

Расчет и выбор главного привода пассажирского лифта

Расчет статических нагрузок и выбор мощности электродвигателя

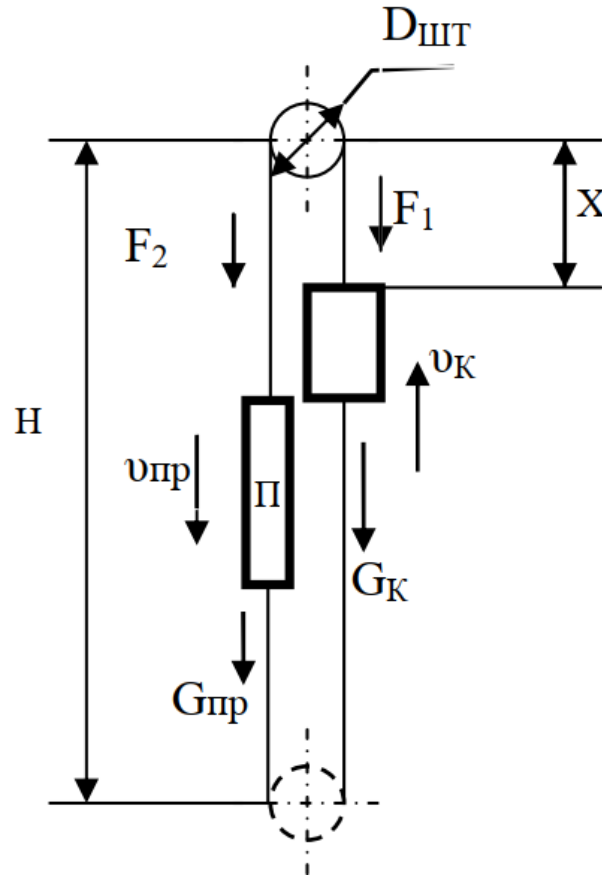


Рис. 1. Эскиз функциональной схемы пассажирского лифта

$D_{ШТ}$ – диаметр шкива трения, м;

$F_1 = G_К$ – сила от веса кабины, Н;

$F_2 = G_{ПР}$ – сила от веса противовеса, Н;

H – максимальная высота подъема, м;

X – расстояние от кабины до шкива трения, м;

$v_К$ – скорость подъема кабины, м/сек;

$v_{ПР}$ – скорость спуска противовеса, м/сек;

$G_К = G_0 + G$ – сила тяжести кабины с грузом, Н;

$G_{ПР} = G_0 + \alpha \cdot G_H$ – сила тяжести противовеса, Н;

G_H – номинальная грузоподъемность лифта, Н;

G – сила тяжести от веса пассажиров, Н.

1. Статическая мощность и момент на валу электродвигателя подъема лифта.

Исходные данные приведены в таблице вариантов, где:

a) $G_К = G_0 + G$ – вес кабины лифта, Н;

b) $G = G_0 + \alpha \cdot G_H$ – вес груза (пассажиров) в кабине лифта, Н;

c) $F_1 = G_К - G_{ПР}$ – сила тяжести на шкиве трения, Н;

d) $F_2 = G_{ПР} - G_К$ – сила тяжести на шкиве трения, Н;

e) $G_{ПР} = \alpha \cdot G_H$ – вес противовеса кабины лифта, Н;

f) $\alpha = (0,4 \div 0,6)$ – коэффициент уравнивания при определении веса противовеса;

Статическая мощность и момент на валу электродвигателя при подъеме кабины с грузом:

$$P_{П1} = \frac{F_{П1} \cdot v_K}{\eta_{П1} \cdot 1000}, \text{кВт}$$

$$M_{П1} = 9550 \cdot \frac{P_{П1}}{n_{ДВ}} = 9550 \cdot \frac{P_{П1}}{n_{ШТ} \cdot i_P} = 9550 \cdot \frac{P_{П1}}{\frac{60 \cdot v_K}{2 \cdot \pi \cdot R_{ШТ}} \cdot i_P} = 1000 \cdot \frac{P_{П1} \cdot R_{ШТ}}{v_K \cdot i_P}$$

при $G > \alpha \cdot G_H$ (силовой подъем кабины);

$$P_{П2} = F_{П2} \cdot v_K \cdot \eta_{П2} \cdot 10^{-3}, \text{кВт}$$

$$M_{П2} = 1000 \cdot \frac{P_{П2} \cdot R_{ШТ}}{v_K \cdot i_P} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

при $G < \alpha \cdot G_H$ (тормозной подъем кабины).

