

Лабораторная работа № 6

«Расчет мощности и выбор двигателя лифтов»

Цель работы:

1. Изучение методики расчета и выбора электродвигателя для лифтов, построение графиков.
2. Получение практических навыков.

Порядок проведения работы:

1. Изучить методику расчета электрооборудования лифтов, построения графиков нагрузки.
2. Научиться пользоваться справочными данными по выбору электродвигателей, изучение методики проверочного расчета.
3. Получить индивидуальное задание для производства расчета.
4. Произвести расчет
5. Оформить отчет.

Основные положения:

Расчет электрооборудования лифтов сводится к определению мощности электродвигателя привода подъёмного механизма, являющегося основным звеном в электрической части лифта. При рассмотрении 2-х методов в расчете мощности электродвигателя встречается необходимость использования следующих величин.

- 1) Вес поднимаемого груза с учетом загрузки кабины:

$$G_H = \gamma G_{H1}, \quad \text{кГ(Н)},$$

- 2) Вес противовеса

$$G_{np} = G_0 + 0,5 G_H, \quad \text{кГ(Н)},$$

где G_0 – вес кабины.

- 3) Изменение тягового усилия в зависимости от предполагаемых остановок кабины:

$$F'_R = (G - \kappa \Delta G_H) - G_{np}, \quad \text{кГ(Н)}$$

где κ - порядковый номер предполагаемой остановки (таблица 1)

ΔG_H - изменение груза кабины на предполагаемых остановках

принимается равномерное: $\Delta G_H = G_H / R$

$G_{пр}$ - вес противовеса

$G = G_0 + G_H$ - сумма веса кабины и поднимаемого груза.

Таблица 1 – Количество вероятных остановок лифта

Количество этажей	количество пассажиров	
	5	10
5	2	5
10	5	6
18	6	8

4) Количество человек в кабине при среднем весе пассажира 70 кг:

$$E = G_H / 70$$

5) Тяговое усилие при полностью загруженной кабине, стоящей на первом этаже:

$$F = G - G_{пр}, \text{ кГ(Н)}$$

6) Моменты, соответствующие тяговым усилиям (кг·м):

$$\mu_{сд} = FD / 2i\eta = Fk\delta \text{ (при } F > 0)$$

$$\mu_{сг} = FD\eta / 2i = Fkz \text{ (при } F < 0)$$

где (δ - двигательный, z – генераторный) $k\delta = D/2i\eta$; $kz = D\eta/2i$;

D – диаметр канатоведущего шкива (и);

i – передаточное число

7) Время ускорения и замедления кабины определяется по табл. 2 t_1 (сек).

8) Суммарное время ускорения и замедления за полный рейс кабины:

$$t_1' = t_1(k + 1), \text{ сек}$$

9) Время равномерного движения кабины между предполагаемыми остановками:

$$t_2 = [h(n_s - 1) - S_1] / Vk, \text{ сек}$$

где h – расстояние между этажами, м;

n_s – количество этажей;

$$S_1 = (v/2) t_1 k, \text{ м};$$

10) Время равномерного движения кабины вверх:

$$t_2' = t_2 k, \text{ сек}$$

11) Время равномерного движения кабины вниз:

$$t_3' = [h(n_s - 1) - S_2] / V, \text{ сек}$$

где $S_2 = (v/2) t_1, \text{ м};$

12) Время движения кабины за полный рейс без учета времени стоянки (время стоянки $t_0=17$ сек).

$$\sum t_1 = t_1' + t_2' + t_3', \text{ сек}$$

13) Время открывания и закрывания дверей и включение двигателя $t_4, \text{ сек}$. По табл. 2 за полный рейс кабины:

$$t_4' = t_4 (k + 1), \text{ сек}$$

14) Время выхода и входа одного пассажира из кабины принимается $t_5=1$ сек. За полный рейс кабины:

$$t_5' = 2t_5 E, \text{ сек}$$

15) время остановок кабины за полный рейс:

$$\sum t_2 = t_4' + t_5', \text{ сек}$$

16) Время полного рейса кабины: $T' = \sum t_1 + \sum t_2, \text{ сек}$

С учетом дополнительного времени: $T = T' + 0,1T', \text{ сек}$.

17) Продолжительность включению двигателя:

$$\text{ПВ} = (\sum t_1 / T) 100, \%$$

18) Среднеквадратичный момент двигателя при ПВ:

$$M_3' = \sqrt{\frac{t_2 \sum M_R^2 + t_3' M_R^2}{\sum t_1}}; \text{ кг} \cdot \text{м}$$

19) Перерасчет среднеквадратичного момента двигателя на стандартную ПВ_{ст}: 15, 25, 40, 60, 75%:

$$M_3 = M_3' \sqrt{\text{ПВ} / \text{ПВ}_{\text{ст}}}, \text{ кг} \cdot \text{м}$$

20) Частота вращения двигателя:

$$n = \text{ПВ} \nu_i / \text{ПД}, \text{ об/мин}$$

где i – передаточное число редуктора;

D – диаметр канатоведущего шкива, м.

