й ряд: 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3 2-й ряд: 1,8; 2,24; 2,8; 3,55; 4,5; 5,6; 7,1 (Значения 1-го ряда следует предпочитать значениям 2-го ряда)
Закрытые червячные передачи (редукторы) одноступенчатые для червяка с числом витков: $z = 1; 2; 4$ (1-й ряд: 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50 2-й ряд: 9; 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5; 45; 56 (Значения 1-го ряда следует предпочитать значениям 2-го ряда)
Открытые зубчатые передачи:	3...7
Цепные передачи	2...5
Ременные передачи (все типы)	2...4

Общее передаточное число привода



Рекомендуемые передаточные числа для рассматриваемого привода:

$$U_{3.3} = 1,6 \dots 6,3$$

$$U_{KP} = 2,0 \dots 4,0$$

Принимаем:

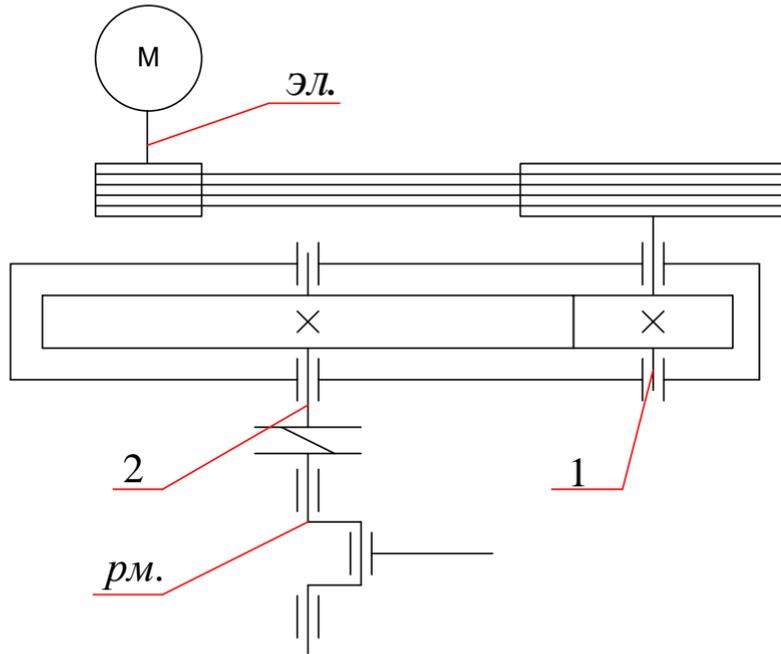
$$U_{3.3} = 5,0$$

Передаточное число клиноременной передачи:

$$U_{KP} = \frac{U_{Общ}}{U_{3.3}} = \frac{15,281}{5,0} = 3,056$$



Определим мощность на валах привода



Обозначение валов привода

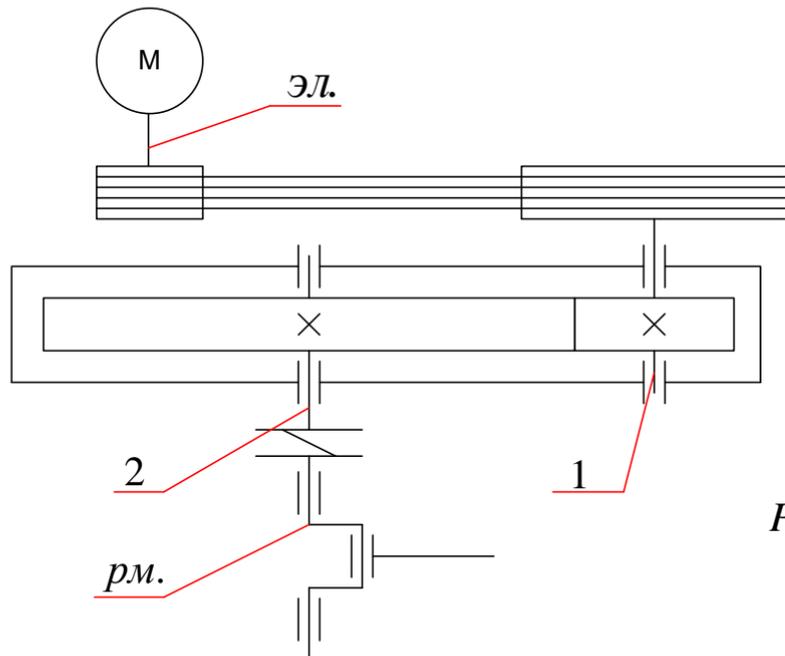
эл. – вал электродвигателя

1 – входной вал редуктора
(быстроходный вал редуктора,
ведущий вал редуктора)

