

Детали машин

Технологическая карта по дисциплине

Техническая механика (Детали машин)

5 семестр – спец. 050501

Машиноведение (Детали машин)

7 семестр – спец. 050502

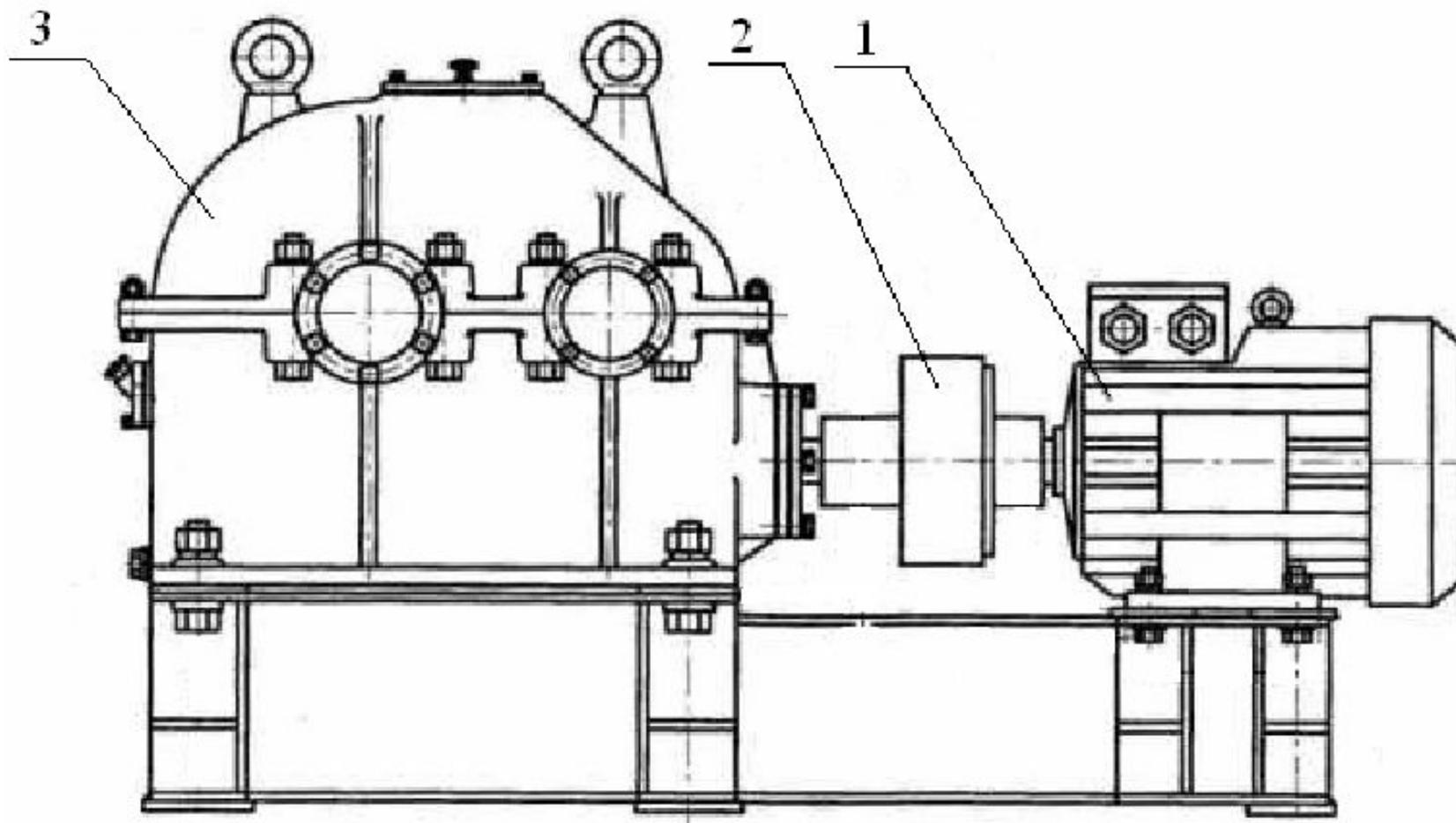
Примерная таблица процентного распределения объема выполненной работы и баллов рейтинга по курсовому проекту

Критерии оценки курсового проекта

Требования к оформлению черновика и расчетно-пояснительной записки к КП

1. Отдельная тетрадь
2. Использовать корректор
3. Описывать выполняемые действия
4. Правильно оформлять формулы: $d = m \cdot Z = 2 \cdot 20 = 40 \text{ мм}$
5. Ссылки на источник [1, с 5, табл. 3]

Примерная схема привода общего назначения



Список литературы

1. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие. - Калининград: Янтар. сказ, 2006. - 454 с.
2. Курсовое проектирование деталей машин /Чернавский С. А. М.: Машиностроение, 1999.
3. Детали машин и основы конструирования: Учеб. пособие для вузов, (ГРИФ) // М.Н. Ерохин, А.В. Карп, и др. – М.: Колос, 2005.
4. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего проф. образ. - 5-е изд., дополн., (ГРИФ) // П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Машиностроение, 2004.
5. Курмаз Л.В., Скойбеда А.Т. Детали машин. Проектирование. – Минск, 2005.
6. Атлас конструкций деталей машин./Решетов Д.Н. М.: Машиностроение, 1979, 364с.

Курсовой проект должен содержать:

1. Сборочный чертеж редуктора
2. Расчетно-пояснительную записку

Содержание расчетно-пояснительной записки

1. Титульный лист
2. Техническое задание
3. Введение
4. Выбор двигателя. Кинематический расчет привода.
5. Выбор материалов зубчатых передач. Определение допускаемых напряжений.
6. Проектный и проверочный расчеты передач привода.
7. Проектный расчет валов. Эскизная компоновка редуктора. Расчетные схемы нагружения валов (эпюры).
8. Проверочный расчет подшипников.
9. Разработка чертежа общего вида редуктора:

- конструирование зубчатых колес;
- конструирование валов;
- конструирование подшипниковых узлов;
- конструирование корпуса редуктора;
- выбор соединений.

10. Выбор муфт.

11. Выбор смазывающих устройств.

12. Проверочные расчеты:

- проверочный расчет валов;
- проверочный расчет шпонок;
- проверочный расчет стяжных винтов подшипниковых узлов;
- проверочный расчет соединений.

13. Расчет технического уровня редуктора.

14. Описание сборки редуктора.

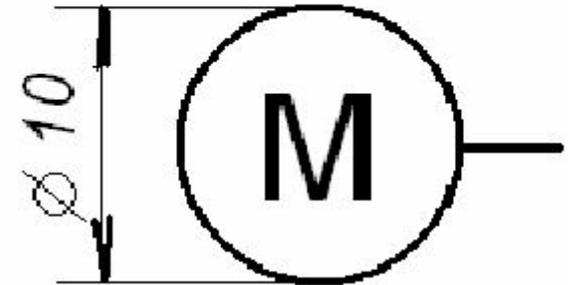
15. Литература.

Условные графические
изображения
элементов привода

Валы и электродвигатели



Вал, ось и т.п.



Электродвигатель

Подшипники качения и скольжения

Без уточнения типа

Радиальные и
радиально-упорные



Упорные



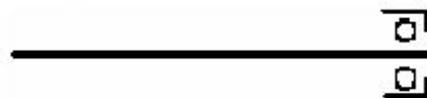
Подшипники качения

Подшипники скольжения

1) Радиальные



2) Радиально-упорные
односторонние



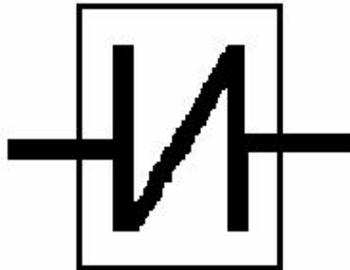
3) Радиально-упорные
двухсторонние



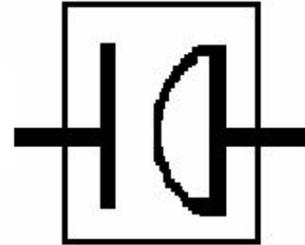
Муфты



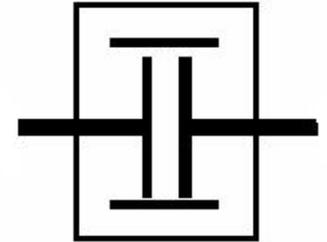
без уточнения типа



упругая

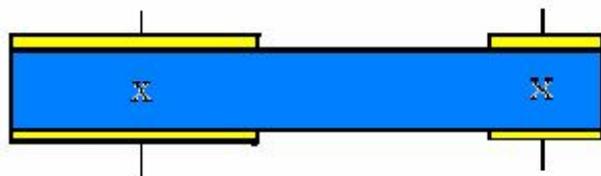
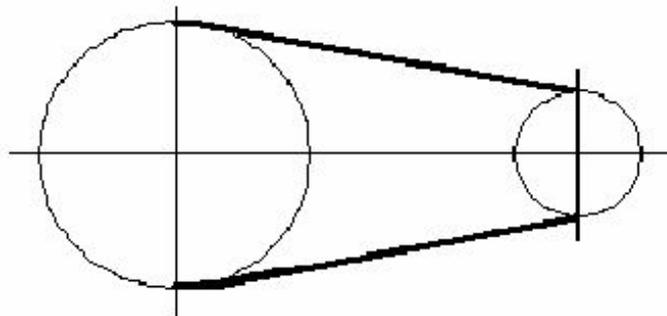


