

РГР-2 «Кинематический и силовые расчеты многоступенчатого привода»

Цель задания: по заданным моделям механического привода провести кинематический и силовой расчеты, ознакомиться с кинематическими схемами и методикой расчетов.

Расчетная часть:

- определить общее передаточное число и общий коэффициент полезного действия привода;
- определить номинальную (ориентировочную) мощность и угловую скорость двигателя;
- подобрать электродвигатель по каталогу;
- для привода произвести кинематические и силовые расчеты;
- результаты расчета свести в таблицу.

Графическая часть:

На листе формата А4 изобразить кинематическую схему привода согласно варианта задания, построить график зависимости вращательного момента на выходе привода $M_{\text{вых}}$ от угловой скорости вращения выходного вала $\omega_{\text{вых}}$.

Варианты кинематических схем приводов и исходные данные для выполнения расчетно-графической работы приведены в Приложении 1, выбираются по списочному составу студентов в групповом журнале. В Приложении 2 приведен каталог электрических асинхронных двигателей серии 4А.

Пример выполнения расчетно-графической работы.

Определить общий коэффициент полезного действия (к.п.д.), общее передаточное отношение привода (рис.1) и номинальную мощность электродвигателя, подобрать электродвигатель по каталогу (Прил.2).

Исходные данные:

Мощность на валу рабочей машины $P_3 = 6,3$ кВт, частота вращения вала $n_3 = 120$ об/мин, число зубьев шестерни зубчатой передачи $z_1=20$, число зубьев колеса $z_2=60$, диаметр малого шкива ременной передачи $D_1=150$ мм, диаметр большого шкива $D_2=450$ мм.

Результаты вычислений свести в таблицу 1.

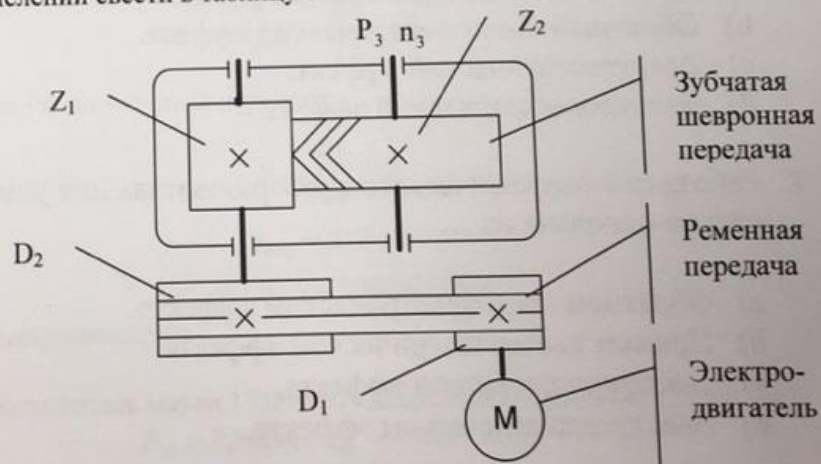


Рисунок 1

1. Определение общего к.п.д. привода

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{подш}}^2 \cdot \eta_{\text{зуб}}$$

где $\eta_{\text{общ}}$ - общий к.п.д. привода;

$\eta_{\text{рем}}$ - к.п.д. ременной передачи;

$$\eta_{\text{рем}} = 0,95;$$

$\eta_{\text{подш}}$ - к.п.д. одной пары подшипников качения;

$$\eta_{\text{подш}} = 0,99;$$

$\eta_{\text{зуб}}$ - к.п.д. зубчатой передачи;

$$\eta_{\text{зуб}} = 0,97;$$

$$\eta_{\text{общ}} = 0,95 \cdot 0,99^2 \cdot 0,97 = 0,90316$$

2. Определение ориентировочной мощности электродвигателя

$$P_{\text{дв}}^1 = \frac{P_3}{\eta_{\text{общ}}}$$

где $P_{\text{дв}}^1$ - ориентировочная мощность электродвигателя, кВт;

P_3 - мощность на ведомом валу привода, кВт;

$$P_{\text{дв}}^1 = \frac{6,3}{0,90316} = 6,98 \text{ кВт}$$

3. Определение ориентировочной частоты вращения вала электродвигателя

$$n_{\text{дв}}^1 = n_3 \cdot u_{\text{общ}}$$

где $n_{\text{дв}}^1$ - ориентировочная частота вращения вала двигателя, об/мин;

n_3 - частота вращения ведомого вала привода, об/мин;