2 – выходной вал редуктора
(тихоходный вал редуктора,
ведомый вал редуктора)

рм. – выходной вал привода

Определим мощность на валах привода



$$P_{эл.} = P_{мп} = 6,85(\text{кВт})$$

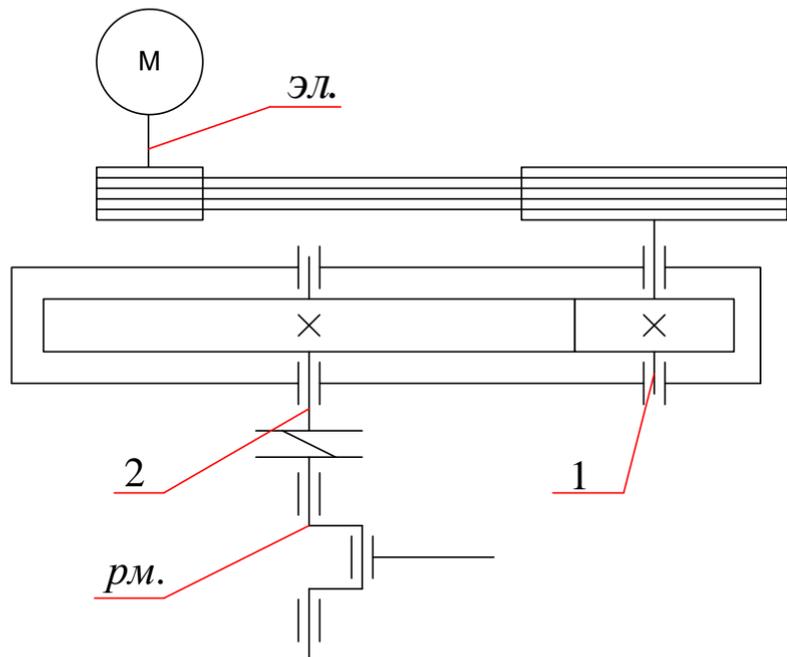
$$P_1 = P_{мп} \cdot \eta_{кр} \cdot \eta_{ПК} = 6,85 \cdot 0,99 \cdot 0,96 = 6,51(\text{кВт})$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{з.з.} \cdot \eta_{ПК} = 6,51 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 6,25(\text{кВт})$$

$$P_{рм} = P_2 \cdot \eta_{рм} \cdot \eta_{ПК} = 6,25 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,90 = 5,46(\text{кВт})$$



Определим частоты вращения валов привода



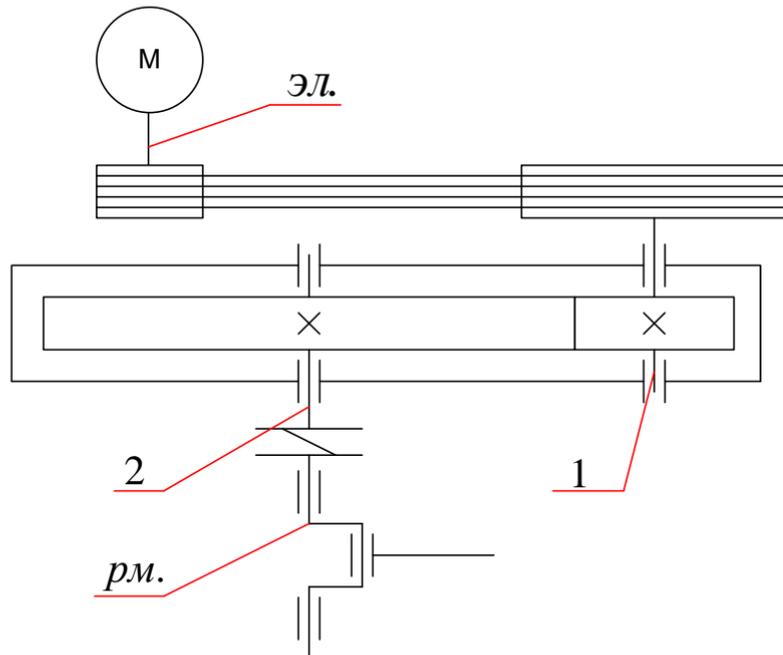
$$n_{\text{эл.}} = n_{\text{ном.}} = 730(\text{мин}^{-1})$$