цепная

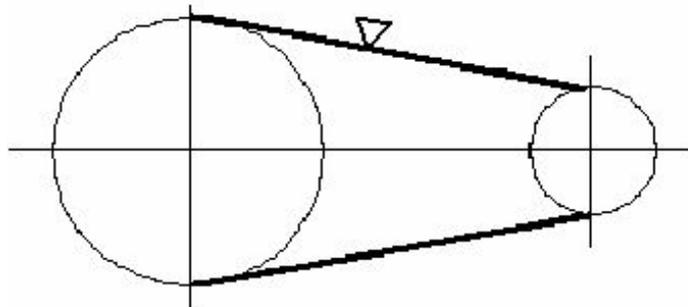


зубчатая

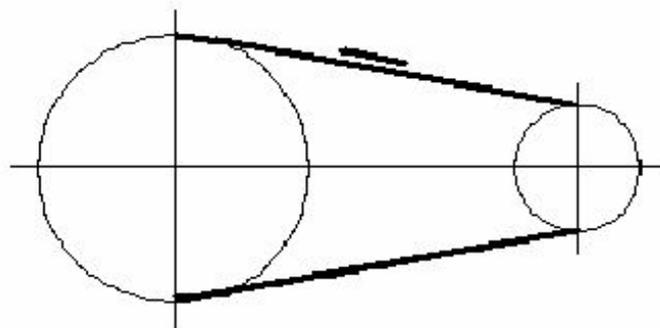
Ременные передачи



без уточнения типа ремня

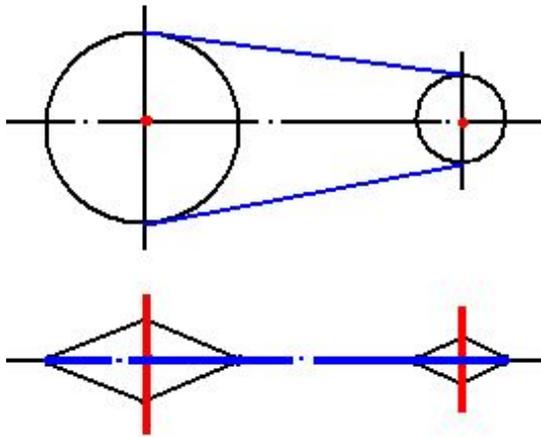


клиновидным ремнем

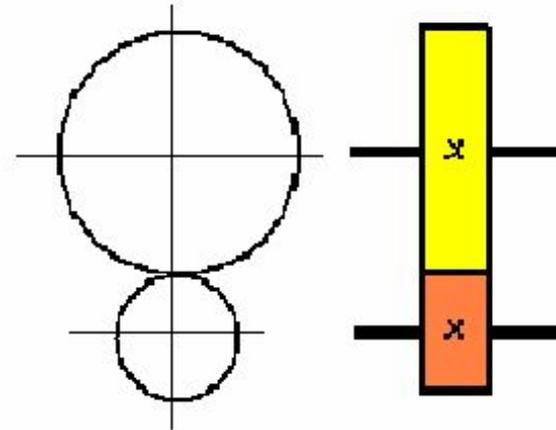


плоским ремнем

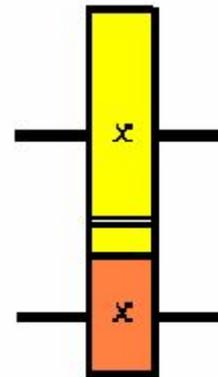
Цепные и зубчатые передачи



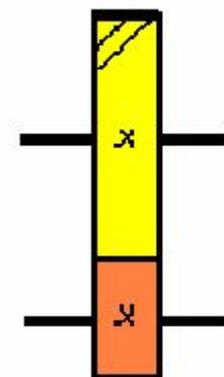
цепные передачи



без уточнения типа зубьев

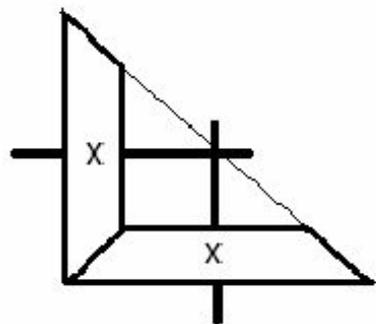


прямозубые

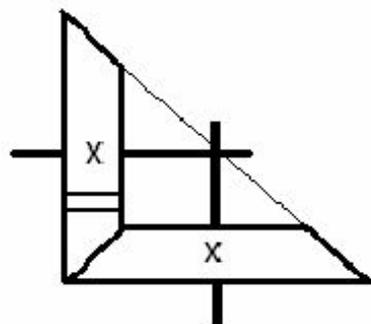


косозубые

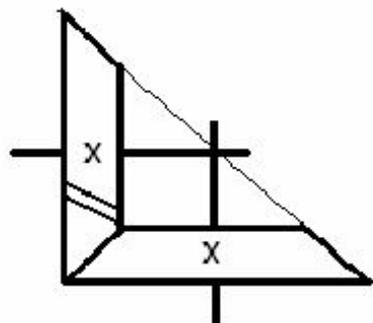
Конические и червячные передачи



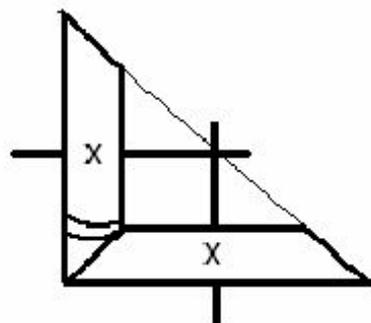
без уточнения типа



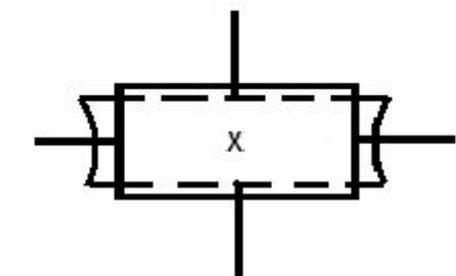
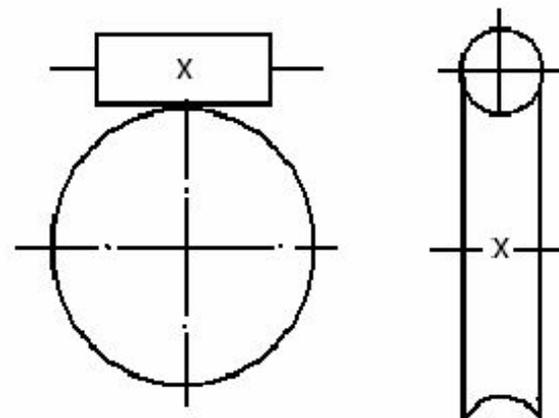
прямозубые



косозубые

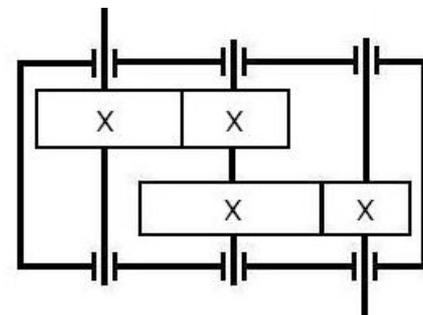
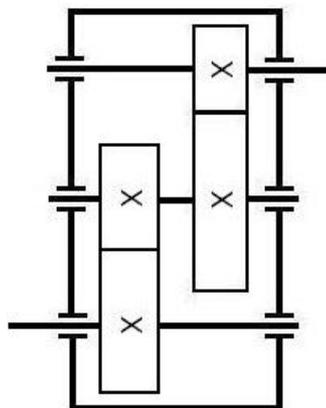
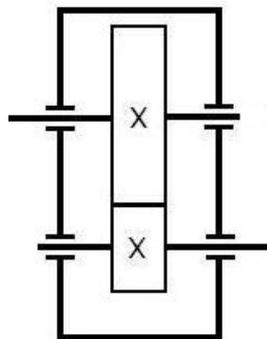
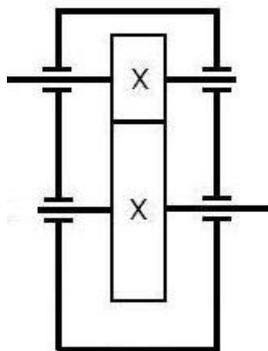


с круговым зубом



червячные передачи

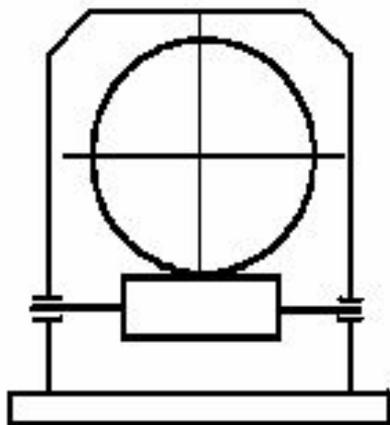
Закрытые передачи (редукторы)



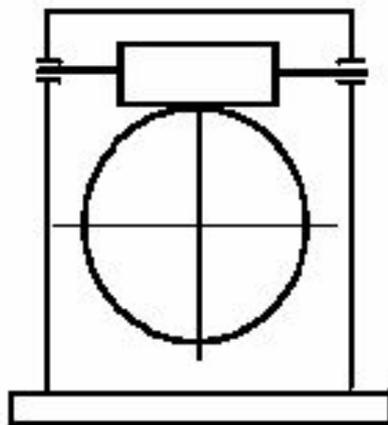
Цилиндрические одно- и двухступенчатые

Червячные редукторы

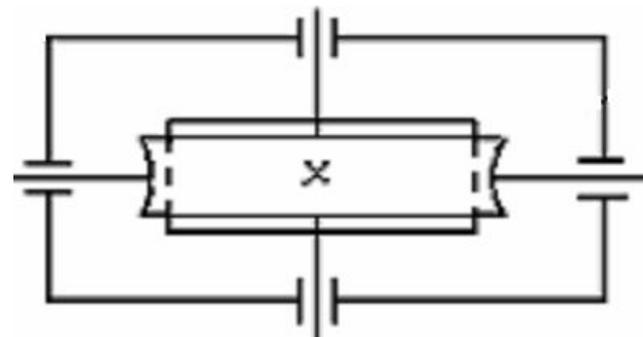
а)



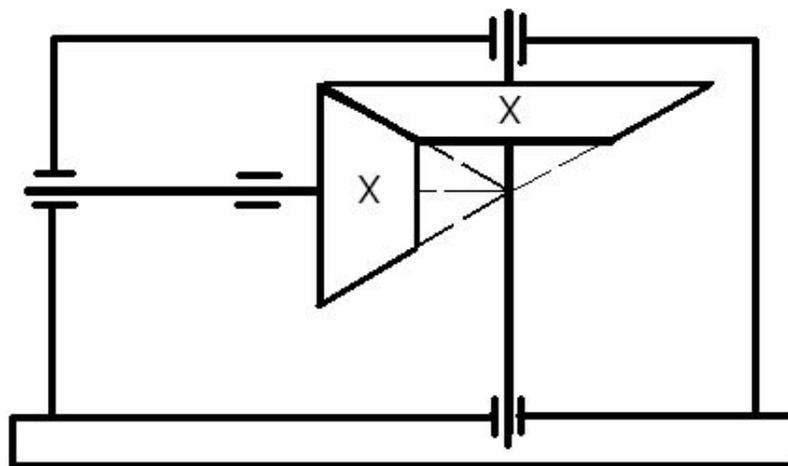
б)



в)



