

МЕХАНИКА

**Методические указания
для выполнения курсового проекта**

Курск 2013

Введение

Курсовой проект по дисциплине «Механика» является важным средством подготовки будущих инженеров. В процессе его выполнения у студентов формируется ряд ценных качеств — повышается мотивация к изучению дисциплины, развивается умение применять теоретические знания для решения практических инженерных задач, связанных с оценкой механической прочности разрабатываемых конструкций. Одновременно с этим курсовое проектирование вырабатывает у студентов аккуратность и точность в работе, определенный стиль и ритм, общую культуру труда, формирует навыки самостоятельной работы.

Курсовой проект предусматривает разработку конструкции привода для определенной машины и реализуется за счет последовательного решения ряда взаимосвязанных инженерных задач.

Техническое задание для проектирования студенту выдает преподаватель в печатном виде, с указанием номера задания, номера варианта и перечнем инженерных задач, подлежащих разработке.

Результаты расчетов представляют в виде текстового документа и графического материала, выполненных и оформленных с учетом требований руководящих документов РД 01.001-2011 «Руководящий документ. Текстовые работы. Правила оформления» и РД 01.002-2011 «Руководящий документ. Конструкторская документация. Правила оформления».

Графический материал представляется в виде кинематической схемы всей машины, чертежа общего вида привода, сборочного чертежа рамы и двух рабочих чертежей деталей зубчатого механизма, для которых был выполнен прочностной расчет. Графическая часть курсового проекта располагается на двух листах формата А1.

1 Разработка кинематической схемы машинного агрегата

Проанализировать элементы кинематической схемы машинного агрегата (см. задание) и изучить конструкцию механического привода по рекомендуемым источникам [1, 2, 5, 6]. Обосновать место установки машинного агрегата на одном из местных предприятий и тем самым установить условия эксплуатации машинного агрегата — количество рабочих смен, продолжительность смены, периодичность включения, характер рабочей нагрузки, (постоянная, с малыми колебаниями), реверсивность и т. п.

Срок службы (ресурс) L_h определить по формуле

$$L_h = 365 L_r K_r t_c L_c K_c,$$

где L_r - срок службы привода, лет (см. задание);

K_r - коэффициент годового использования ($K_r = \text{число дней работы в году}/365$);

t_c - продолжительность смены, ч;

L_c - число смен;

K_c - коэффициент сменного использования ($K_c = \text{число часов работы в смену}/t_c$).

2 Выбор двигателя. Кинематический расчет привода

Для проектируемых машинных агрегатов рекомендуются трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели серии 4А. Эти двигатели наиболее универсальны. Закрытое и обдуваемое исполнение позволяет применить эти двигатели для работы в загрязненных условиях, в открытых помещениях и т. п.

Исходными данными технических заданий на курсовое проектирование предусмотрено применение двигателей серии 4А с диапазоном мощностей от 0,25 до 7,5 кВт.

Таблица 1 - Диапазон мощностей электродвигателей серии 4А, кВт

Синхронная частота вращения, об/мин	Тип двигателя				
	56В	63А, В	71А, В	80А, В	90L
3000	0,25	0,37; 0,55	0,75; 1,1	1,5; 2,2	3,0
1500	-	0,25; 0,37	0,55; 0,75	1,1; 1,5	2,2
1000	-	0,25	0,37; 0,55	0,75; 1,1	1,5
750	-	-	0,25	0,37; 0,55	0,75; 1,1
Синхронная частота вращения, об/мин	Тип двигателя				
	100S, L	112M, МА, МВ	132S	132M	160S
3000	4,0; 5,5	7,5	-	-	-
1500	3,0; 4,0	5,5	7,5	-	-
1000	2,2	3,0; 4,0	5,5	7,5	-
750	1,5	2,2; 3,0	4,0	5,5	7,5

2.1 Определение номинальной мощности и номинальной частоты вращения двигателя

Мощность двигателя зависит от требуемой мощности рабочей машины, а его частота вращения - от частоты вращения приводного вала рабочей машины.

Требуемая мощность рабочей машины $P_{рм}$, кВт:

$P_{рм} = F \cdot v$ - если в исходных данных на проектирование указано значение тяговой силы F , кН, и линейной скорости v , м/с, тягового органа рабочей машины;

$P_{рм} = T \cdot \omega$ - если указано значение вращающего момента T , кН·м, и угловой скорости ω , рад/с, тягового органа рабочей машины.

Общий коэффициент полезного действия (КПД) привода:

$$\eta = \eta_{zn} \eta_{on} \eta_m \eta_{пк} \eta_{пс}$$

где $\eta_{zn}, \eta_{on}, \eta_m, \eta_{пк}, \eta_{пс}$ - коэффициенты полезного действия, соответственно, закрытой передачи, открытой передачи, муфты, подшипников качения и подшипников скольжения.

По кинематической схеме в редукторе две пары подшипников, а на приводном валу рабочей машины одна пара.