Статическая мощность и момент на валу электродвигателя при спуске кабины с грузом:

$$P_{C1} = \frac{F_{C1} \cdot v_K}{\eta_{C1} \cdot 1000}, \text{кВт} \quad M_{C1} = 1000 \cdot \frac{P_{C1} \cdot R_{ШТ}}{v_K \cdot i_P}$$

при $G < \alpha \cdot G_H$ (силовой спуск кабины);

$$P_{C2} = F_{C2} \cdot v_K \cdot \eta_{C2} \cdot 10^{-3}, \text{кВт} \quad M_{C2} = 1000 \cdot \frac{P_{C2} \cdot R_{ШТ}}{v_K \cdot i_P}$$

при $G > \alpha \cdot G_H$ (тормозной спуск кабины).

$$M_{П2} = 1000 \cdot \frac{P_{П2} \cdot R_{ШТ}}{v_K \cdot i_P} \text{ Н} \cdot \text{м}$$

при $G < \alpha \cdot G_H$ (тормозной подъем кабины).

Статическая мощность и момент на валу электродвигателя при спуске кабины с грузом:

$$P_{C1} = \frac{F_{C1} \cdot v_K}{\eta_{C1} \cdot 1000}, \text{кВт} \quad M_{C1} = 1000 \cdot \frac{P_{C1} \cdot R_{ШТ}}{v_K \cdot i_P}$$

при $G < \alpha \cdot G_H$ (силовой спуск кабины);

$$P_{C2} = F_{C2} \cdot v_K \cdot \eta_{C2} \cdot 10^{-3}, \text{кВт} \quad M_{C2} = 1000 \cdot \frac{P_{C2} \cdot R_{ШТ}}{v_K \cdot i_P}$$

при $G > \alpha \cdot G_H$ (тормозной спуск кабины).

Для выбора мощности электродвигателя строится нагрузочная диаграмма за весь цикл работы лифта:

допускается принять $t_{п1} = t_{п2} = t_{с1} = t_{с2} = t_p$,

$$\Sigma t_0 = (2,0 \div 4,0) t_p, \quad t_p \approx \frac{H}{v_K}, \text{ сек}$$

Эквивалентная мощность на валу электродвигателя лифта за цикл работы:

$$P_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{P_{п1}^2 \cdot t_{п1} + P_{п2}^2 \cdot t_{п2} + P_{с1}^2 \cdot t_{с1} + P_{с2}^2 \cdot t_{с2}}{t_{п1} + t_{п2} + t_{с1} + t_{с2} + \Sigma t_0}}, \text{ кВт}$$

Номинальная мощность электродвигателя выбирается по каталогу-справочнику из условия:

$$P_H \geq k_3 \cdot P_{\text{ЭКВ}}$$

где $k_3 = 1,3 \div 1,5$ – коэффициент запаса, учитывающий влияние переходных процессов на величину нагрузки на валу электродвигателя при пуске и остановке кабины лифта при поэтажном разъезде пассажиров.

Частота вращения электродвигателя выбирается из условия:

$$\omega_{\text{ДВ}} = \frac{v_K \cdot i_P \cdot 2}{D_{\text{ШТ}}}$$

допускается отклонение не более 5%.

Приведенный выше способ расчета статических нагрузок на валу электродвигателя привода лифта не учитывает вес канатов. Это связано с тем, что пассажирские лифты, как правило, имеют уравнивающие канаты, вес которых равен весу тяговых канатов и, тем самым, уравнивает всю систему в части действующих усилий на шкиве трения.

К.п.д. системы привода лифта зависит от загрузки кабины лифта. При $G < \alpha \cdot G_H$ величина $\eta < \eta_H$. На рис.2 дан пример построения в относительных единицах графика распределения мощности на валу электродвигателя в зависимости от загрузки кабины. Этот график строится для определения коэффициента полезного действия в зависимости от загрузки кабины. Определение к.п.д. необходимо при определении статических нагрузок на валу электропривода.