$u_{\text{общ}}$ - общее передаточное число привода;

$$u_{\text{общ}} = u_{\text{рем}} \cdot u_{\text{зуб}}$$

где $u_{\text{рем}}$ - передаточное число ременной передачи:

$$u_{\text{рем}} = \frac{D_2}{D_1} = 3$$

$u_{\text{зуб}}$ - передаточное число зубчатой передачи:

$$u_{\text{зуб}} = \frac{z_2}{z_1} = 3$$

$$u_{\text{общ}} = 3 \cdot 3 = 9$$

$$n_{\text{дв}}^1 = 120 \cdot 9 = 1080 \text{ об/мин}$$

4. Выбор марки электродвигателя

Выбираем электродвигатель марки 132М6/970, закрытый обдуваемый (Прил. 2):

$$P_{\text{дв}} = 7,5 \text{ кВт}, n_{\text{дв}} = 970 \text{ об/мин}$$

5. Уточнение передаточного числа ременной передачи

$$u_{\text{рем}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_3};$$

$$u_{\text{общ}} = \frac{970}{120} = 8,08$$

$$u_{\text{общ}} = u_{\text{рем}} \cdot u_{\text{зуб}} \Rightarrow u_{\text{рем}} = \frac{u_{\text{общ}}}{u_{\text{зуб}}};$$

$$u_{\text{рем}} = \frac{8,08}{3} = 2,6933$$

6. Определение угловых скоростей валов привода в об/мин и в рад/с:

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 970 \text{ об / мин},$$

где n_1 – частота вращения ведущего вала привода, об/мин;

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30},$$

где ω_1 – угловая скорость ведущего вала привода, рад/с;

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 970}{30} = 101,53 \text{ с}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{\text{рем}}},$$

где n_2 – частота вращения промежуточного вала привода, об/мин;

$$n_2 = \frac{970}{2,6933} = 360 \text{ об / мин}$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30},$$

где ω_2 – угловая скорость промежуточного вала привода, рад/с;

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 360}{30} = 37,68 \text{ с}^{-1}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{\text{зуб}}}$$

$$n_3 = \frac{360}{3} = 120 \text{ об / мин}$$

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

где ω_3 – угловая скорость ведомого вала привода, рад/с;

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 120}{30} = 12,56 \text{ с}^{-1}$$

7. Определение мощности валов привода

$$P_2 = \frac{P_3}{\eta_{\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{подш}}},$$

где P_2 – мощность на промежуточном валу привода, кВт;

$$P_2 = \frac{6,3}{0,97 \cdot 0,99} = 6,56 \text{ кВт}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{подш}}},$$

где P_1 – мощность на ведущем валу привода, кВт;

$$P_1 = \frac{6,56}{0,95 \cdot 0,99} = 7,45 \text{ кВт}$$

8. Определение вращающих моментов на ведущем, промежуточном и ведомом валах привода по формуле:

$$M_{вр} = \frac{P}{\omega},$$

где $M_{вр}$ – вращающий момент соответствующего вала, Н·м;

P - мощность соответствующего вала, Вт;

ω - угловая скорость соответствующего вала, рад/с;

$$M_{вр1} = \frac{7,45}{101,53} = 73,26 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{вр2} = \frac{6560}{37,68} = 174,10 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{вр3} = \frac{6300}{12,56} = 501,59 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

9. Полученные результаты сводим в таблицу 1.

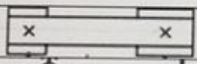
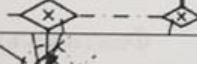
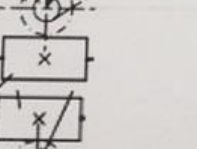
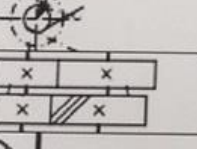
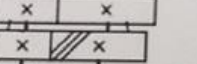
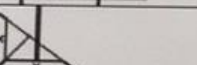
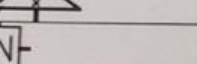
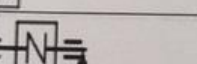
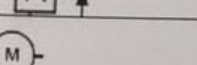

Таблица 1– Результаты выполнения расчетно-графической работы

Валы	$n, \text{ об / мин}$	$\omega, \text{ с}^{-1}$	$P, \text{ кВт}$	$M_{вр}, \text{ Н} \cdot \text{м}$
Первый	970	101,53	7,45	73,26
Второй	360	37,68	6,56	174,1
Третий	120	12,56	6,3	501,59
Четвертый				

Результаты анализа работы: написать самостоятельно в виде выводов и графиков.

