

4 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА ПОДЪЕМНИКА

Целью практического занятия является изучение методики расчета автомобильных подъемников с электромеханическим приводом и получение практических навыков расчета на примере широко распространенных 2-х стоечных подъемников, используемых для ТО и ТР автомобилей.

4.1 Подбор мощности электродвигателя и размеров шкивов

Грузоподъемность грузовой тележки стойки находим по формуле:

$$Q_c = \frac{Q}{2}, \text{ Н}, \quad (4.1)$$

где Q – грузоподъемность подъемника.

Скорость подъема тележки находим по формуле:

$$V = \frac{L}{t_{\Pi}}, \text{ м/с}, \quad (4.2)$$

где $L = 1.9$ м – максимальная высота подъема;
 $t_{\Pi} = 50$ с – время подъема на полную высоту.

Для двухстоечных электромеханических подъемников, с двумя ведущими стойками, мощность приводного электродвигателя находится по формуле:

$$N = \frac{Q_c \cdot V}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}, \quad (4.3)$$

где η - КПД привода.

Для двухстоечных электромеханических подъемников с одной ведущей стойкой мощность приводного электродвигателя находится по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot V}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}.$$

КПД привода находим всех кинематических звеньев в соответствии с выбранной схемой:

$$\eta = \prod \eta_i, \quad (4.4)$$

где $\prod \eta_i$ - кпд i -того звена привода.

Для подъемника с двумя ведущими стоками и ременной передачей крутящего момента от двигателя на грузовой винт:

$$\eta = \eta_{РП} \cdot \eta_{ЭД} \cdot \eta_{ВП} ,$$

где $\eta_{РП}$ – КПД ременной передачи, принимаем равным - 0,97;

$\eta_{ЭД}$ - КПД электродвигателя;

$\eta_{ВП}$ - КПД винтовой передачи.

Для подъемников с одной ведущей стойкой следует учитывать КПД цепной или другой передачи, при помощи которой передается крутящий момент от ведущей стойки к ведомой. Если используется цепная передача, тогда КПД η_u принять равным 0,95

КПД винтовой передачи определяется из выражения:

$$\eta_{в.п.} = \frac{tg \lambda}{tg(\lambda + \rho')} , \quad (4.5)$$

где λ - угол подъема резьбы, град;

ρ' - угол трения, град.

Угол подъема резьбы находим по формуле:

$$\lambda = arctg \frac{S}{\pi \cdot d} , \quad (4.6)$$

где: S – шаг винтовой линии, м;

d - средний диаметр резьбы винта, м.

Угол трения резьбы найдем из выражения:

$$\rho' = arctgf' = arctg \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} , \quad (4.7)$$

где f - коэффициент трения, для стали по стали $f = 0,05 - 0,1$, для стали по бронзе $f = 0,07 - 0,1$.

Полученные значения формул 4.1; 4.2; 4.4, подставляем в формулу 4.3 и находим мощность электродвигателя. По значению полученной мощности необходимо подобрать электродвигатель, указать его марку, мощность, номинальную частоту вращения. Мощность выбранного электродвигателя должна быть больше, либо равна расчетной мощности. В таблице 4.1 приведена техническая характеристика некоторых трехфазных, асинхронных электродвигателей переменного тока, общего применения.

Частота вращения грузового винта находится из выражения:

$$n_B = \frac{V}{S} \cdot 60, \text{ об/мин.} \quad (4.8)$$

Таблица 4.1 – Техническая характеристика электродвигателей

Тип двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД электродвигателя
РАМ90L4	1,5	1500	0,78
РАМ100L4	2,2	1500	0,80
РАМ90L2	2,2	3000	0,82
АИР112МАВ	2,2	750	0,76
АИРС 80В2	2,5	3000	0,76
АИРС100 L6	2,6	1000	0,76
АМУ132S6	3	1000	0,81
РАМ100LB4	3	1500	0,82
АМУ132М8	3	750	0,79
АИРС 90L2	3,5	3000	0,80
АИР112МВ6	4	1000	0,82
АИРС112М4	4	1500	0,85
АИРС100L4	4,25	1500	0,83
РАМ132S4	5,5	1500	0,87

Передаточное число ременной передачи находим по формуле:

$$i = \frac{n_{ЭД}}{n_B}, \quad (4.9)$$

где $n_{ЭД}$ – частота вращения вала двигателя, об/мин.