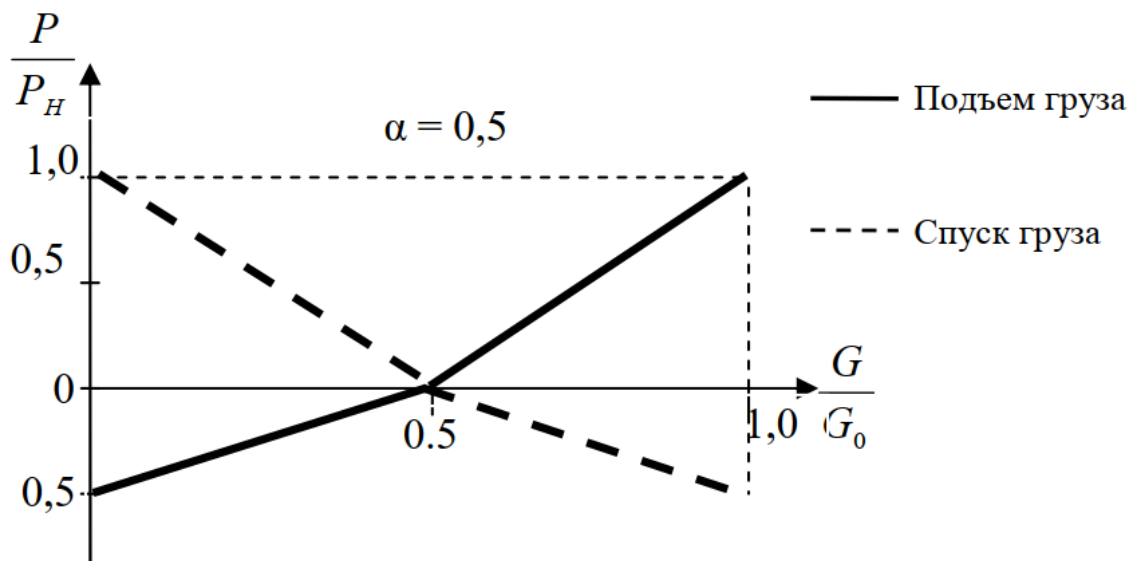


Рис.2. К расчету статической нагрузки на валу электродвигателя Лифта

2. Расчет точной остановки кабины лифта.

Важным условием при автоматизации работы лифтов является условие обеспечения точной остановки кабины лифта против заданного уровня этажной площадки.

На рис.3 показана схема организации и выполнения условий точной остановки кабины:

– путь, проходимый кабиной после включения ДТО по инерции до полной остановки:

$$S'' = \frac{J_{\Sigma} \cdot \omega_{НАЧ}^2}{2} \cdot \frac{D_{ШТ}}{2 \cdot i_P} \cdot \frac{1}{M_{Т\Sigma}}, \text{ м} \quad \text{или} \quad S'' = \frac{m v_{НАЧ}^2}{2 \cdot (F_T + F_C)}, \text{ м}$$

– путь, проходимый кабиной с момента воздействия этажного переключателя за время срабатывания аппаратов управления точной остановкой:

$$S' = v_{НАЧ} \cdot t_{АП} = \omega_{НАЧ} \cdot \frac{D_{ШТ}}{2 \cdot i_P} \cdot t_{АП}, \text{ м}$$

Согласно приведенным выше определениям, находят:

$M_{Т. \Sigma} = M_{М.Т} \pm M_C$ – суммарный тормозной момент на валу привода кабины, Н·м;

$M_{М.Т}$ – момент, обусловленный механическим тормозом, Н·м;

$\frac{J_{\Sigma} \cdot \omega_{НАЧ}^2}{2}$ – кинетическая энергия, обусловленная движущимися частями на начальном этапе торможения кабины.

F_T, F_C – тормозное и статическое усилия, приведенные к скорости движения кабины, Н;

m – масса всех движущихся частей лифта, приведенная к скорости движения кабины.