Дополнения к исходным данным:

Условные обозначения на вариантах кинематических схем

№ п/п	Обозначение на схеме	Вид передачи
1.		Ременная передача
2.		Цепная передача
3.		Червячная передача с нижним расположением червяка
		Червячная передача с верхним расположением червяка
4.		Зубчатая прямозубая передача
		Зубчатая косозубая передача
5.		Зубчатая коническая передача
6.		Соединительная муфта
7.		Соединительная муфта с парой подшипников
8.		Двигатель

Значения КПД передач с учетом потерь в подшипниках

Передача	Условия работы	
	в масляной ванне	открытая
Зубчатая	0,94 – 0,98	0,90 – 0,94
Червячная при числе заходов червяка: $z_1 = 1$ $z_1 = 2$ $z_1 = 4$	0,70 – 0,73 0,75 – 0,82 0,90 – 0,92	0,40 – 0,45*
Цепная (с втулочно-роликовой и зубчатой цепью)	0,94 – 0,96	0,90 – 0,92
Ременная (плоскоремennая и клиноремennая)	–	0,94 – 0,96

Соединительная муфта: КПД = 0,98

Зубчатая коническая: КПД = 0,96

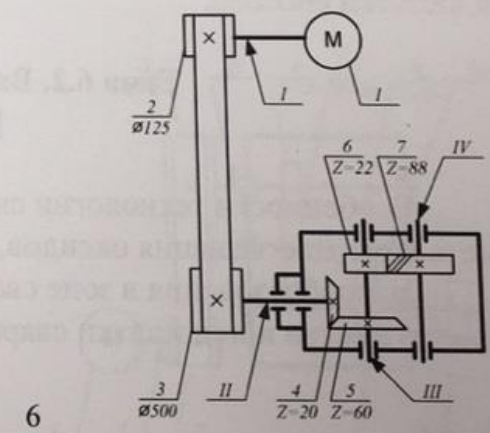
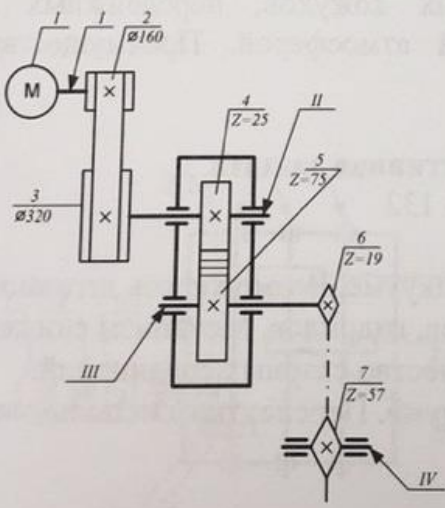
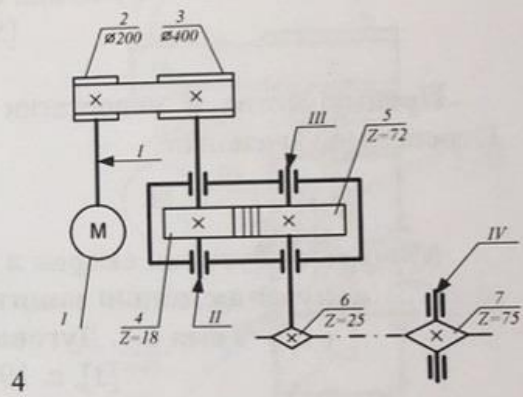
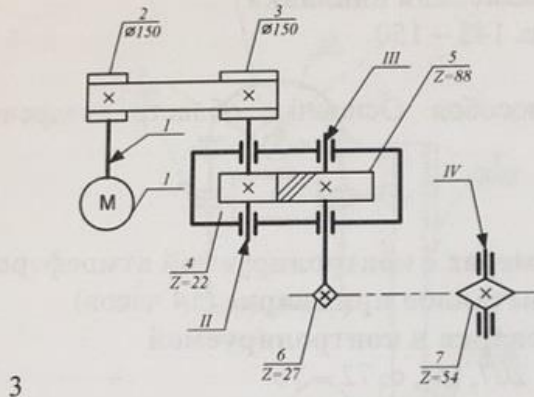
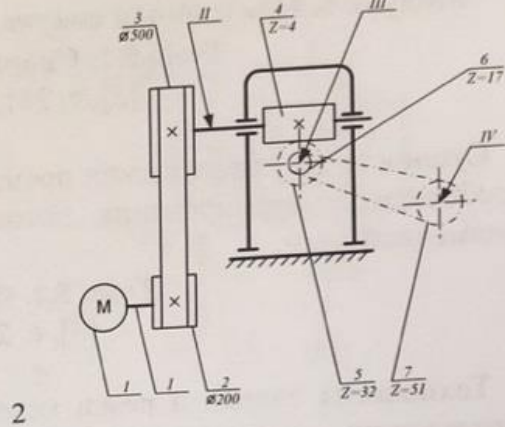
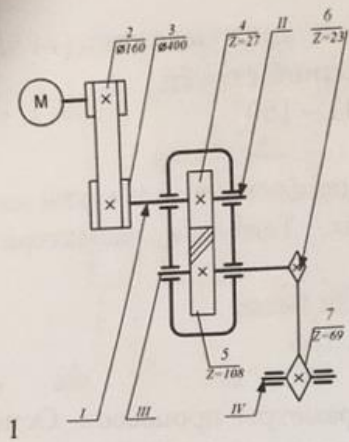
Открытая передача - это передача без корпуса, незащищенная от окружающей среды.