Диаметр шкива вала электродвигателя принимаем из стандартного ряда значений шкивов, мм: 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 280; 315; 355; 400 и тд.

Диаметр шкива грузового винта находится из выражения:

$$D_B = D_{ЭД} \cdot i, \text{ мм.} \quad (4.10)$$

Расчетный диаметр шкива грузового винта округляется до стандартного значения, выбранного из ряда диаметров шкивов.

4.2 Расчет винтовой передачи

Расчет винта на прочность. Условие прочности имеет вид:

$$\sigma_{ЭКВ} \leq [\sigma]. \quad (4.11)$$

Эквивалентное напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}, \text{ МПа}, \quad (4.12)$$

где σ - напряжение растяжения, МПа;
 τ – напряжение кручения винта, МПа.

Напряжение растяжения винта имеет вид:

$$\sigma = \frac{Q_c}{F}, \text{ МПа}, \quad (4.13)$$

где Q_c – грузоподъемность одной стойки;
 F – площадь винта по внутреннему диаметру резьбы, м².

Напряжение кручения винта находится по формуле:

$$\tau = \frac{M_k}{W_k}, \text{ МПа}, \quad (4.14)$$

где M_k – крутящий момент на выходном валу редуктора, Нм;
 W_k – момент сопротивления винта на кручение, м³.

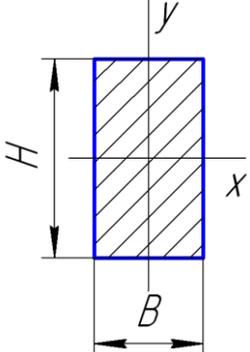
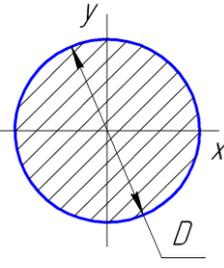
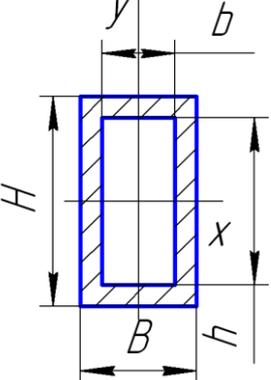
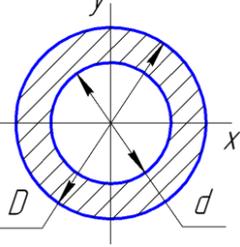
$$M_k = \frac{N_{\text{ДВ}} \cdot \eta_{\text{ЭД}} \cdot \eta_{\text{РП}}}{n_B} \cdot 10^4 \text{ Нм}. \quad (4.15)$$

Момент сопротивления винта на кручения определяется по формуле представленной в таблице 4.2

Эквивалентное напряжение, полученное при расчете, должно быть меньше, либо равно допустимому напряжению для материала винта:

Для стали 20 $[\sigma] = 95$ МПа;
 Для стали 25 $[\sigma] = 105$ МПа;
 Для стали 30 $[\sigma] = 110$ МПа;
 Для стали 35 $[\sigma] = 120$ МПа;
 Для стали 40 $[\sigma] = 130$ МПа;
 Для стали 45 $[\sigma] = 135$ МПа.