$$n_1 = \frac{n_{\text{эл.}}}{U_{\text{кр}}} = \frac{730}{3,056} = 238,87(\text{мин}^{-1})$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_{3.3.}} = \frac{238,87}{5} = 47,77(\text{мин}^{-1})$$

$$n_{\text{рм}} = n_2 = 47,77(\text{мин}^{-1})$$

Определим угловые скорости валов привода



$$\omega_{\text{эл.}} = \omega_{\text{ном.}} = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 730}{30} = 76,41(c^{-1})$$

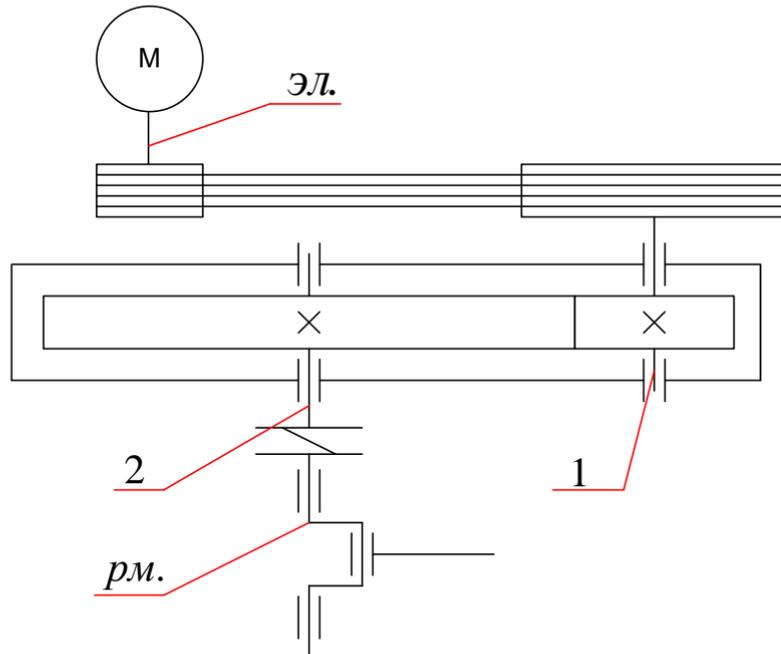
$$\omega_1 = \frac{n_1 \cdot \pi}{30} = \frac{238,87 \cdot 3,14}{30} = 25(c^{-1})$$

$$\omega_2 = \frac{n_2 \cdot \pi}{30} = \frac{47,77 \cdot 3,14}{30} = 5(c^{-1})$$

$$\omega_{\text{рм}} = \omega_2 = 5(c^{-1})$$



Определим вращающие моменты на валах привода



$$T_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{эл.}}}{\omega_{\text{ном}}} = \frac{6,85 \cdot 10^3}{76,41} = 89,65 (\text{H} \cdot \text{м})$$

$$T_1 = T_{\text{эл.}} \cdot U_{\text{КР}} \cdot \eta_{\text{КР}} \cdot \eta_{\text{ПК}} = \\ = 89,65 \cdot 3,056 \cdot 0,99 \cdot 0,96 = 260,38 (\text{H} \cdot \text{м})$$

$$T_2 = T_1 \cdot U_{\text{з.з.}} \cdot \eta_{\text{з.з.}} \cdot \eta_{\text{ПК}} = \\ = 260,38 \cdot 5 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 1250,21 (\text{H} \cdot \text{м})$$

$$T_{\text{рм}} = T_2 \cdot \eta_{\text{рм}} \cdot \eta_{\text{ПК}} = \\ = 1250,21 \cdot 0,99 \cdot 0,98 \cdot 0,90 = 1091,66 (\text{H} \cdot \text{м})$$

Спасибо за внимание!