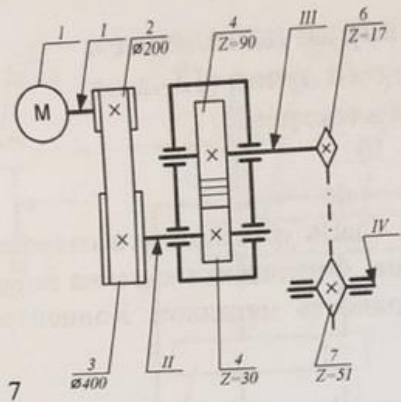
Передача в масляной ванне - это закрытая передача в корпусе, защищенная от окружающей среды корпусом.

Задание к расчетно-графической работе №2

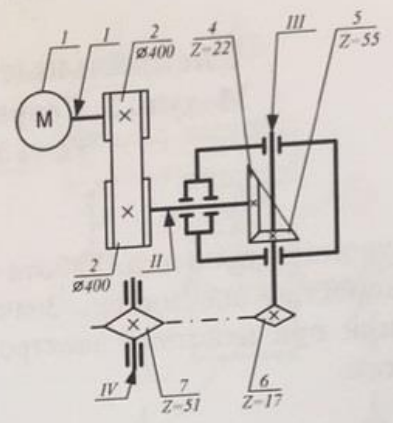
Таблица 2 - Исходные данные.

№ варианта	Схема	Мощность	Частота вращения
		P_4 , кВт	n_4 , об/мин
1	1	5,0	50
2	2	7,0	65
3	3	10,0	45
4	4	12,0	55
5	5	8,0	30
6	6	15,0	75
7	7	11,0	35
8	8	13,0	110
9	9	17,0	110
10	10	19,0	50
11	11	6,0	50
12	12	4,2	60
13	13	4,6	40
14	14	4,0	45
15	15	4,8	30
16	16	3,0	75
17	17	5,5	55
18	18	7,0	45
19	19	7,5	35
20	20	6,2	30
21	21	8,7	85
22	22	10,0	50
23	23	11,0	30
24	24	14,5	55
25	25	10,0	25
26	26	4,8	80
27	27	5,2	65
28	28	3,5	95
29	29	12	100
30	30	10	75