Значения КПД передач и подшипников представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Значения КПД механических передач

Тип передачи	Закрытая	Открытая
Зубчатая:		
цилиндрическая	0,96...0,97	0,93...0,95
коническая	0,95...0,97	0,92...0,94
Червячная при передаточном числе:		
свыше 30	0,70...0,75	-
от 14 до 30	0,80...0,85	-
от 8 до 14	0,85...0,95	-
Цепная	0,95...0,97	0,90...0,93
Ременная:		
с плоским ремнем	-	0,96...0,98
клиновыми (поликлиновыми) ремнями	-	0,95...0,97

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; при более точном выполнении колес КПД может быть повышен на 1...1,5%; при меньшей точности — соответственно понижен.
2. Потери в подшипниках на трение оцениваются следующими коэффициентами: для одной пары подшипников качения $\eta_{нк} = 0,99...0,995$;
для одной пары подшипников скольжения $\eta_{нс} = 0,98...0,99$.
3. Потери в муфте принимаются $\eta_m \approx 0,98$

Требуемая мощность двигателя $P_{дв}$, кВт:

$$P_{дв} = P_{рм} / \eta$$

Номинальную мощность двигателя следует выбрать большей, но ближайшей к требуемой мощности двигателя ($P_{ном} \geq P_{дв}$). Каждому значению номинальной мощности $P_{ном}$ соответствует несколько типов двигателей с различными частотами вращения. При этом надо учесть, что двигатели с большой частотой вращения (синхронной 3000 об/мин) имеют низкий рабочий ресурс, а двигатели с низкими частотами (синхронными 750 об/мин) весьма металлоемки, поэтому, в курсовом проекте следует принять три двигателя одинаковой мощности, но с различными частотами вращения.

Таблица 3 Номинальная частота ($P_{\text{ном}}$, об/мин) электродвигателей серии 4А

Номинальная мощность, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин											
	3000			1500			1000			750		
	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$	Тип двигателя	$P_{\text{ном}}$		
0,25	4ААМ56В2У3	2760	4ААМ63А4У3	1370	4ААМ63В6У3	890	4АМ71В8У3	680				
0,37	4ААМ63А2У3	2740	4ААМ63В4У3	1365	4АМ71А6У3	910	4АМ80А8У3	675				
0,55	4ААМ63В2У3	2710	4АМ71А4У3	1390	4АМ71В6У3	900	4АМ80В8У3	700				
0,75	4АМ71А2У3	2840	4АМ71В4У3	1390	4АМ80А6У3	915	4АМ90Л8У3	700				
1,1	4АМ71В2У3	2810	4АМ80А4У3	1420	4АМ80В6У3	920	4АМ90Л8У3	700				
1,5	4АМ80А2У3	2850	4АМ80В4У3	1415	4АМ90Л6У3	935	4АМ100Л8У3	700				
2,2	4АМ80В2У3	2850	4АМ90Л4У3	1425	4АМ100Л6У3	950	4АМ112МА8У3	700				
3,0	4АМ90Л2У3	2840	4АМ100С4У3	1435	4АМ112МА6У3	955	4АМ112МВ8У3	700				
4,0	4АМ100С2У3	2880	4АМ100Л4У3	1430	4АМ112МВ6У3	950	4АМ132С8У3	720				
5,5	4АМ100Л2У3	2880	4АМ112М4У3	1445	4АМ132С6У3	965	4АМ132М8У3	720				
7,5	4АМ112М2У3	2900	4АМ132С4У3	1455	4АМ132М6У3	870	4АМ160С8У3	730				

Примечание:

1. Структура обозначения типоразмера двигателя: 4-порядковый номер серии; А-вид двигателя-асинхронный; А-станина и щиты двигателя алюминиевые (отсутствие знака означает, что станина и щиты чугунные или стальные); М-модернизированный; двух-или-трехзначное число-высота оси вращения ротора; А,В-длина сердечника статора; L, S, М-установочный размер по длине станины; 2, 4, 6, 8-число полюсов; У3-климатическое исполнение и категория размещения (для работы в зонах с умеренным климатом) по ГОСТ 15150-89.
2. Обозначение документа на поставку: двигатели 4ААМ56У3 по ТУ16-510.755-81; двигатели 4ААМ63У3 по ТУ16-510.770-81; двигатели 4АМ71У3-4АМ100У3 по ТУ16-510.776-81; двигатели 4АМ112У3; 4АМ132У3 по ТУ16-510.781-81; двигатели 4АМ160С8У3 по ТУ16-510.810-81 (информация справочная)

2.2 Определение передаточного числа привода и его ступеней

Частота вращения приводного вала рабочей машины $n_{рм}$, об/мин

а) для ленточных конвейеров, грузоподъемных и прочих машин

$$v = \frac{\pi D n_{рм}}{60 \cdot 1000}, \text{ отсюда } n_{рм} = \frac{60 \cdot 1000 v}{\pi D},$$

где v — скорость тягового органа, м/с;

D — диаметр барабана, мм;

б) для цепных конвейеров:

$$v = \frac{z p n_{рм}}{60 \cdot 1000}, \text{ отсюда } n_{рм} = \frac{60 \cdot 1000 v}{z p},$$

где v - скорость конвейера, м/с;

z - число зубьев ведущей звездочки тягового органа;

p - шаг тяговой цепи, мм.