Таблица 4.2 – Расчетные формулы момента сопротивления инерции, в зависимости от профиля сечения

Форма профиля	Расчетная формула	Форма профиля	Расчетная формула
	$W_x = \frac{B \cdot H^2}{6};$ $W_y = \frac{H \cdot B^2}{6};$		$W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \approx 0.1 \cdot D^3;$ $W_x = W_y$
	$W_x = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot h};$ $W_y = \frac{H \cdot B^3 - h \cdot b^3}{6 \cdot b};$		$W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right) \approx$ $\approx 0.1 \cdot D^3 \cdot \left(1 - \frac{d^4}{D^4}\right);$ $W_x = W_y$

Расчет винта на износостойкость

Удельное давление в резьбе находится по формуле:

$$P = \frac{Q_c}{\pi \cdot \psi_\Gamma \cdot \xi \cdot d_\Gamma^2} \leq [P], \text{ МПа}, \quad (4.16)$$

где ψ_Γ – коэффициент высоты гайки;

ξ – отношение высоты рабочего профиля резьбы к ее шагу, $\xi = 1$.

Из условия износостойкости допустимое удельное давление в резьбе $[P] = 7 \dots 13$ МПа. [1, таблица 8, с 778].

Коэффициент высоты гайки находим по формуле:

$$\psi_\Gamma = \frac{H_\Gamma}{d_\Gamma}, \quad (4.17)$$

где H_Γ – высота гайки;

d_Γ – диаметр гайки.

4.3 Пример расчета двухстоечного подъемника

Исходные данные.

Грузоподъемность подъемника $Q - 25000$ Н;

Время подъема и опускания $t_{\Pi} - 50$ секунд;

Высота подъема $L - 1,9$ м;

Длина грузового винта -2 м;

Шаг винта $S - 0,005$ м;

Средний диаметр резьбы винта $d - 0,03$, м;

Коэффициент трения $f - 0,07$;

Угол $\alpha - 17^\circ$;

Высота гайки $H_{Г} - 0,105$ м;

Диаметр гайки $d_{Г} - 0,042$ м.

Подбор мощности электродвигателя и размеров шкивов.

Грузоподъемность грузовой тележки стойки находим по формуле (4.1)

$$Q_C = \frac{Q}{2} = \frac{25000}{2} = 12500, \text{ Н.}$$

Скорость подъема тележки находим по формуле (4.2):

$$V = \frac{L}{t_{\Pi}} = \frac{1,9}{50} = 0,038 \text{ ,м/с.}$$

Определяем КПД винтовой передачи, КПД привода и мощность электродвигателя (формулы 4.3; 4.4; и 4.5 соответственно):

$$\eta_{\text{в.п.}} = \frac{\text{tg} \lambda}{\text{tg}(\lambda + \rho')} = \frac{\text{tg} 3,1}{\text{tg}(3,1 + 4,2)} = 0,42.$$

Где угол подъема резьбы (формула 4.6):

$$\lambda = \text{arctg} \frac{S}{\pi \cdot d} = \text{arctg} \frac{0,005}{3,14 \cdot 30 \cdot 10^{-3}} = 3,10^\circ.$$

Угол трения из (4.7): $\rho' = \text{arctg} f' = \text{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{0,070}{\cos 17^\circ} = 4,2^\circ.$

КПД привода найдем из формулы (4.4):

$$\eta = \eta_{\text{рп}} \cdot \eta_{\text{эд}} \cdot \eta_{\text{шп}} \cdot \eta_{\text{вп}} = 0,97 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,42 = 0,4.$$

Итак, мощность электродвигателя:

$$N = \frac{Q \cdot V}{1000 \cdot \eta} = \frac{25000 \cdot 0.038}{1000 \cdot 0.4} = 2.3, \text{ кВт.}$$

Согласно таблице 4.1 подбираем двигатель по большему ближайшему значению. Для данного расчета подходит электродвигатель: АИРС100 L6, мощностью 2.6 кВт, с частотой вращения 1000 об/мин; КПД-0,76. Диаметр шкива электродвигателя $D_{эд}$ принимаем из стандартного ряда 80 мм.