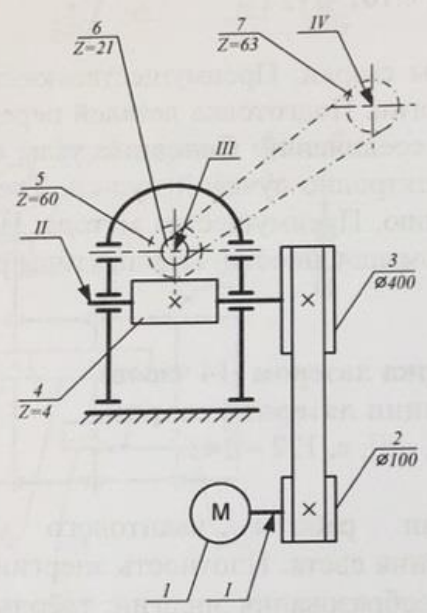




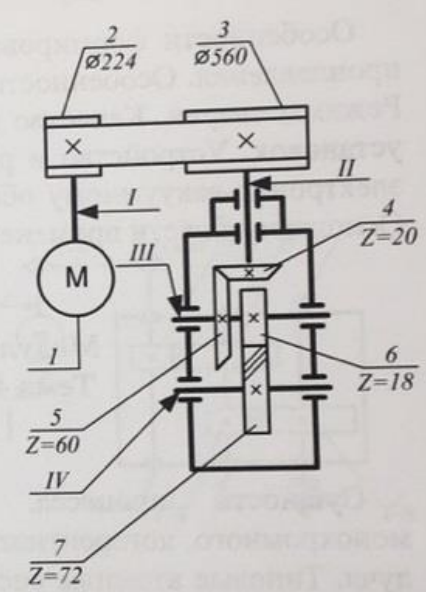
7



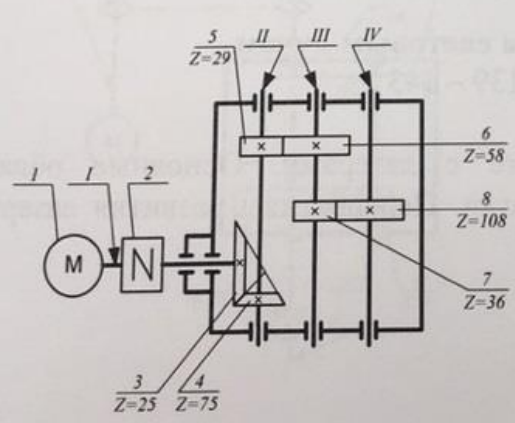
8



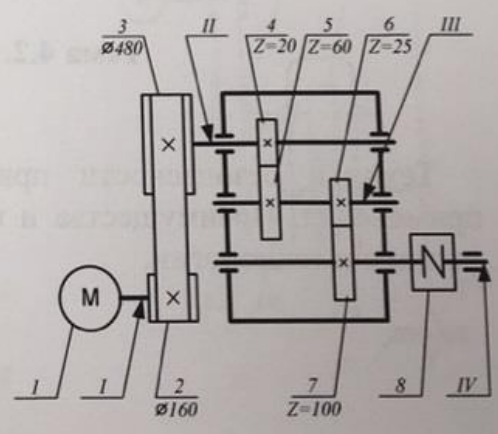
9



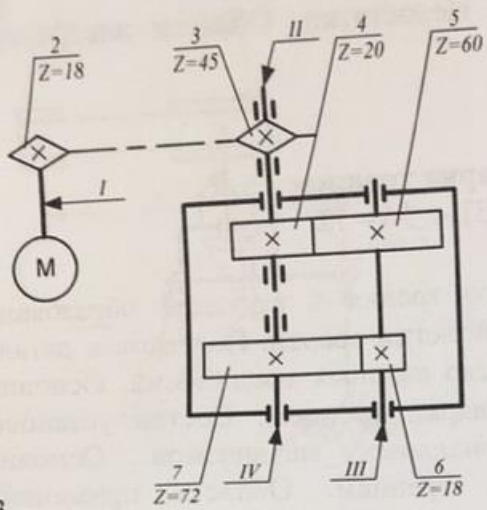
10



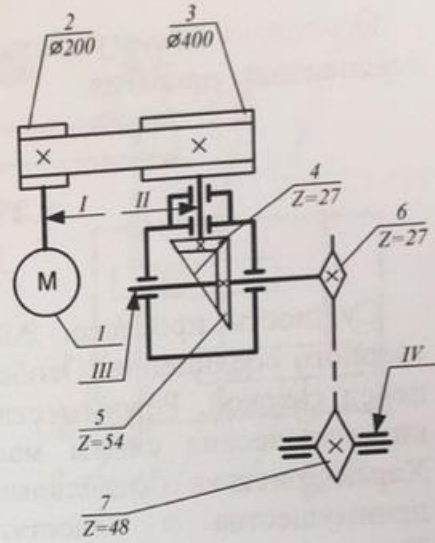
11



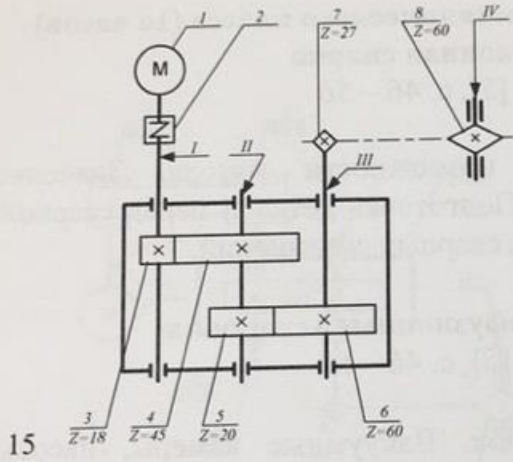
12



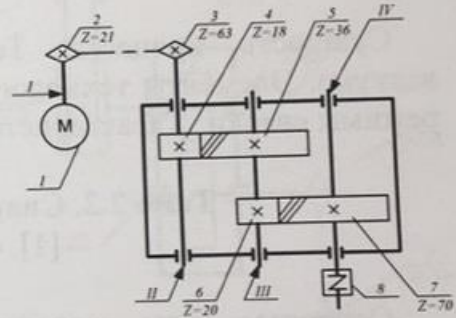
13



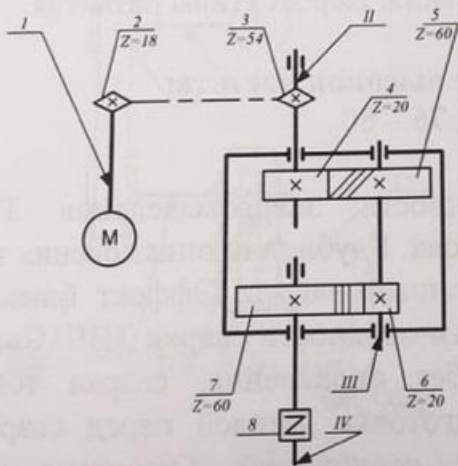
14



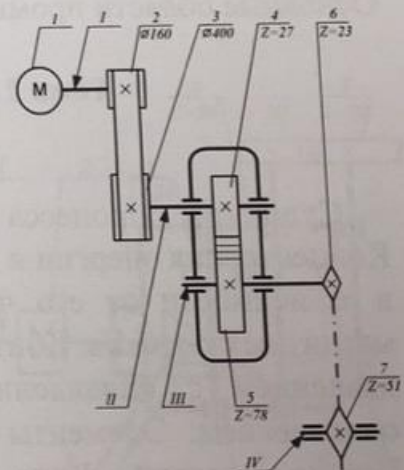
15



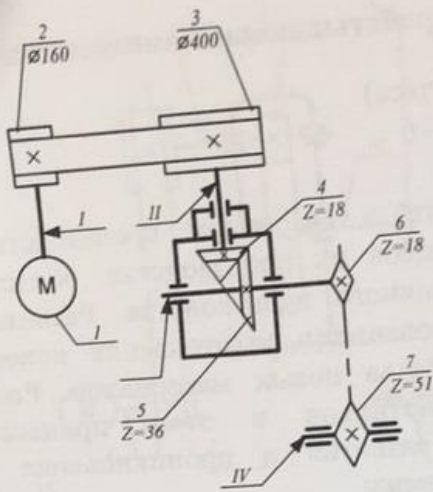
16



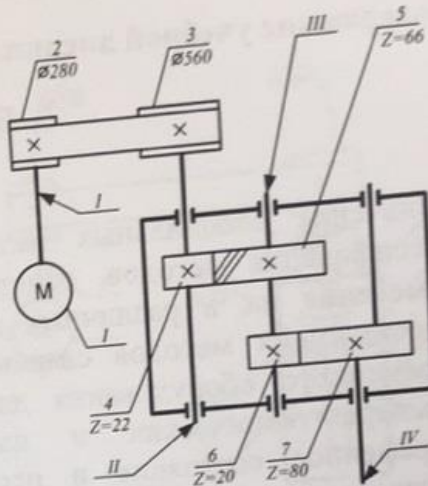
17



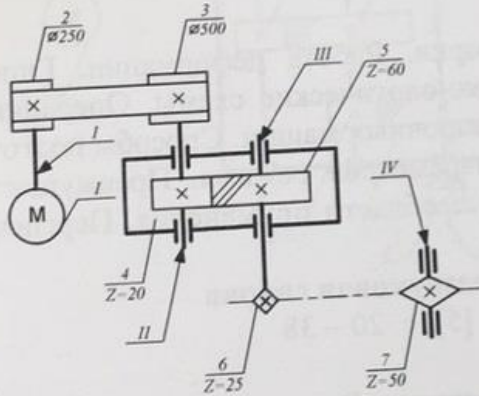
18



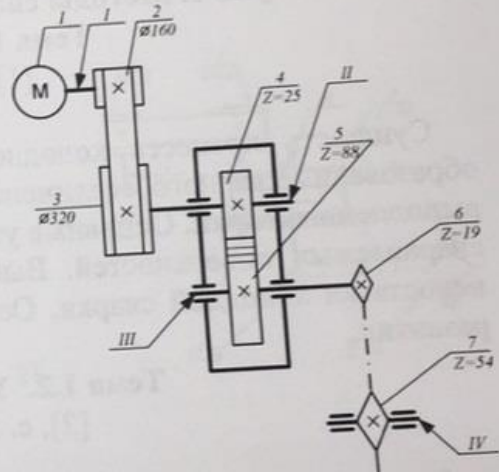
19



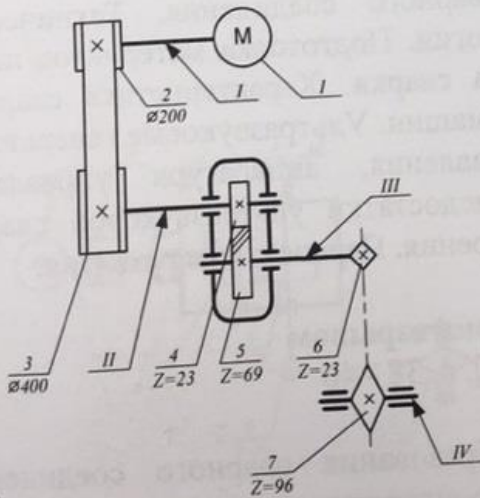
20