Тогда путь, проходимый кабиной с начала торможения до полной остановки:

$$S = S' + S'' = v_{НАЧ} \cdot t_{АП} + \frac{m \cdot v_{НАЧ}^2}{2 \cdot (F_T + F_C)} = v_{НАЧ} \cdot t_{АП} + \frac{m \cdot v_{НАЧ}^2}{2 \cdot F_{ДИН}}$$

где $F_{ДИН} = F_T + F_C$, Н; $v_{НАЧ} = v_0 \pm \Delta v$; $m = m_0 \pm \Delta m$; $t = t_0 + \Delta t$ и

т.п.

$$S_{MAX} = (v_0 + \Delta v) \cdot (t_0 + \Delta t) + \frac{(m_0 + \Delta m) \cdot (v_0 + \Delta v)^2}{2 \cdot (F_{ДИН0} - \Delta F_{ДИН})}$$

$$S_{MIN} = (v_0 - \Delta v) \cdot (t_0 - \Delta t) + \frac{(m_0 - \Delta m) \cdot (v_0 - \Delta v)^2}{2 \cdot (F_{ДИН0} + \Delta F_{ДИН})}$$

Расстояние от уровня этажа до места установки ДТО:

$$S_0 = \frac{S_{MAX} + S_{MIN}}{2}, \text{ м}$$

Максимальное допустимое отклонение:

$$\Delta S_{MAX} = \frac{S_{MAX} - S_{MIN}}{2} \quad (4.17)$$

Подставив в выражение (4.17) значения S_{MAX} и S_{MIN} , получим:

$$\Delta S_{MAX} = v_0 \cdot t_0 \cdot \left(\frac{\Delta v}{v_0} + \frac{\Delta t}{t_0} \right) + \frac{m_0 \cdot v_0^2}{2 \cdot F_{ДИН0}} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{\Delta F_{ДИН}}{F_{ДИН0}} \right)^2} \cdot \left[\left(2 \cdot \frac{\Delta v}{v_0} + \frac{\Delta m}{m_0} + \frac{\Delta F_{ДИН}}{F_{ДИН0}} \right) + \alpha \right]$$

(4.18), где

$$\alpha = 2 \cdot \frac{\Delta v}{v_0} \cdot \frac{\Delta m}{m_0} \cdot \frac{\Delta F}{F_{ДИН0}} + \frac{\Delta m}{m_0} \cdot \left(\frac{\Delta v}{v_0} \right)^2 + \frac{\Delta F_{ДИН}}{F_{ДИН0}} \cdot \left(\frac{\Delta v}{v_0} \right)^2 \quad (4.19),$$

– величина незначительная, менее 10% и ею можно пренебречь, тогда

$$\Delta S_{MAX} = v_0 \cdot t_0 \cdot \left(\frac{\Delta v}{v_0} + \frac{\Delta t}{t_0} \right) + \frac{m_0 \cdot v_0^2}{2 \cdot F_{ДИН0}} \left(2 \cdot \frac{\Delta v}{v_0} + \frac{\Delta m}{m_0} + \frac{\Delta F_{ДИН}}{F_{ДИН0}} \right) \quad (4.20)$$

Решая уравнения (4.16), (4.17) и (4.18) в отношении S_{MAX} и S_{MIN} находим величину максимального допустимого отклонения остановки кабины от уровня этажа и места расположения ДТО.

При известных параметрах конкретного лифта с помощью уравнения (4.18) необходимо проверить, выполняется ли заданная точность остановки, из условия:

$$\Delta S_{max} \leq \Delta S_{дон}$$

Однако при проектировании более часто приходится решать обратную задачу – нахождение параметров электропривода, при которых выполняется указанное условие. Для этой цели в выражении (4.18) полагают:

$$\Delta S_{max} = \Delta S_{дон},$$

учитывая, что допустимое ускорение или замедление при разгоне кабины лифта не должно быть больше 1,5м/сек², т.е. $a_{доп} \leq 1,5\text{м/сек}^2$, а остальные отклонения находятся в пределах:

$$\frac{\Delta \omega_{НАЧ}}{\omega_{НАЧ.0}} \approx 0,2 \div 0,5;$$

$$\frac{\Delta M_{ТС}}{M_{ТС}} \approx 0,1 \div 0,2; \quad \frac{\Delta t_{АП}}{t_{АП0}} \approx 0,15 \div 0,20; \quad \frac{\Delta m}{m_0} = (0,05 \div 0,1);$$

$$\frac{\Delta m}{m_0} = (0,05 \div 0,1) v_{0дон}$$

$\Delta S_{дон} \approx 0,01 \div 0,05\text{м}$ (задаются в указанных пределах), находят путем его решения пары значений:

$$\left(\frac{\Delta v}{v_0} \right)_{дон} \quad \text{и} \quad v_{0дон}$$

Каждая пара значений определяет механическую характеристику электропривода при подходе кабины лифта к датчику точной остановки, удовлетворяющую поставлен-