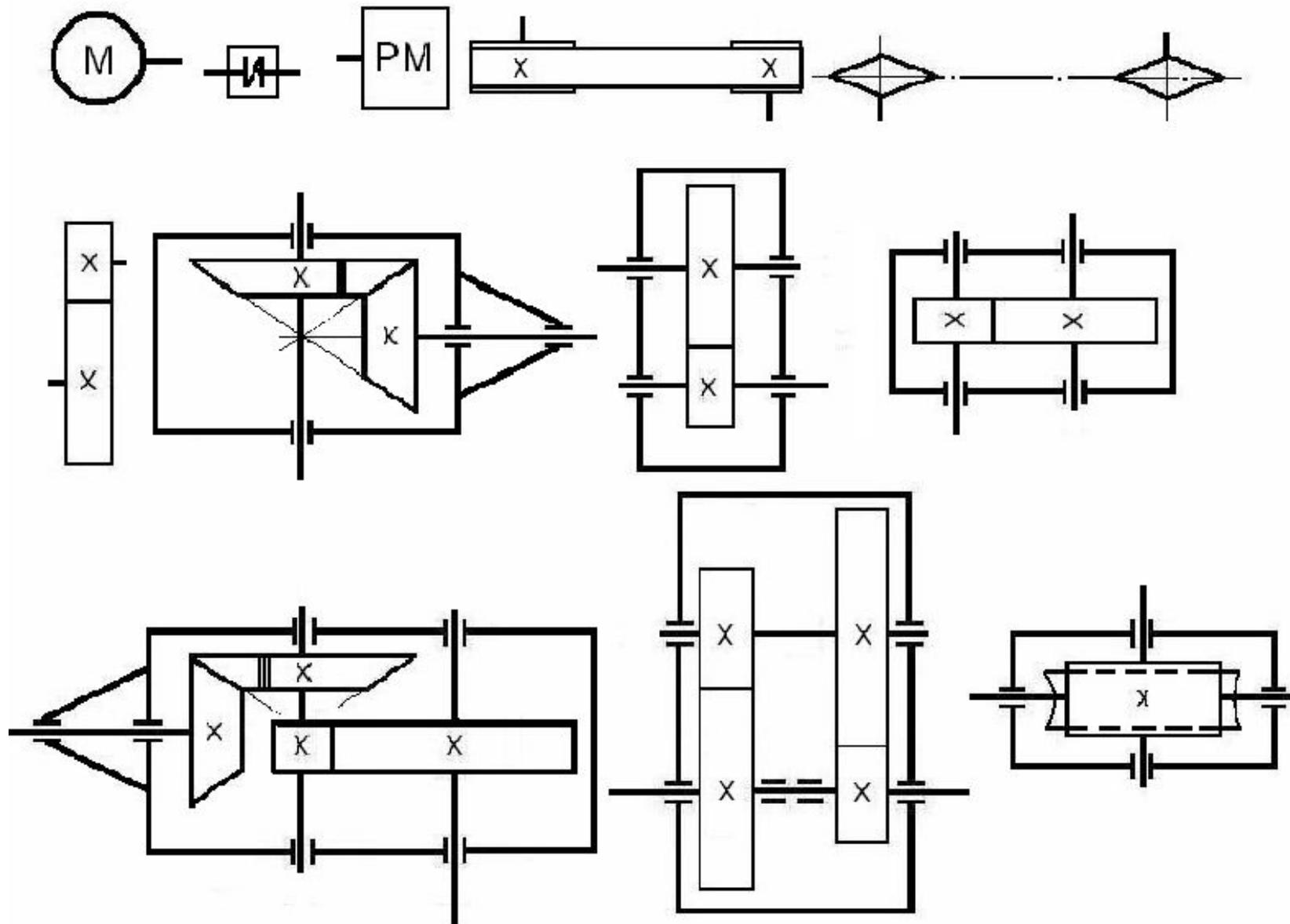
Конический редуктор



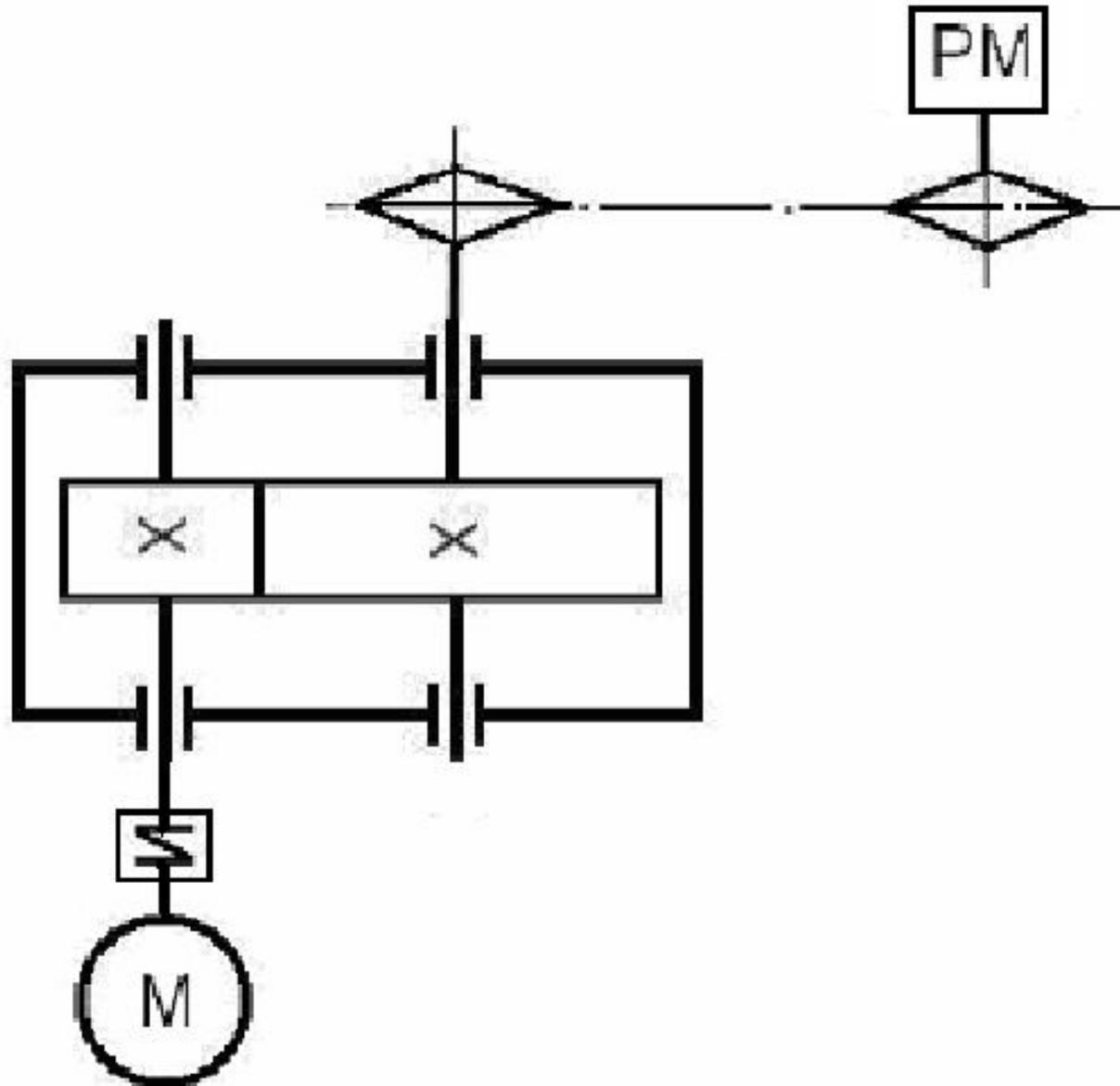
Элементы привода:

- 1 - электродвигатель,
- 2 - муфта,
- 3 - цилиндрический горизонтальный редуктор,
- 4 - цепная передача,
- 5 - рабочая машина

Условные изображения элементов привода:



Кинематическая схема привода



Условие задачи:

Спроектировать привод, состоящий из электродвигателя, цилиндрического двухступенчатого вертикального редуктора и соединительных муфт.

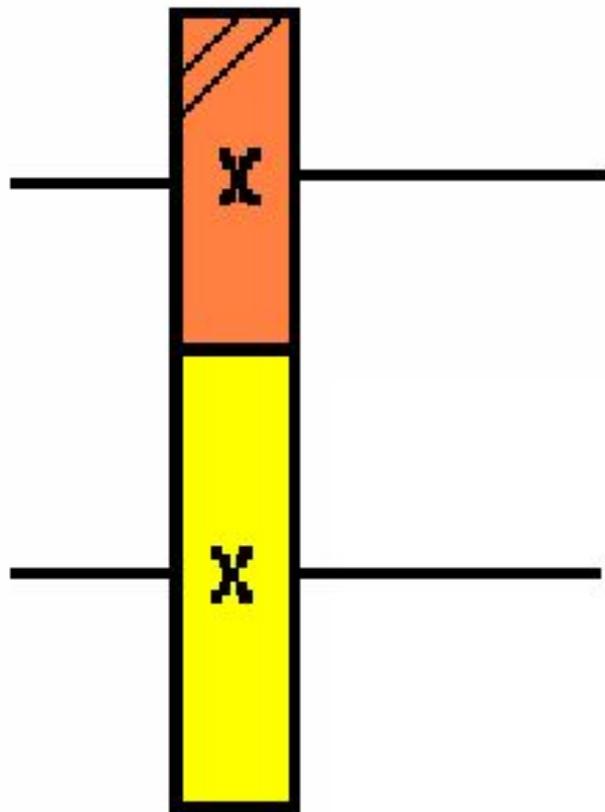
Мощность на валу рабочей машины:

$$P = 4 \text{ кВт}$$

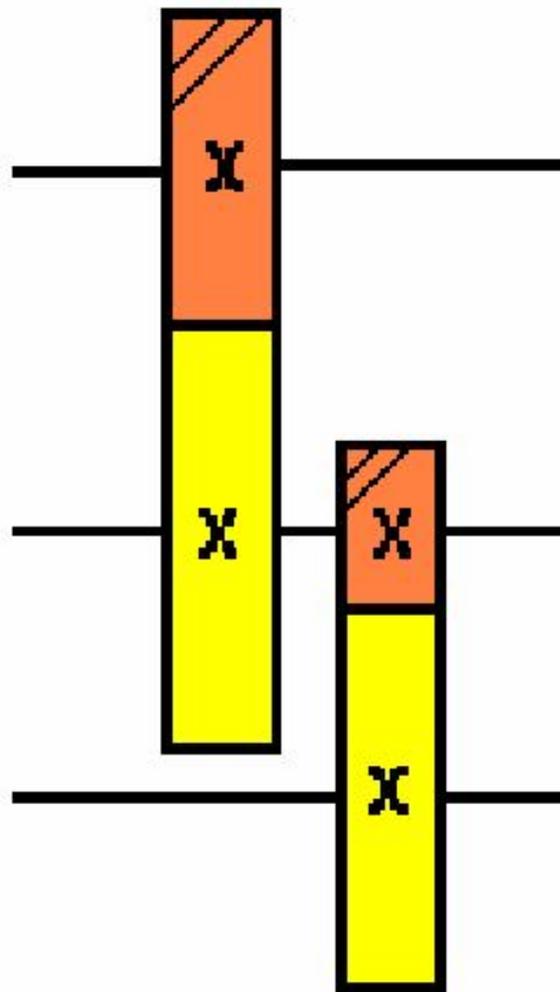
Число оборотов вала рабочей машины:

$$n_3 = 50 \text{ об / мин}$$

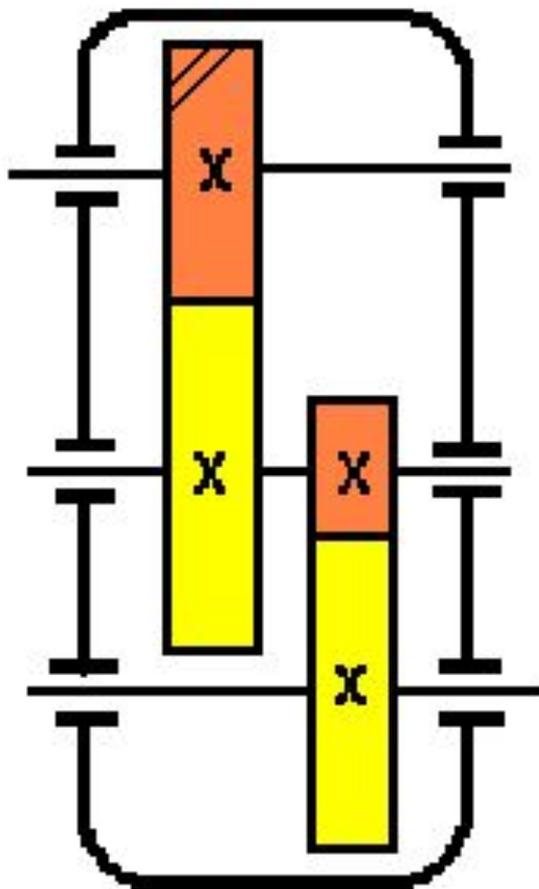
Кинематическая схема привода



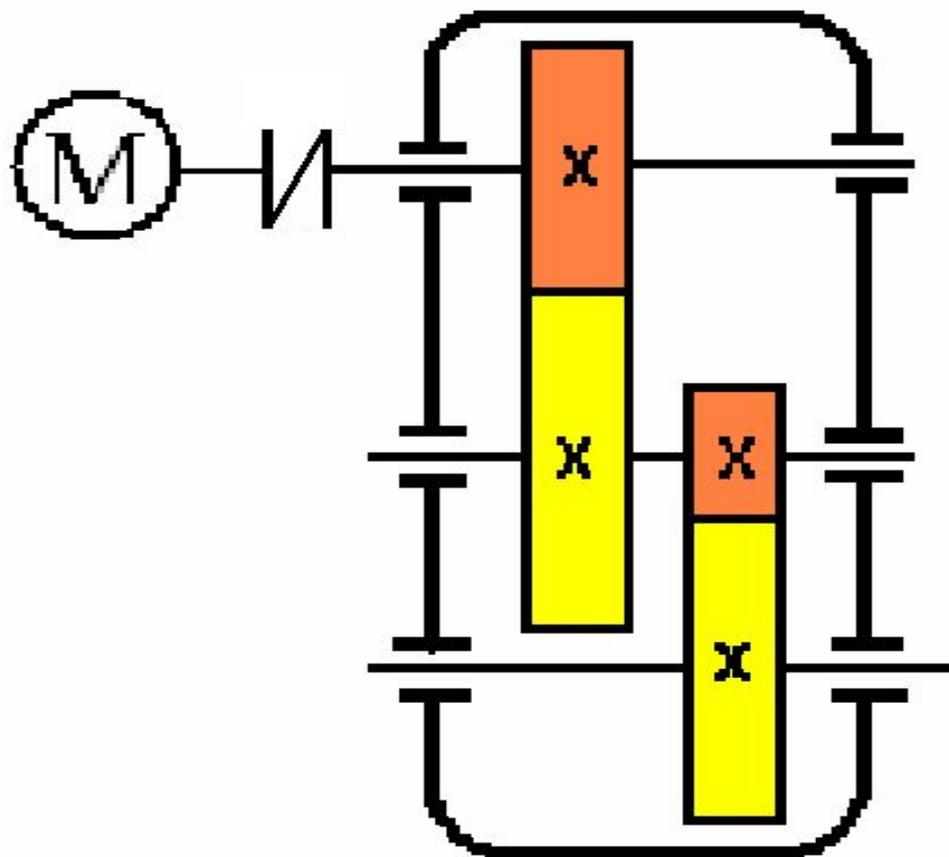
Кинематическая схема привода



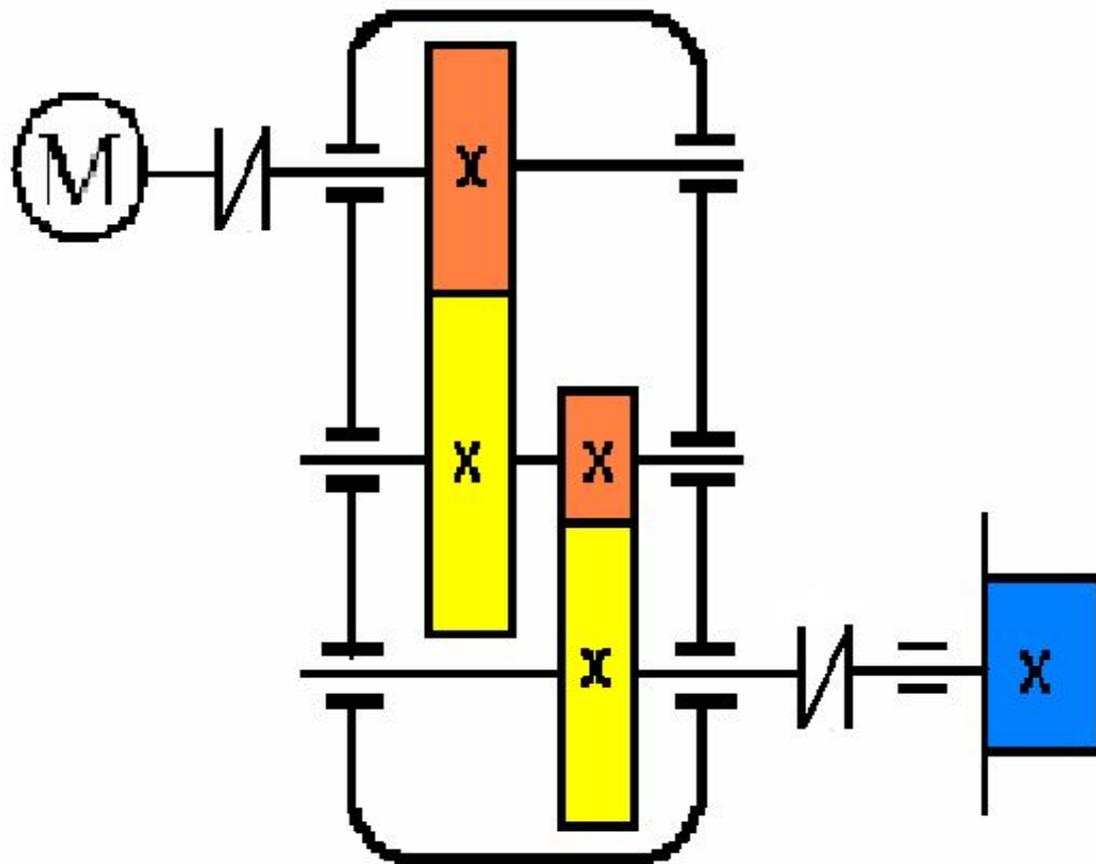
Кинематическая схема привода



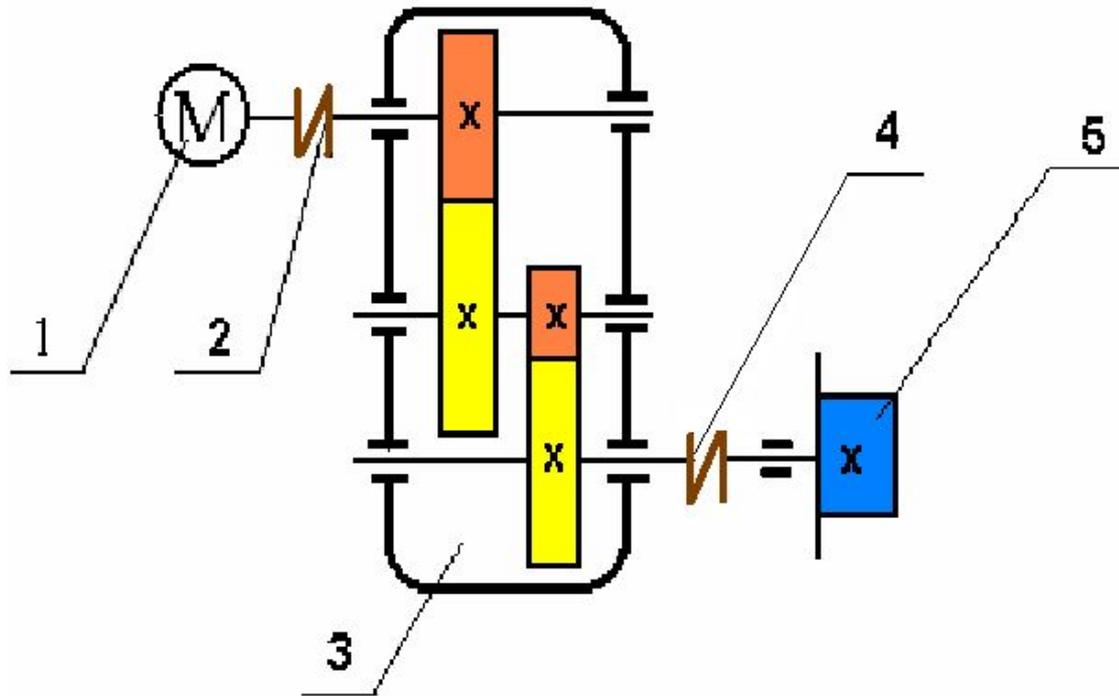
Кинематическая схема привода



Кинематическая схема привода



Кинематическая схема привода



- 1 – электродвигатель,
- 2 – муфта упругая,
- 3 – редуктор цилиндрический двухступенчатый вертикальный
- 4 – муфта упругая,
- 5 – рабочая машина

Условия эксплуатации:

Привод предназначен для передвижения тележки мостового крана.

Работа в течение 5 лет, в 2 смены, нагрузка постоянная, режим работы реверсивный, продолжительность смены - 8 часов.

1. Ресурс привода:

$$L_h = 365L_r t_c L_c = 365 \cdot 5 \cdot 8 \cdot 2 = 29200ч$$

где L_r – срок службы привода

t_c – продолжительность смены

L_c – число смен

$$L_h = 29200 \cdot 0,85 = 24820ч$$

Принимаем рабочий ресурс привода 25 000 ч.

Кинематический расчет привода

Цель:

1. Определить мощность электродвигателя.
2. Выбрать и обосновать выбор электродвигателя.
3. Определить общее передаточное число привода.
4. Определить кинематические и силовые параметры привода.

Мощность рабочей машины:

$$P = F \cdot v$$

где F - тяговая сила, кН;

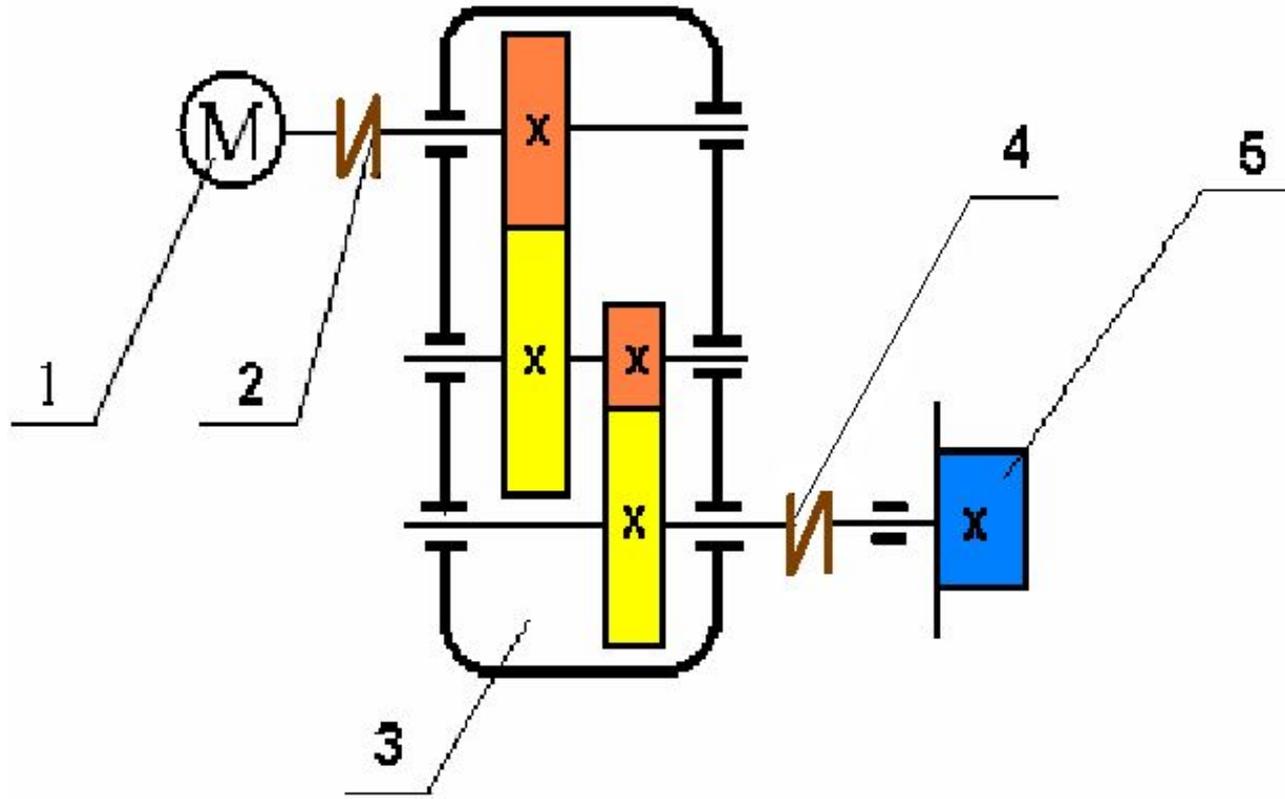
v - линейная скорость тягового органа рабочей машины, м/с.

$$P = T \cdot \omega$$

где T - вращающий момент вала рабочей машины, кН · м

ω - угловая скорость тягового органа рабочей машины, рад/с.

Общий КПД привода



$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{м}}^2 \cdot \eta_{\text{зп}}^2 \cdot \eta_{\text{пк}}^3$$

Значения КПД механических передач (без потерь в подшипниках)

Тип передачи	Открытая	Закрытая
Зубчатые передачи		
Цилиндрическая	0,93 – 0,95	0,96 – 0,97
Коническая	0,92 – 0,94	0,95 – 0,97
Червячные, в зависимости от передаточного числа:		
$u = 8 \div 14$		0,85 – 0,95
$u = 14 \div 30$		0,80 – 0,85
свыше 30		0,70 – 0,75
Цепные передачи		
Цепная	0,90 – 0,93	
Ременные передачи		
Плоским ремнем	0,96 – 0,98	
Клиновым (поликлиновым) ремнем	0,95 – 0,97	

Примечание:

Значения КПД приведены для передач, выполненных по 9-й степени точности, с изменением степени точности КПД изменяют на 1 % соответственно; для червячной передачи предварительное значение КПД принимают заниженным (0,75 – 0,80), после расчета основных параметров передачи значение КПД уточняют; КПД одной пары подшипников качения принимают равным $\eta_{\text{шк}} = 0,990 \div 0,995$; подшипников скольжения - $\eta_{\text{шк}} = 0,98 \div 0,99$; КПД муфты (не зависимо от конструкции) - $\eta_{\text{м}} = 0,98$.

Общий КПД привода

$$\eta_{общ} = \eta_m^2 \cdot \eta_{зп}^2 \cdot \eta_{пк}^3 = 0,98^2 \cdot 0,965^2 \cdot 0,993^3$$

[1, с.5, табл.1.1]

Мощность электродвигателя

$$\eta_{\text{общ}} = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{зат}}} = \frac{P_{\text{рм}}}{P_{\text{дв}}}$$

$$\Rightarrow P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{рм}}}{\eta_{\text{общ}}}$$

Двигатели асинхронные короткозамкнутые трехфазные серии 4А общепромышленного применения. Технические данные

Номинальная мощность $P_{ном}$ кВт	Синхронная частота вращения, об/мин							
	3000		1500		1000		750	
	Тип двигателя	Ном. част.	Тип двигателя	Ном. част.	Тип двигателя	Ном. част.	Тип двигателя	Ном. част.
0,25	4AA56B2Y3	2770	4AA63A4Y3	1380	42A63B6Y3	890	4A71B8Y3	680
0,37	4A63A2Y3	2750	4AA63B4Y3	1365	4A71A6Y3	910	4A80A8Y3	675
0,55	4A63B2Y3	2740	4A71A4Y3	1390	4A71B6Y3	900	4A80B8Y3	700
0,75	4A71A2Y3	2840	4A71B4Y3	1390	4A80A6Y3	915	4A90LA8Y3	700
1,1	4A71B2Y3	2810	4A80A4Y3	1420	4A80B6Y3	920	4A90LB8Y3	700
1,5	4A80A2Y3	2850	4A80B4Y3	1415	4A90L6Y3	935	4A100L83	700
2,2	4A80B2Y3	2850	4A90L4Y3	1425	4A100L6Y3	950	4A112MA8Y3	700
3	4A90L2Y3	2840	4A100S4Y3	1435	4A112MA6Y3	955	4A112MB8Y3	700
4	4A100S2Y3	2880	4A100L4Y3	1430	4A112MB6Y3	950	4A32S8Y3	720
5,5	4A100L2Y3	2880	4A112M4Y3	1445	4A132S6Y3	965	4A132M8Y3	720
7,5	4A112M2Y3	2900	4A132S4Y3	1455	4A132M6Y3	970	4A160S8Y3	730
11	4A132M2Y3	2900	4A132M4Y3	1460	4A160S6Y3	975	4A160M8Y3	730
15	4A160S2Y3	2940	4A160S4Y3	1465	4A160M6Y3	975	4A180M6Y3	730

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$				
Передаточное число быстроходной ступени u_B .				
Передаточное число тихоходной ступени u_T .				
Фактическое общее передаточное число редуктора, $u_{ф.общ.}$				
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %				

Требуемое общее передаточное число привода

$$u_{\text{треб.общ}} = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{рм}}}$$

Требуемая частота вращения вала рабочей машины
(об/мин):

$$n_3 = \frac{30\omega_3}{\pi}$$

Для ленточных конвейеров: $n_3 = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v}{\pi \cdot D};$

Для цепных конвейеров: $n_3 = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v}{z \cdot p}$

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .				
Передаточное число тихоходной ступени u_T .				
Фактическое общее передаточное число, $u_{ф.общ.}$				
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %				

Разбивка передаточного числа по ступеням

$$u_{ред} = u_B \cdot u_T$$

Рекомендуемые стандартные значения передаточных чисел

Закрытые зубчатые передачи (редукторы) одноступенчатые цилиндрические и конические (ГОСТ 2185-66): 1-й ряд - 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3;
2-й ряд - 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 $Z_1=1; 2; 4$ (ГОСТ 2144-75):
1-й ряд - 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5;
2-й ряд - 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5.
Значения 1-го ряда следует предпочитать значениям 2-го ряда.