21) Мощность электродвигателя

$$P = M_s \cdot n / 975, \text{ кВт}$$

22) Максимально возможный момент на валу двигателя:

$$M_{\text{max}} = 1,5 F_k K_g$$

23) Номинальная мощность электродвигателя также определяется среднеквадратичным значением мощности за время действительной работы электродвигателя, т.е. с учетом времени пуска, торможения, подъема, спуска:

$$P = \sqrt{\frac{P_{\text{под}}^2 t_{\text{под}} + P_{\text{сп}}^2 t_{\text{сп}}}{t_{\text{под}} + t_n + t_{\text{сп}} + t_n}}, \text{ кВт}$$

где $P_{\text{под}}$ – мощность при подъеме, кВт;

$P_{\text{сп}}$ – мощность при спуске.

24) Мощность двигателя при подъеме

$$P_{\text{под}} = M_{C1} \cdot n / 975, \text{ кВт}$$

где $[кг \cdot м] M_{C1} = \frac{(G_{H1} + G_0)D}{2i\eta}$ – статический момент сопротивления на валу

двигателя при подъеме;

η – КПД системы

25) Мощность двигателя при пуске:

$$P_{\text{сп}} = M_{C2} \cdot n / 975, \text{ кВт}$$

где $[кг \cdot м] (H) M_{C2} = \frac{(G_0 + G_{np})D}{2i\eta}$ – статический момент сопротивления на валу

двигателя при спуске;

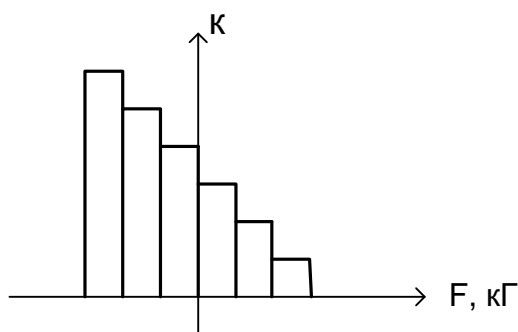
26) Время подъема кабины: $t_{\text{под}} \approx t_2'$, сек

27) Время спуска кабины: $t_{\text{сп}} \approx t_3'$, сек

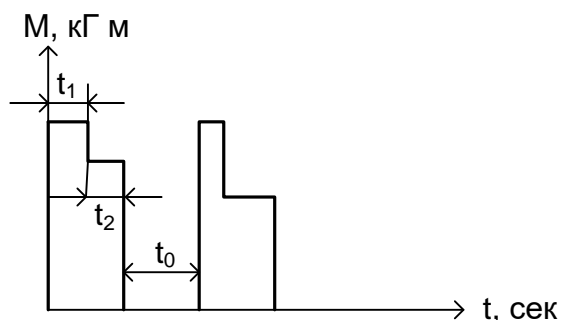
28) Время паузы: $t_n \approx \sum t_2$, сек

29) Построение графиков нагрузки механизма лифта производится при расчете первым методом. Перед построением графиков данные расчета сводятся в таблицы. Графики нагрузки представляют собой зависимости $\kappa = f(F)$ и $M = f(t)$, т. к. кроме нахождения статической нагрузки, весьма существенным является определение количества остановок, которые делает кабина при движении, а также расчет времени стоянки, ускорения, замедления на каждом этаже.

1)



2)



Первый график строится после определения изменения тягового усилия в зависимости от предполагаемых остановок кабины. Второй – при проведении поверочного расчета.

30) Выбор мощности двигателя лифта заключается в предварительном подборе двигателя по максимальному поднимаемому грузу с учетом загрузки кабины в установившемся режиме работы и в последующей проверке на нагрев в соответствии с графиком статической нагрузки и учетом переходных процессов при пуске и торможении двигателя. По табл. 3 выбирается двигатель ближайшей большей мощности (по сравнению с расчетной) с периодичностью включения, принятой в расчете. И далее выполняется проверочный расчет:

а) время пуска двигателя на каждом участке (принимается средний пусковой момент $M_n = 1,6 M_n$, где $M_n = M_0$):

$$t_n = GD_{np}^2 \cdot n / 375 (M_n - M_{co}), \text{ сек}$$

где GD_{np}^2 - приведенный к валу двигателя маховый момент.

Время равномерного движения кабины не требует уточнения, т. к. скорость при изменении нагрузки колеблется в пределах 3%.