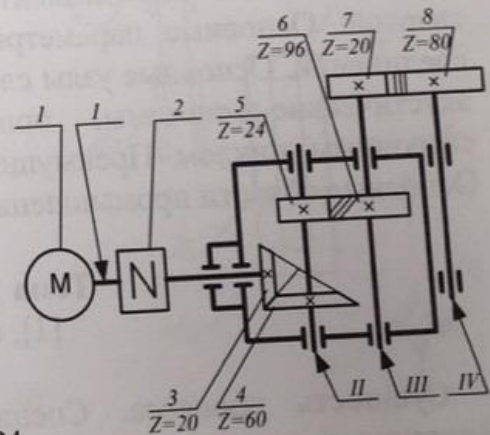
21



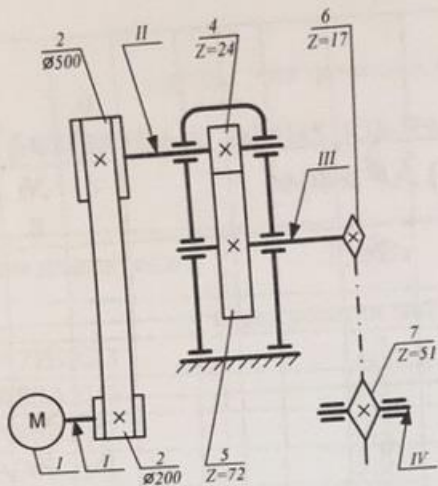
22



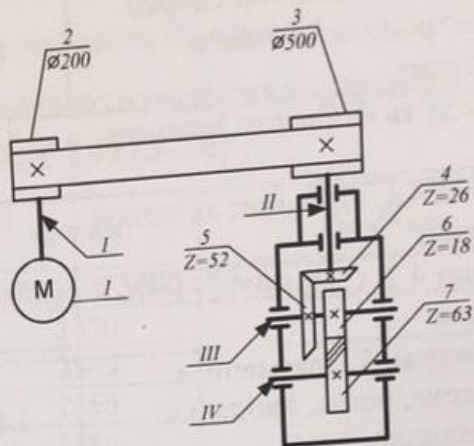
23



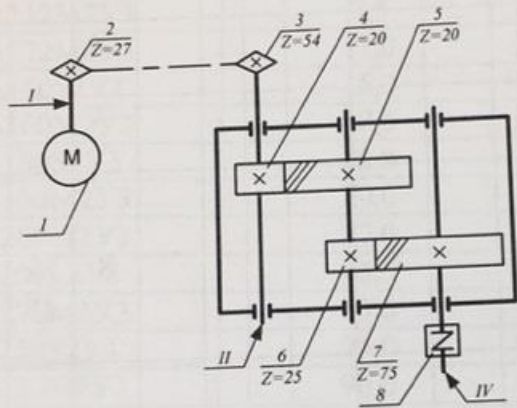
24



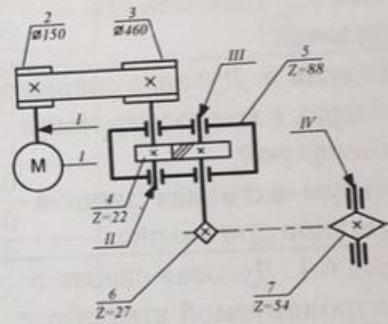
25



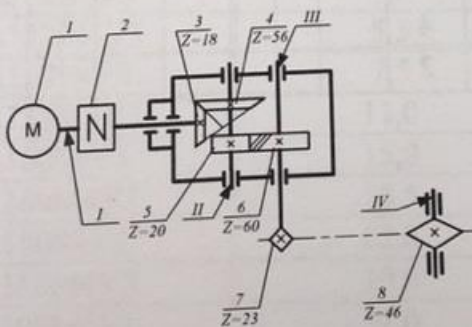
26



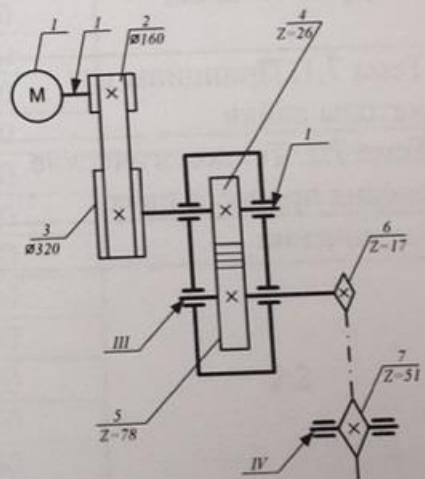
27



28



29



30

Трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели серии 4А (по ГОСТ 19523-74)

Тип двигателя	Р, кВт	n, мин ⁻¹	T _{max} /T _{min}
Синхронная частота вращения 3000 об/мин			
4A71B2Y3	1,1	2830	2,2
4A80A2Y3	1,5	2860	
4A80B2Y3	2,2	2860	
4A90L2Y3	3,0	2880	
4A100S2Y3	4,0	2880	
4A100L2Y3	5,5	2910	
4A112M2Y3	7,5	2910	
4A132M2Y3	11,0	2920	
4A160S2Y3	15,0	2910	
4A160M2Y3	18,5	2890	