Открытые зубчатые передачи: 3...7

Цепные передачи: 2...4

Ременные передачи (все типы): 2...3

Рекомендации при разбивке общего передаточного числа по ступеням:

1. Цилиндрический двухступенчатый горизонтальный:

$$d_2 = d_4 \quad d_4 > d_2 \quad u_B > u_T$$

$$u_B = \sqrt[3]{0,7u_{ред}^2 - (0,01 \div 0,02)u_{ред}} \quad \frac{\varphi_T}{\varphi_B} = 1,7$$

2. Цилиндрический двухступенчатый соосный:

$$u_T = 0,9\sqrt{u_{ред.}} \quad u_T = \sqrt{u_{ред.}}$$

$$u_B = u_T \quad \frac{\varphi_T}{\varphi_B} = 1,5$$

Рекомендации при разбивке общего передаточного числа по ступеням:

3. Цилиндрический двухступенчатый вертикальный: $u_B < u_T$

$$u_B = 0,88\sqrt{u_{ред}} \quad u_T = \frac{u_{ред}}{u_B} \quad \frac{\varphi_T}{\varphi_B} = 1,3$$

4. Коническо-цилиндрический редуктор:

$$u_T = 0,63\sqrt[3]{u^2} \quad u_B = (0,22 \div 0,28)u$$

Рекомендации при разбивке общего передаточного числа по ступеням:

5. Цилиндрическо-червячный редуктор: $u_A = (0,03 \div 0,09)u_{\delta\dot{\alpha}\ddot{a}}$

6. Червячно-цилиндрический: $u_O = (0,03 \div 0,09)u_{\delta\dot{\alpha}\ddot{a}}$

7. Червячный двухступенчатый: $A_T = 2A_B$

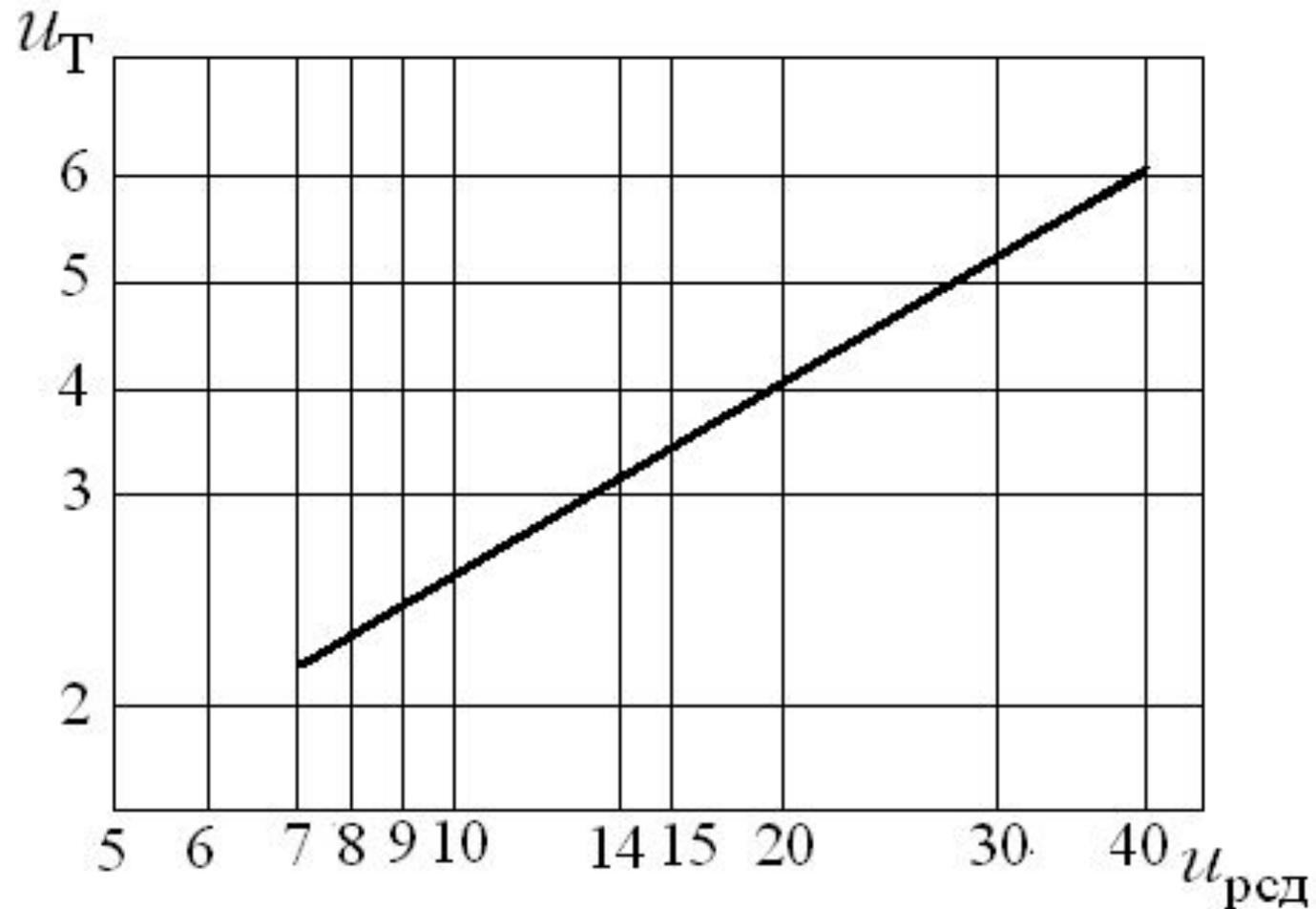


График для определения передаточного числа тихой ступени в двухступенчатых редукторах

Передаточное число быстроходной ступени

$$u_{\delta} = 0,88\sqrt{u_{ред}} \quad u_{ред} = 19,3$$

$$u_{\delta} = 4$$

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени u_T .				
Фактическое общее передаточное число, $u_{ф.общ.}$				
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %				

Рекомендуемые стандартные значения передаточных чисел

Закрытые зубчатые передачи (редукторы) одноступенчатые цилиндрические и конические (ГОСТ 2185-66): 1-й ряд - 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3;
2-й ряд - 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 $Z_1=1; 2; 4$ (ГОСТ 2144-75):
1-й ряд - 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5;
2-й ряд - 11,2; 14; 18; 22,4; 28; 35,5.
Значения 1-го ряда следует предпочитать значениям 2-го ряда.

Открытые зубчатые передачи: 3...7

Цепные передачи: 2...4

Ременные передачи (все типы): 2...3

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени u_T .	3,55	5	7,1	-
Фактическое общее передаточное число, $u_{ф.общ.}$				
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %				

Фактическое передаточное число редуктора

$$u_{\phi} = u_{\sigma} \cdot u_{\tau}$$

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	29,3	57,6
Передаточное число быстроходной ступени $u_{Б.}$	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени $u_{Т.}$	3,55	5	7,1	-
Фактическое общее передаточное число, $u_{ф.общ.}$	14,2	20	28,4	-
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %				

Отклонение фактического передаточного
числа от требуемого

$$\Delta u = \frac{|u_{\text{ф}} - u_{\text{треб.}}|}{u_{\text{треб.}}} 100\%$$

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени u_T .	3,55	5	7,1	-
Фактическое общее передаточное число редуктора, $u_{ф.общ.}$	14,2	20	28,4	-
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %	1	3,5	3	-

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени u_T .	3,55	5	7,1	-
Фактическое общее передаточное число редуктора, $u_{ф.общ.}$	14,2	20	28,4	-
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %	1	3,5	3	-

1. Тихоходный электродвигатель с номинальной частотой вращения 720 об/мин - более металлоемок т.к. больше по габаритам, чем быстроходный, такие двигатели применяются только в исключительных случаях (когда нет другого варианта).

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени u_T .	3,55	5	7,1	-
Фактическое общее передаточное число редуктора, $u_{ф.общ.}$	14,2	20	28,4	-
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %	1	3,5	3	-

2. Высокоскоростной двигатель (2880 об/мин) дает нам очень большое передаточное число, которое не возможно разбить по ступеням посредством нашей кинематической схемы.

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени u_T .	3,55	5	7,1	-
Фактическое общее передаточное число редуктора, $u_{ф.общ.}$	14,2	20	28,4	-
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %	1	3,5	3	-

3. Двигатель с номинальной частотой вращения 1455 об/мин может быть использован для нашего привода. Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого находится в допустимых пределах, но передаточное число тихоходной ступени очень большое, выбирать такие передаточные числа для цилиндрических редукторов не рекомендуется.

Обоснование выбора электродвигателя

Номинальная частота вращения двигателя $n_{ном}$, об/мин	720	965	1445	2880
Требуемое общее передаточное число редуктора, $u_{общ.}$	14,4	19,3	28,9	57,6
Передаточное число быстроходной ступени u_B .	4	4	4	4
Передаточное число тихоходной ступени u_T .	3,55	5	7,1	-
Фактическое общее передаточное число редуктора, $u_{ф.общ.}$	14,2	20	28,4	-
Отклонение фактического передаточного числа редуктора от требуемого, %	1	3,5	3	-

4. Оптимальным вариантом для данного привода является двигатель с номинальной частотой вращения 965 об/мин.