ному условию. Для расчета параметров точной остановки кабины необходимо использовать данные таблицы вариантов и расчета статических нагрузок, приведенных в разделе 1 выше.

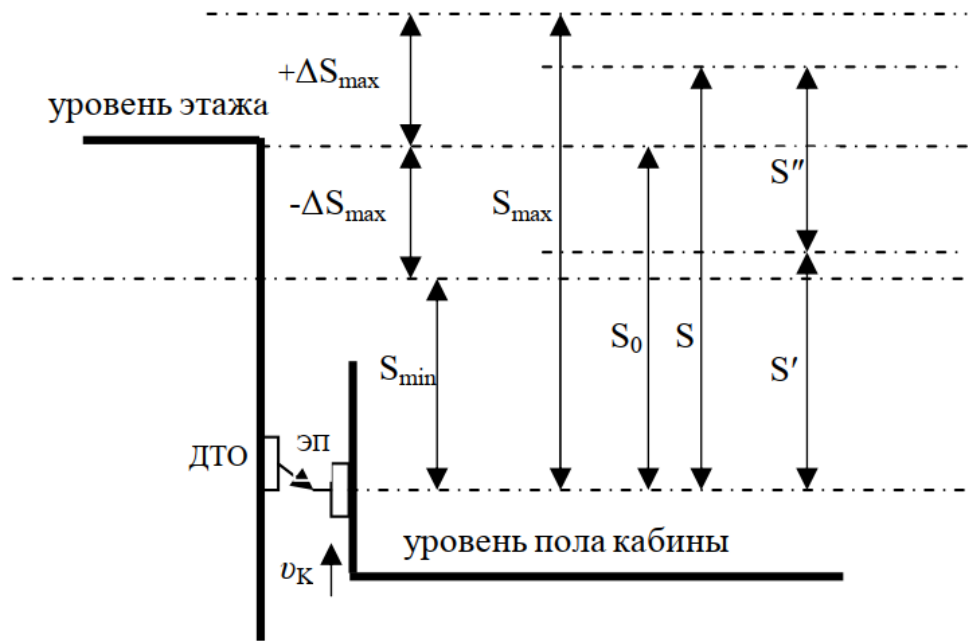


Рис.3. Схема организации точной остановки кабины лифта на этажной площадке.

ДТО – датчик точной остановки кабины

ЭП – этажный переключатель

$S=S'+S''$ – путь, проходимый кабиной от включения ЭП до полной остановки кабины;

S_{min} – минимальный путь кабины до точной остановки;

S_{max} – максимальный путь кабины до точной остановки;

$\pm \Delta S_{max}$ – максимальное допустимое отклонение кабины от заданного уровня точной остановки;

S' – путь, проходимый кабиной с момента воздействия ЭП на ДТО за время воздействия аппаратов переключения;

S'' – путь, проходимый кабиной за счет инерции всех движущихся частей привода лифта;

S_0 – расстояние установки ДТО от уровня этажа.

Для получения заданной точности остановки при больших рабочих скоростях кабины лифта необходимо перед остановкой заблаговременно снижать скорость до значения $v_{0\text{ доп}}$, при которой неточность остановки ΔS_{max} не превосходила бы допустимой $\Delta S_{доп}$. Таким образом, требование точной остановки определяет диапазон регулирования скорости, который должен обеспечивать электропривод автоматизированного лифта при заданной допустимой неточности.

$$D_{min} = \frac{v_{раб}}{v_{0доп}} = \frac{\omega_{раб}}{\omega_{0доп}},$$

где $\omega_{раб}$, $\omega_{0доп}$ – угловые скорости двигателя, соответствующие рабочей $V_{раб}$ и средней остановочной $V_{0доп}$ скоростям кабины лифта.