Частота вращения грузового винта находится по формуле (4.8):

$$n_B = \frac{V}{S} \cdot 60 = \frac{0.038 \cdot 60}{0.005} = 456, \text{ об/мин.}$$

Передаточное число ременной передачи находим по формуле (4.9):

$$i = \frac{n_{эд}}{n_B} = \frac{1000}{456} = 2.2.$$

Диаметр шкива грузового винта находится из выражения (4.10):

$$D_B = D_{эд} \cdot i = 80 \cdot 2.2 = 176, \text{ мм.}$$

Расчет винтовой передачи

Расчет винта на прочность. Условие прочности из формулы (4.11):

$$\sigma_{ЭКВ} \leq [\sigma]; 33 \text{ МПа} \leq [\sigma] = 105, \text{ МПа.}$$

Эквивалентное напряжение определяется по формуле (4.12):

$$\sigma_{ЭКВ} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{17.6^2 + 3 \cdot 16^2} = 33, \text{ МПа.}$$

Напряжение растяжения винта находим по формуле (4.13):

$$\sigma = \frac{Q_c}{F} = \frac{12500}{0.00071} = 17.6, \text{ МПа.}$$

Напряжение кручения винта находим по формуле (4.14):

$$\tau = \frac{M_K}{W_K} = \frac{42}{2.65 \cdot 10^{-6}} = 16, \text{ МПа.}$$

Момент кручения винта находим по формуле (4.15):

$$M_K = \frac{N_{ДВ} \cdot \eta_{ЭД} \cdot \eta_{РП}}{n_B} \cdot 10^4 = \frac{2.6 \cdot 0.76 \cdot 0.97}{456} \cdot 10^4 = 42, \text{ Нм.}$$

Из таблицы 4.2:

$$W_K = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3.14 \cdot (30 \cdot 10^{-3})^3}{32} = 2.65 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3.$$

Расчет винта на износостойкость

Удельное давление в резьбе находится по формуле (4.16):

$$P = \frac{Q_C}{\pi \cdot \psi_\Gamma \cdot \xi \cdot d^2} = \frac{12500}{3.14 \cdot 2.5 \cdot 1 \cdot (30 \cdot 10^{-3})^2} = 1.8 \leq [P], \text{ МПа,}$$

$$[P] = 7 \dots 13 \text{ МПа.}$$

Коэффициент высоты гайки находим по формуле (4.17):

$$\psi_\Gamma = \frac{H_\Gamma}{d_\Gamma} = \frac{0.105}{0.042} = 2.5.$$

4.4 Варианты заданий

Таблица 4.3 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Грузоподъемность подъемника, Н	Высота подъема, м	Время подъема, с	Число ведущих стоек	H_Γ , м	d_Γ , м	S, м	d, м
0	15000	1,81	45	1	0,105	0,042- 0,050	0,005	0,03- 0,04
1	20000	1,83	50	1				
2	25000	1,92	55	2				
3	30000	1,90	60	2				
4	35000	1,95	65	2				
5	40000	2,00	70	2				
6	45000	1,86	70	2				
7	20000	2,00	55	1				
8	25000	2,10	65	1				
9	30000	2,00	60	2				

4.5 Порядок выполнения работы

- Выбрать данные для выполнения работы из таблицы 4.3;
- Изучить методику расчета привода подъемника на примере, приведенном в данном методическом указании;
- Рассчитать все необходимые параметры в соответствии с примером;
- Составить отчет о проделанной работе и представить его к защите.

4.6 Содержание отчета

- Ф.И.О. студента, группа, дата выполнения.
- Название и цель работы.
- Исходные данные для расчета
- Расчеты по образцу, показанному в примере.
- Выводы.

4.7 Контрольные вопросы

1. Изобразить кинематическую схему электромеханического подъемника с двумя ведущими стойками.
2. Какими способами осуществляется синхронизация подъемников с двумя ведущими стойками?
3. Основные этапы расчета электромеханического двухстоечного подъемника.
4. Основные элементы конструкции электромеханического подъемника.
5. Каким образом обеспечивается безопасность при работе с электромеханическим подъемником?
6. Основные преимущества и недостатки электромеханических подъемников.
7. Область применения электромеханической передачи в гаражном и другом оборудовании.
8. Какие характеристики подъемно-осмотрового оборудования учитываются при подборе его на АТП и СТО?
9. Классификация электромеханических подъемников.
10. Каковы основные способы передачи крутящего момента от электродвигателя на грузовой винт?