Фактическая частота вращения вала рабочей машины

$$n_{рм(\phi)} = \frac{n_{ном}}{u_{\phi}} \text{ об / мин}$$

Отклонение фактической частоты вращения
вала рабочей машины (в процентах)

$$\Delta n_{рм} = \frac{n_{рм(треб)} - n_{рм(\phi)}}{n_{рм(треб)}} 100\% \leq 4\%$$

Максимально допускаемое отклонение частоты
вращения вала рабочей машины

$$[\Delta n_{рм}] = \frac{n_{рм.треб.} \cdot \delta}{100} \text{ об/мин, где}$$

$[\delta] = 5\%$ - допускаемое отклонение скорости
приводного вала рабочей машины

Отклонение частоты вращения вала рабочей машины

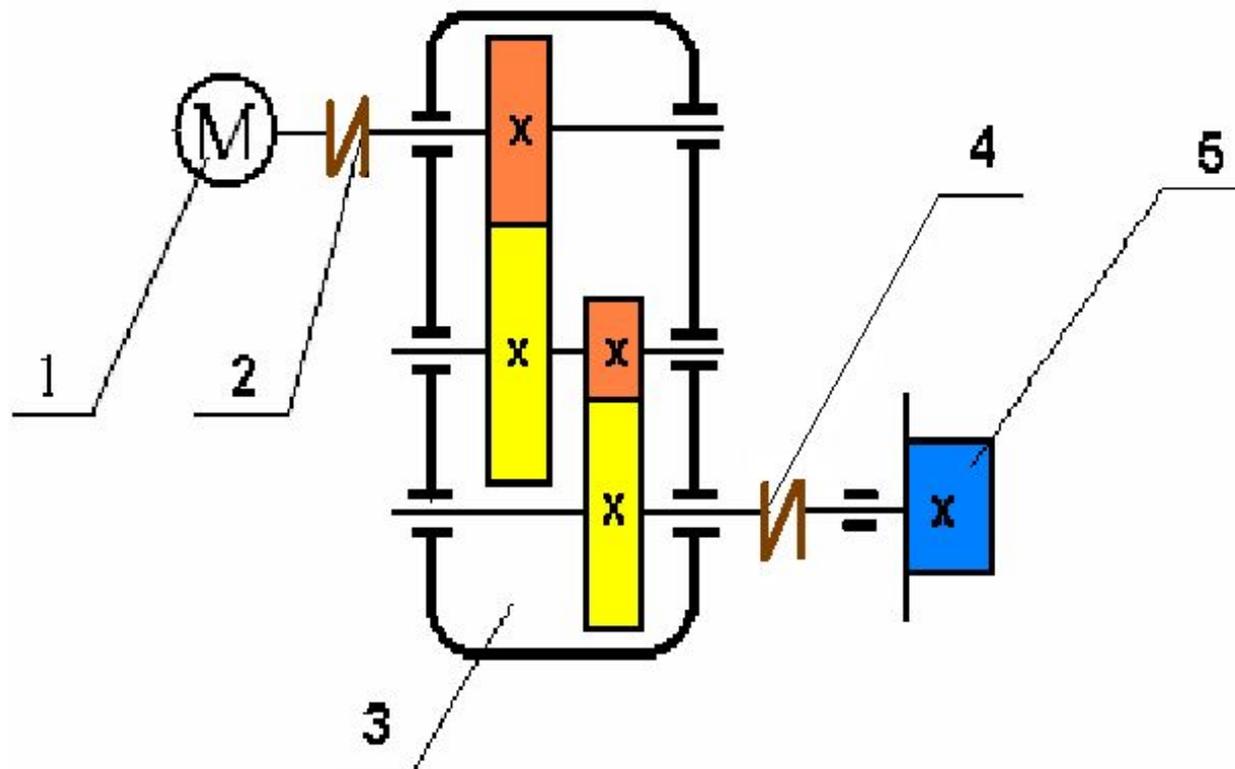
$$\Delta n = \left| n_{рм(треб)} - n_{рм(\phi)} \right|$$

Условие выполняется!

Выбранный двигатель (мощностью 5,5 кВт) будет работать с недогрузкой, поэтому в дальнейших расчетах следует исходить не из номинальной мощности двигателя, а из требуемой

$$P_{дв} = 4,6 \text{ кВт}$$

Последовательность соединения элементов привода

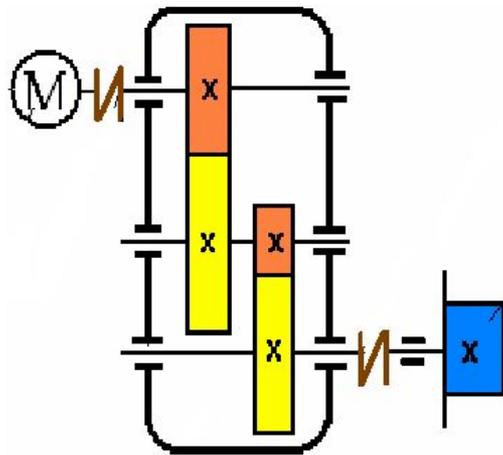


ДВ → М → ЗП → ЗП → М → РМ

Силовые и кинематические параметры привода

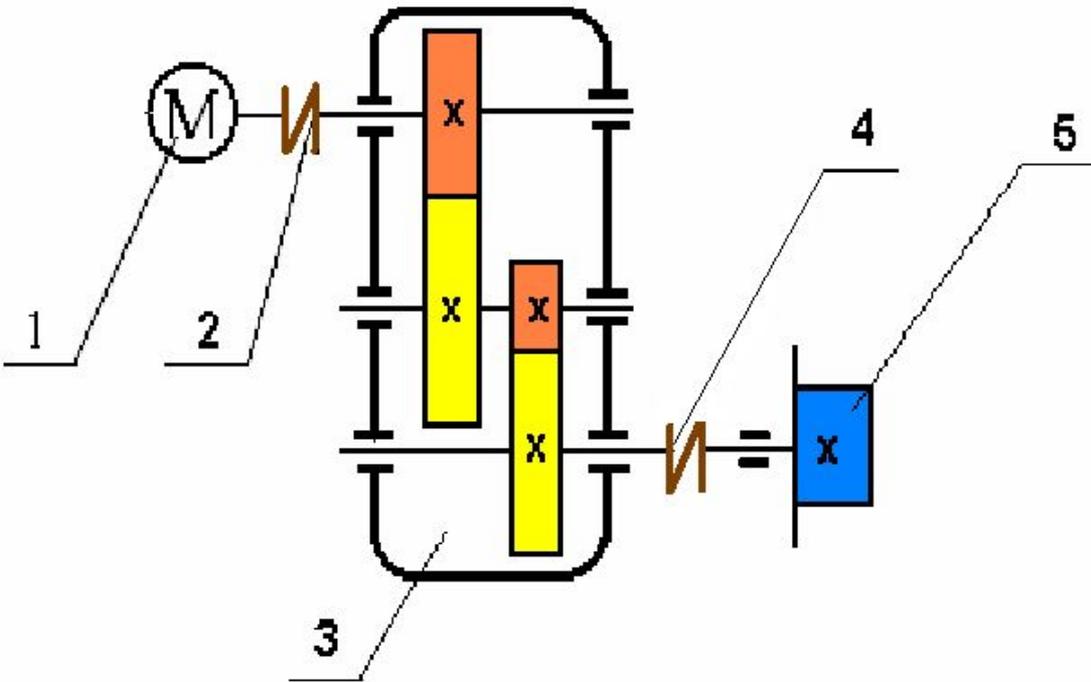
Параметр		Вал	Последовательность соединения элементов привода по кинематической схеме			
			Дв → ОП → ЗП → М → РМ		Дв → М → ЗП → ОП → РМ	
Мощность P , кВт		Дв	$P_{дв}$		$P_{дв}$	
		Б	$P_1 = P_{дв} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{пк}$		$P_1 = P_{дв} \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{пк}$	
		Т	$P_2 = P_1 \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{пк}$		$P_2 = P_1 \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{пк}$	
		РМ	$P_{рм} = P_2 \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{пс}$		$P_{рм} = P_2 \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{пс}$	
Частота вращения n , об/мин	Угловая скорость ω , 1/с	Дв	$n_{ном}$	$\omega = \frac{\pi \cdot n_{ном}}{30}$	$n_{ном}$	$\omega = \frac{\pi \cdot n_{ном}}{30}$
		Б	$n_1 = \frac{n_{ном}}{u_{оп}}$	$\omega_1 = \frac{\omega_{ном}}{u_{оп}}$	$n_1 = n_{ном}$	$\omega_1 = \omega_{ном}$
		Т	$n_2 = \frac{n_1}{u_{зп}}$	$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{зп}}$	$n_2 = \frac{n_1}{u_{зп}}$	$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{зп}}$
		РМ	$n_{рм} = n_2$	$\omega_{рм} = \omega_2$	$n_{рм} = \frac{n_2}{u_{оп}}$	$\omega_{рм} = \frac{\omega_2}{u_{оп}}$
Вращающий момент T , Н м		Дв	$T_{дв} = \frac{P_{дв} \cdot 10^3}{\omega_{ном}}$		$T_{дв} = \frac{P_{дв} \cdot 10^3}{\omega_{ном}}$	
		Б	$T_1 = T_{дв} \cdot u_{оп} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{пк}$		$T_1 = T_{дв} \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{пк}$	
		Т	$T_2 = T_1 \cdot u_{зп} \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{пк}$		$T_2 = T_1 \cdot u_{зп} \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{пк}$	
		РМ	$T_{рм} = T_2 \cdot \eta_{м} \cdot \eta_{пс}$		$T_{рм} = T_2 \cdot u_{оп} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{пс}$	

Силовые и кинематические параметры привода



Параметр	Вал	Последовательность соединения элементов привода по кинематической схеме		
		Дв → М → ЗП → ЗП → М → РМ		
Мощность P , кВт	Дв	$P_{дв}$		
	Б	$P_1 = P_{дв} \cdot \eta_M \cdot \eta_{ПК}$		
	Пр	$P_2 = P_1 \cdot \eta_{ЗП} \cdot \eta_{ПК}$		
	Т	$P_3 = P_2 \cdot \eta_{ЗП} \cdot \eta_{ПК}$		
	РМ	$P_{рм} = P_3 \cdot \eta_M$		
Частота вращения n , об/мин	Угловая скорость ω , 1/с	Дв	$n_{ном}$	$\omega = \pi \cdot n_{ном} / 30$
		Б	$n_1 = n_{ном}$	$\omega_1 = \omega_{ном}$
		Пр	$n_2 = n_1 / u_{ЗП}$	$\omega_2 = \omega_1 / u_{ЗП}$
		Т	$n_3 = n_2 / u_{ЗП}$	$\omega_3 = \omega_2 / u_{ЗП}$
		РМ	$n_{рм} = n_3$	$\omega_{рм} = \omega_3$
Вращающий момент T , Н м	Дв	$T_{дв} = P_{дв} \cdot 10^3 / \omega_{ном}$		
	Б	$T_1 = T_{дв} \cdot \eta_M \cdot \eta_{ПК}$		
	Пр	$T_2 = T_1 \cdot u_{ЗП} \cdot \eta_{ЗП} \cdot \eta_{ПК}$		
	Т	$T_3 = T_2 \cdot u_{ЗП} \cdot \eta_{ЗП} \cdot \eta_{ПК}$		
	РМ	$T_{рм} = T_3 \cdot \eta_M$		

Мощность на валах редуктора (кВт)



Быстроходный вал

$$P_1 = P_{дв} \cdot \eta_m \cdot \eta_{нк}$$

Промежуточный вал

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{нк}$$

Тихоходный вал

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{нк}$$

Вал рабочей машины

$$P_{рм} = P_3 \cdot \eta_m$$

или

$$P_{рм} = P_{дв} \cdot \eta_m^2 \cdot \eta_{зп}^2 \cdot \eta_{нк}^3$$

Угловая скорость (1/с) и частота вращения (об/мин)

Быстроходный вал

$$\omega_1 = \omega_{\text{ном}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{ном}}}{30}$$

$$n_1 = n_{\text{ном}}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{\text{б}}}$$

Промежуточный вал

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{\text{б}}}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{\text{т}}}$$

Тихоходный вал

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{\text{т}}}$$

$$\omega_{\text{рм}} = \omega_3$$

Вал рабочей машины

$$n_{\text{рм}} = n_3$$

ИЛИ

$$\omega_{\text{рм}} = \frac{\omega_{\text{ном}}}{u_{\text{ред}}}$$

$$n_{\text{рм}} = \frac{n_{\text{ном}}}{u_{\text{ред}}}$$

Вращающие моменты (Н м)

Вал двигателя и быстроходный вал

$$T_{дв} = \frac{P_{дв} \cdot 10^3}{\omega_{ном}}$$

$$T_1 = T_{дв} \cdot \eta_m \cdot \eta_{пк}$$

Промежуточный вал

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{пк} \cdot u_б$$

Тихоходный вал

$$T_3 = T_2 \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{пк} \cdot u_T$$

Вал рабочей машины

$$T_{рм} = T_3 \cdot \eta_m$$

или

$$T_{рм} = T_{дв} \cdot \eta_{общ} \cdot u_{ред}$$

Табличный ответ к 1 задаче

Тип двигателя: _____, номинальная частота вращения - _____ об/мин.								
Параметр	Передача		Параметр	Вал				
	Закрытая быстроходная	Закрытая тихоходная		Двигателя	Редуктора			Приводной рабочей машины
					Быстроходный	Промежуточный	Тихоходный	
Передаточное число u			Расчетная мощность P , кВт					
			Угловая скорость ω , 1/с					
КПД η			Частота вращения n , об/мин					
			Вращающий момент T , Н·м					

Вывод:

1. Выбрали электродвигатель.
2. Определили кинематические параметры привода.