4A180S2Y3	22,0	2900	
4A180M2Y3	30,0	2900	
4A200M2Y3	37,0	2940	
4A200L2Y3	45,0	2940	
4A225M2Y3	55,0	2940	
4A250S2Y3	75,0	2960	
4A250M2Y3	90,0	2960	
4A280S2Y3	110,0	2960	
4A280M2Y3	132,0	2960	
Синхронная частота вращения 1500 об/мин			
4A80A4Y3	1,1	1400	2,2
4A80B4Y3	1,5	1420	
4A90L4Y3	2,2	1430	
4A100S4Y3	3,0	1430	
4A100L4Y3	4,0	1450	
4A112M4Y3	5,5	1450	
4A132S4Y3	7,5	1460	2,2
4A132M4Y3	11,0	1460	
4A160S4Y3	15,0	1460	
4A160M4Y3	18,5	1450	
4A180S4Y3	22,0	1460	
4A180M4Y3	30,0	1460	
4A200M4Y3	37,0	1460	
4A200L4Y3	45,0	1460	
4A225M4Y3	55,0	1460	

Тип двигателя	P, кВт	n, мин ⁻¹	T _{max} /T _{min}
4A250S4Y3	75,0	1470	
4A250M4Y3	90,0	1470	
4A280S4Y3	110,0	1470	
4A280M4Y3	132,0	1470	
Синхронная частота вращения 1000 об/мин			