Передаточное число привода для всех принятых вариантов типа двигателя при заданной номинальной мощности $P_{ном}$:

$$u_1 = \frac{n_{ном1}}{n_{рм}}; u_2 = \frac{n_{ном2}}{n_{рм}}; u_3 = \frac{n_{ном3}}{n_{рм}} \dots$$

Передаточные числа ступеней привода производят разбивкой передаточного числа привода для всех вариантов типа двигателя так, чтобы выполнялось условие:

$$u_1 = u_{зн1} u_{он1}; u_2 = u_{зн2} u_{он2}; u_3 = u_{зн3} u_{он3}; \dots$$

где u , $u_{зн}$, $u_{он}$ — соответственно передаточные числа привода, редуктора и открытой передачи (Таблица 2).

Разбивка передаточного числа привода и должна обеспечить компактность каждой ступени передачи и соразмерность ее элементов. То есть, нужно придерживаться некоторых средних значений $u_{зн}$ и $u_{он}$, по возможности не доводя их до наибольших, допускаемых лишь в отдельных случаях.

Допускаемое отклонение частоты вращения приводного вала рабочей машины $\Delta n_{рм}$, об/мин:

$$\Delta n_{pm} = n_{pm} \delta / 100$$

где $\delta, \%$ — допускаемое отклонение скорости приводного вала рабочей машины (см. технические задания).

Допускаемая частота вращения приводного вала рабочей машины с учетом отклонения $[n_{pm}] = n_{pm} \pm \Delta n_{pm}$

При этом $[n_{pm}]$ может существенно повлиять на предварительную разбивку передаточного числа привода u .

Фактическое передаточное число привода u_{ϕ} :

$$u_{\phi} = n_{ном} / [n_{pm}]$$

Уточненные передаточные числа закрытой и открытой передач в соответствии с выбранным вариантом разбивки передаточного числа привода. При этом предпочтительнее уточнить $u_{он}$, оставив неизменным стандартное значение $u_{зн}$.

$$u_{он} = \frac{u_{\phi}}{u_{зн}} \quad \text{или} \quad u_{зн} = \frac{u_{\phi}}{u_{он}}$$

Таблица 4 - Рекомендуемые значения передаточных чисел

Закрытые зубчатые передачи (редукторы) одноступенчатые цилиндрические и конические (ГОСТ 2185- 88):						
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 $Z_i=1; 2; 4$ (ГОСТ 2144-88):						
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						

2.3 Определение силовых и кинематических параметров привода

Силовые (мощность и вращающий момент) и кинематические (частота вращения и угловая скорость) параметры привода рассчитывают на валах

привода исходя из требуемой (расчетной) мощности двигателя $P_{дв}$ и его номинальной частоты вращения $n_{ном}$ при установившемся режиме. Рекомендуемый алгоритм расчета представлен в таблице 5.

Таблица 5 Определение силовых и кинематических параметров привода

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

3 Выбор материала зубчатых (червячных) передач. Определение допускаемых напряжений материала

Выбор материала зубчатых колес, а также вида его термообработки зависит от вида, назначения, условий и режима работы передачи. Кроме того при проектировании элементов конструкций следует учитывать и экономическую целесообразность применения выбранного материала. Рекомендации по выбору материала деталей зубчатых передач, а также методика расчета допускаемых контактных напряжений и напряжений на изгиб представлены в источнике [5, стр. 51-58].

4 Расчет зубчатых (червячных) передач редукторов

Техническим заданием предусмотрено проектирование нестандартных,

одноступенчатых закрытых передач индивидуального производства.

Расчет закрытых передач содержит два этапа: проектный расчет и расчет проверочный. Методика и рекомендации по выбору значений коэффициентов представлены в литературе [5, стр. 61-78].

5 Расчет открытых передач

Расчет ременных передач проводится в два этапа: проектировочный расчет с целью определения геометрических параметров передачи; второй – проверочный расчет ремней на прочность [5, стр. 80-91].

Методика проектировочного и проверочного расчетов цепочных открытых передач представлена в источнике [5, стр. 92-98].

Рекомендуемые информационные источники

1. Прикладная механика: учебник для академического бакалавриата / В.В. Джамай, Е.А. Станкевич, Т.Ю. Чуркина; под ред. В.В. Джамая.- 2-е изд. испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014.- 360 с.
2. Прикладная механика: учебник для академического бакалавриата / В.В. Джамай, Е.А. Станкевич, Т.Ю. Чуркина; под ред. В.В. Джамая. – М.: Издательство Юрайт, 2012.- 360 с.
3. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. - Калининград: Ян-тар. сказ, 2002.-454с.

Интернет-ресурсы

4. Механика. <http://www.teormach.ru>.