Элементы привода:

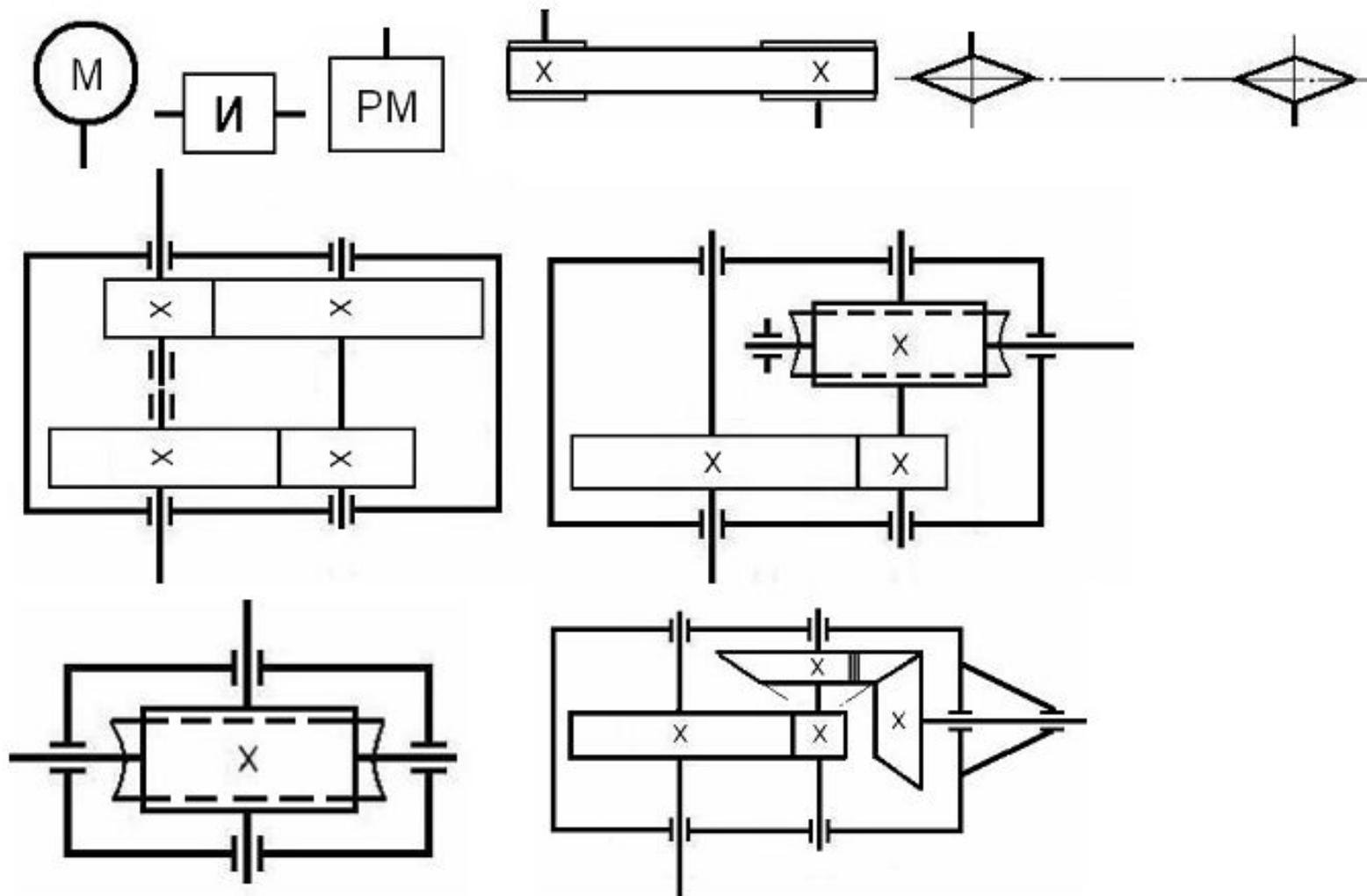
Электродвигатель;

Ременная передача;

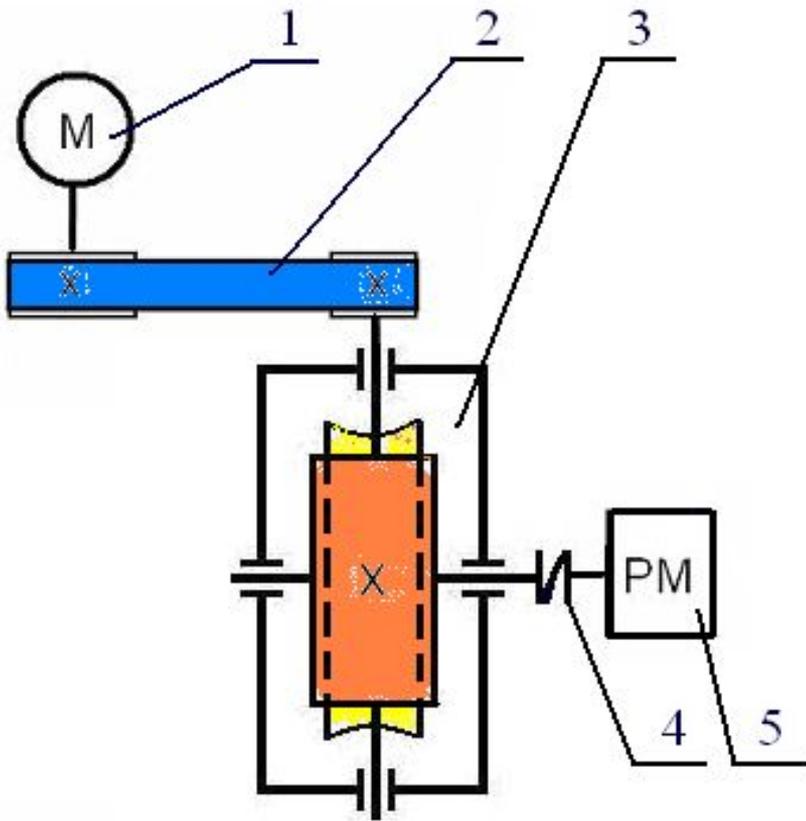
Червячный редуктор;

Муфта;

Условные изображения элементов привода:

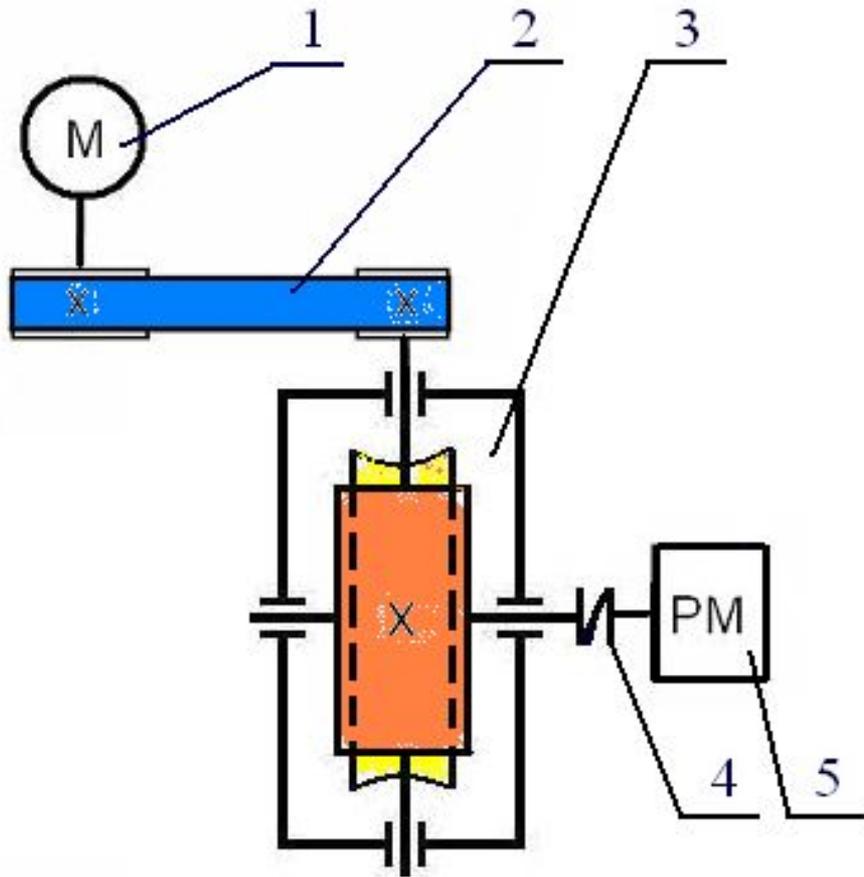


Кинематическая схема привода (вид сверху)



- 1 – электродвигатель,
- 2 – ременная передача,
- 3 – редуктор червячный
- 4 – муфта,
- 5 – рабочая машина

Общий КПД привода:



$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{зп}} \cdot \eta_{\text{пк}}^2 \cdot \eta_{\text{м}}$$

Последовательность соединения элементов
привода:

$DV \rightarrow ОП \rightarrow ЗП \rightarrow M \rightarrow РМ$

Общее передаточное число привода:

$$u_{\text{треб.общ}} = \frac{n_{\text{ном}}}{n_{\text{рм}}}$$

Двигатели асинхронные короткозамкнутые трехфазные серии 4А общепромышленного применения. Технические данные

Номинальная мощность $P_{ном}$ кВт	Синхронная частота вращения, об/мин							
	3000		1500		1000		750	
	Тип двигателя	Ном. част.	Тип двигателя	Ном. част.	Тип двигателя	Ном. част.	Тип двигателя	Ном. част.
0,25	4AA56B2Y3	2770	4AA63A4Y3	1380	42A63B6Y3	890	4A71B8Y3	680
0,37	4A63A2Y3	2750	4AA63B4Y3	1365	4A71A6Y3	910	4A80A8Y3	675
0,55	4A63B2Y3	2740	4A71A4Y3	1390	4A71B6Y3	900	4A80B8Y3	700
0,75	4A71A2Y3	2840	4A71B4Y3	1390	4A80A6Y3	915	4A90LA8Y3	700
1,1	4A71B2Y3	2810	4A80A4Y3	1420	4A80B6Y3	920	4A90LB8Y3	700
1,5	4A80A2Y3	2850	4A80B4Y3	1415	4A90L6Y3	935	4A100L83	700
2,2	4A80B2Y3	2850	4A90L4Y3	1425	4A100L6Y3	950	4A112MA8Y3	700
3	4A90L2Y3	2840	4A100S4Y3	1435	4A112MA6Y3	955	4A112MB8Y3	700
4	4A100S2Y3	2880	4A100L4Y3	1430	4A112MB6Y3	950	4A32S8Y3	720
5,5	4A100L2Y3	2880	4A112M4Y3	1445	4A132S6Y3	965	4A132M8Y3	720
7,5	4A112M2Y3	2900	4A132S4Y3	1455	4A132M6Y3	970	4A160S8Y3	730
11	4A132M2Y3	2900	4A132M4Y3	1460	4A160S6Y3	975	4A160M8Y3	730
15	4A160S2Y3	2940	4A160S4Y3	1465	4A160M6Y3	975	4A180M6Y3	730

Рекомендуемые стандартные значения передаточных чисел

Закрытые зубчатые передачи (редукторы) одноступенчатые цилиндрические и конические (ГОСТ 2185- 66): 1-й ряд - 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3;
2-й ряд - 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 $Z_1=1; 2; 4$ (ГОСТ 2144-75):

1-й ряд - 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5;

2-й ряд - 11,2; 14; 18; 22,4 28; 35,5.

Значения 1-го ряда следует предпочитать значениям 2-го ряда.

Открытые зубчатые передачи: 3...7

Цепные передачи: 2. ..4

Ременные передачи (все типы): 2...3

Разбивка передаточного числа привода:

$$u_{\text{оп}} = 2$$

$$u_{\text{ред}} = \frac{u_{\text{общ}}}{u_{\text{оп}}}$$

Рекомендуемые стандартные значения передаточных чисел

Закрытые зубчатые передачи (редукторы) одноступенчатые цилиндрические и конические (ГОСТ 2185- 66): 1-й ряд - 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3;
2-й ряд - 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 $Z_1=1; 2; 4$ (ГОСТ 2144-75):

1-й ряд - 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5;

2-й ряд - 11,2; 14; 18; 22,4 28; 35,5.

Значения 1-го ряда следует предпочитать значениям 2-го ряда.