4A80B6Y3	1,1	930	2,2
4A90L6Y3	1,5	950	
4A100L6Y3	2,2	950	
4A112MA6Y3	3,0	960	
4A112MB6Y3	4,0	960	
4A132S6Y3	5,5	970	
4A132M6Y3	7,5	970	2,0
4A160S6Y3	11,0	970	
4A160M6Y3	15,0	970	
4A180M6Y3	18,5	970	
4A200M6Y3	22,0	970	
4A200L6Y3	30,0	980	
4A225M6Y3	37,0	980	
4A250S6Y3	45,0	980	
4A250M6Y3	55,0	980	
4A280S6Y3	75,0	980	
4A280M6Y3	90,0	980	
Синхронная частота вращения 750 об/мин			
4A90LB8Y3	1,1	700	1,7
4A100L8Y3	1,5	700	
4A112MA8Y3	2,2	720	2,2
4A112MB8Y3	3,0	720	
4A132S8Y3	4,0	730	
4A132M8Y3	5,5	730	
4A160S8Y3	7,5	725	
4A160M8Y3	11,0	725	
4A180M8Y3	15,0	730	2,0
4A200M8Y3	18,5	730	
4A200L8Y3	22,0	735	
4A225M8Y3	30,0	735	
4A250S8Y3	37,0	735	
4A250M8Y3	45,0	740	
4A280S8Y3	55,0	740	
4A280M8Y3	75,0	740	
4A315S8Y3	90,0	740	