Открытые зубчатые передачи: 3...7

Цепные передачи: 2. ..4

Ременные передачи (все типы): 2...3

Передаточные числа ступеней:

$$u_{\text{оп}} = 2$$

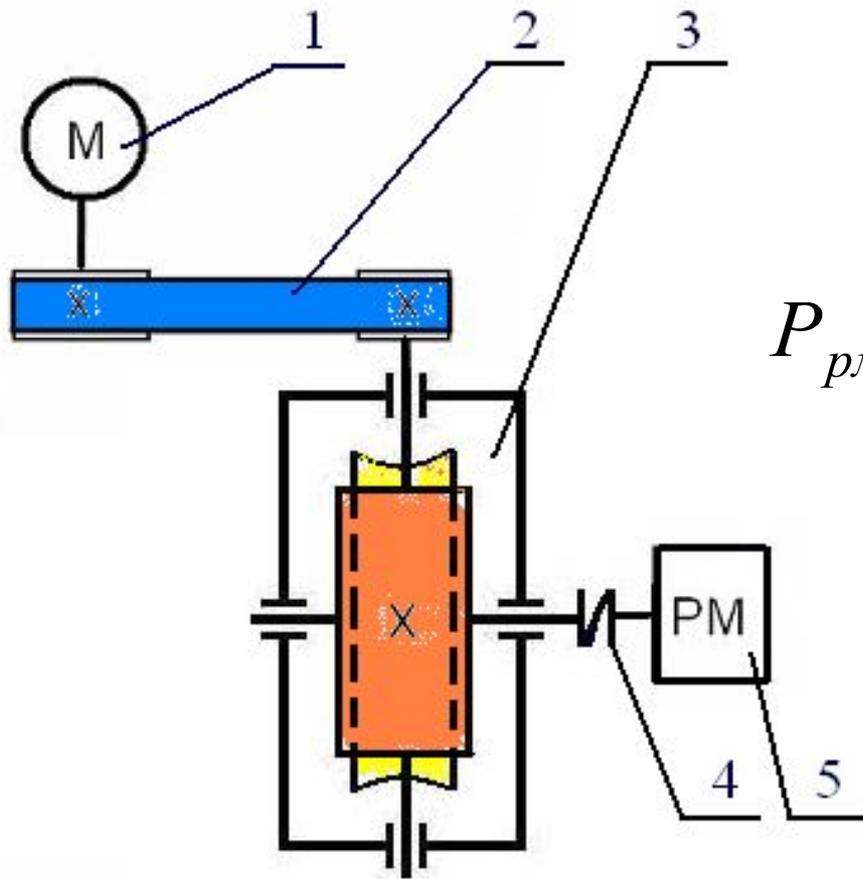
$$u_{\text{ред}} = 14$$

Фактическое передаточное число привода:

$$u_{\phi} = u_{оп} \cdot u_{ред}$$

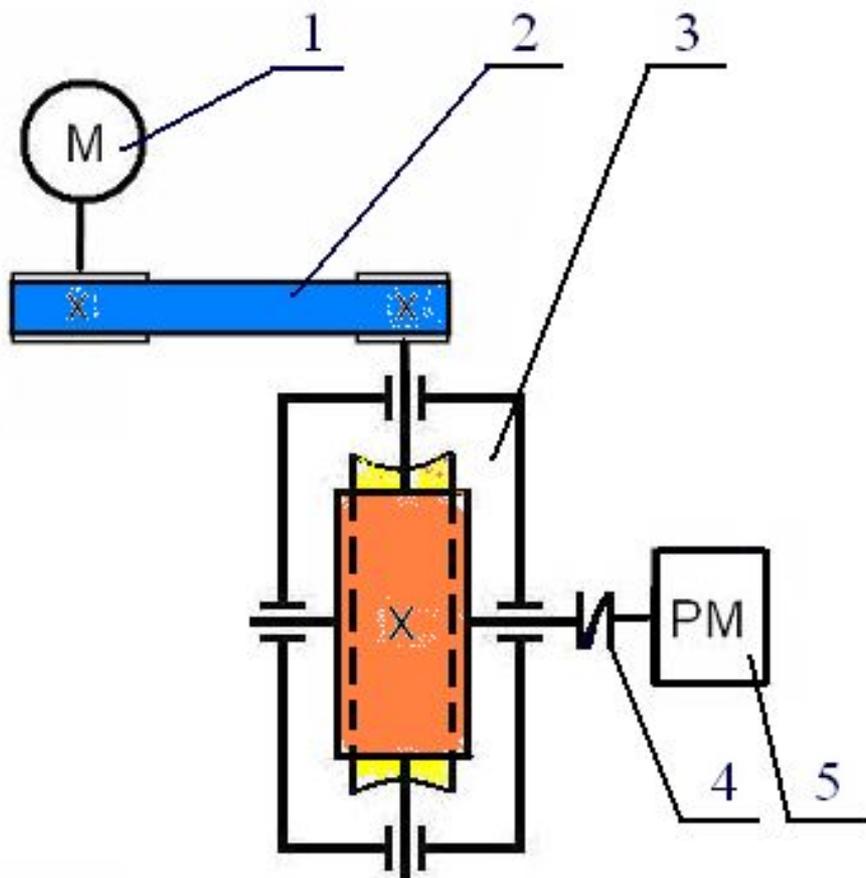
$$\Delta u = \frac{|u_{\phi} - u_{треб.}|}{u_{треб.}} 100\%$$

Мощность



$$P_{pm} = P_{\partial v} \cdot \eta_{on} \cdot \eta_{zn} \cdot \eta_{nk}^2 \cdot \eta_m$$

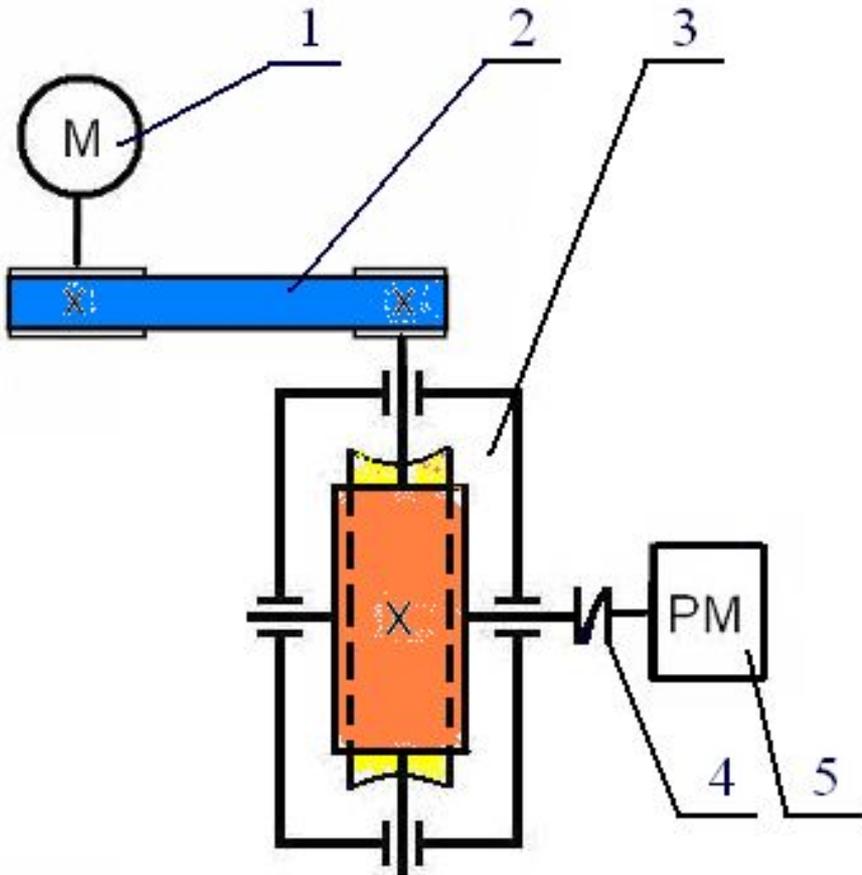
Угловая скорость и частота вращения



$$\omega_{pm} = \frac{\omega_{ном}}{u_{оп} \cdot u_{зн}}$$

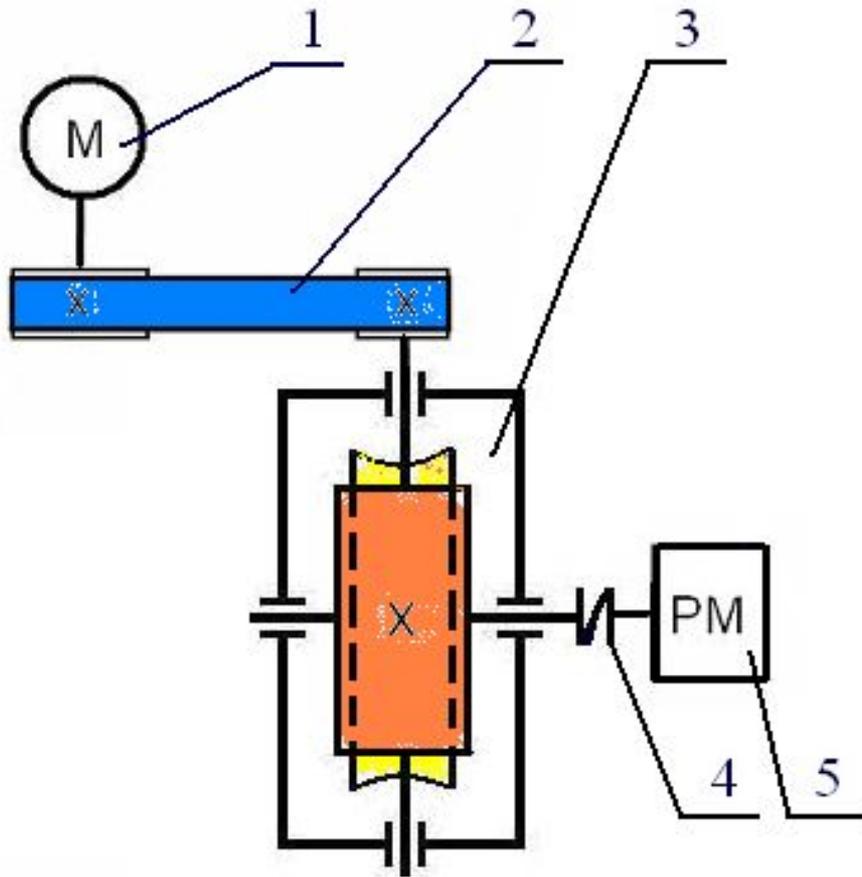
$$n_{pm} = \frac{n_{ном}}{u_{оп} \cdot u_{зн}}$$

Вращающий момент



$$T_{pm} = T_{дв} \cdot u_{общ} \cdot \eta_{общ}$$

Мощность на валах редуктора



Быстроходный вал

$$D_1 = D_{\dot{a}\dot{a}} \cdot \eta_{\dot{u}\dot{u}} \cdot \eta_{\dot{i}\dot{e}}$$

Тихоходный вал

$$D_2 = D_1 \cdot \eta_{\dot{c}\dot{i}} \cdot \eta_{\dot{i}\dot{e}}$$

Вал рабочей машины

$$D_{\delta i} = D_2 \cdot \eta_i$$

или

$$D_{\delta i} = D_{\dot{a}\dot{a}} \cdot \eta_{\dot{u}\dot{u}} \cdot \eta_{\dot{c}\dot{i}} \cdot \eta_{\dot{i}\dot{e}}^2 \cdot \eta_i$$

Угловая скорость и частота вращения

$$\omega_{ном} = \frac{\pi \cdot n_{ном}}{30}$$

$$\omega_1 = \frac{\omega_{ном}}{u_{оп}}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{\delta\ddot{a}\ddot{a}}}$$

$$\omega_{\delta\dot{i}} = \omega_2$$

Быстроходный вал

Тихоходный вал

Вал рабочей машины

$n_{ном}$

$$n_1 = \frac{n_{ном}}{u_{оп}}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{\delta\ddot{a}\ddot{a}}}$$

$$n_{\delta\dot{i}} = n_2$$

$$\omega_{рм} = \frac{\omega_{ном}}{u_{общ}}$$

или

$$n_{рм} = \frac{n_{ном}}{u_{общ}}$$

Вращающие моменты

Вал электродвигателя

$$T_{\partial в} = \frac{P_{\partial в} \cdot 10^3}{\omega_{ном}}$$

Быстроходный вал

$$\dot{O}_1 = \dot{O}_{\ddot{a}\hat{a}} \cdot u_{\ddot{u}} \cdot \eta_{\ddot{u}} \cdot \eta_{\ddot{i}\hat{e}}$$

Тихоходный вал

$$\dot{O}_2 = \dot{O}_1 \cdot u_{\delta\ddot{a}\hat{a}} \cdot \eta_{\zeta\ddot{i}} \cdot \eta_{\ddot{i}\hat{e}}$$

Вал рабочей машины

$$\dot{O}_{\delta\dot{i}} = \dot{O}_2 \cdot \eta_{\dot{i}}$$

или

$$\dot{O}_{\delta\dot{i}} = \dot{O}_{\ddot{a}\hat{a}} \cdot u_{\hat{i}\dot{a}\dot{u}} \cdot \eta_{\hat{i}\dot{a}\dot{u}}$$

Табличный ответ к 1 задаче