б) поверочный расчет двигателя на нагрев с приближенным учетом влияния переходных процессов при расчетном ПВ:

$$M_9'' = \sqrt{\frac{M_n^2 \sum_1^R t_k + \sum_1^R M_k t_2 + M_{\max k} \cdot t_3'}{\sum t_1}}, \text{ кг} \cdot \text{м} (H)$$

в) эквивалентный поверочный момент с пересчетом на стандартную ПВ:

$$M_{э.н.} = M_9'' \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_{ст}}}, \text{ кг} \cdot \text{м} (H)$$

г) мощность поверочная:

$$P_n = M_{э.н.} \cdot n / 975, \text{ кВт}$$

Если мощность при поверочном расчете получится больше расчетной, то следует выбирать двигатель по справочнику следующей ближайшей мощности.

Таблица 2 – Расчет времени для определения мощности подъемника

Скорость движения, м/сек	Суммарное время открытия и закрытия дверей, включения двигателя, сек			Время ускорения и замедления при расстояниях между этажами 3,6 м.
	кабина с механизир. 2-х створчат. дверями до 1 м.	Кабина с механизир. 1-створчат.дверями до 0,8 м.	Кабина с ручным приводом двери до 0,8 м.	
0,5	-	7,0	12	1,6
0,75	-	7,0	12	1,6
1,0	6,3	7,0	13	1,8
1,5	6,0	7,2	-	1,8
2,5	6,5	-	-	2,8
3,5	7,0	-	-	3,2

Таблица 3 – Паспортные данные двигателей из справочника

Тип	Мощность, P _н	n _н , об/мин	ПВ, %	GD _о ² , кг · м ²
МТ - 12 – 6	2,0	955	60	0,27

МТ – 21 – 6	3,4	1020	60	0,27
ДП – 52	35	575	25	12,1
АК 51 – 6	1,7	905	40	0,2
АК 52 – 6	2,8	920	40	0,3
АО 41 – 6	1,0	930	60	0,15
АО 42 - 6	1,7	930	60	0,2

Пример расчета

Требуется выбрать двигатель переменного тока для пассажирского подъемника грузоподъемностью $G_{Н1} = 500$ кг со скоростью движения кабины $U = 0,75$ м/с; вес кабины $G_0 = 1100$ кг; коэффициент загрузки кабины $\nu = 0,8$; диаметр канатоведущего шкива $D = 1,125$ м; передаточное число $i = 71$; к. п. д. системы $\eta = 0,58$; несущие $GD_{пр}^2 = 1,3 GD_{дв}^2$; пассажиропоток по этажам равномерный; количество этажей $n_э = 14$; высота этажа $h = 3,6$ м.

Решение.

1. Вес поднимаемого груза с учетом загрузки кабины $G_H = \nu G_{Н1}$

$$G_H = 0,8 * 500 = 400 \text{ кг}$$

2. Вес противовеса

$$G_{пр} = G_0 + 0,5 G_H = 1100 + 0,5*400 = 1300 \text{ кг.}$$

3. Определим изменение тягового усилия F , приложенного к ободу канатоведущего шкива, в зависимости от предполагаемых остановок кабины.

При $n_э = 14$ и среднем весе пассажира 70 кг количество человек в кабине $E = 400 : 70 = 6$. Количество предполагаемых остановок по табл.1 $k = 6$.

Примем, что изменение груза кабины на предполагаемых остановках равномерно вследствие равномерного потока пассажиров по этажам:

$$\Delta G_H = G_H / k = 400 / 6 = 66,6 \text{ кг.}$$

Тяговое усилие при полностью загруженной кабине, стоящей на первом этаже:

$$F = G - G_{пр} = 1500 - 1300 = 200 \text{ кг,}$$

где $G = G_H + G_0 = 400 + 1100 = 1500$ кг.

Тяговое усилие на предполагаемых остановках выше первого этажа:

$$F_k' = (G - k\Delta G_H) - G_{пр}$$

где k – порядковый номер предполагаемой остановки.

Получаем:

$$F_1 = (1500 - 1 * 66.6) - 1300 = 133 \text{ кг};$$

$$F_2 = (1500 - 2 * 66.6) - 1300 = 67 \text{ кг};$$

$$F_3 = (1500 - 3 * 66.6) - 1300 = 0 \text{ кг};$$

$$F_4 = (1500 - 4 * 66.6) - 1300 = -67 \text{ кг};$$

$$F_5 = (1500 - 5 * 66.6) - 1300 = -133 \text{ кг};$$

$$F_6 = (1500 - 6 * 66.6) - 1300 = -200 \text{ кг}.$$

На основании проведенного расчета строим график $k = f(F)$, приведенный на рис.

А

4. Моменты, соответствующие тяговым усилиям, кг*м,

$$M_{с.д.} = FD / 2i\eta = Fk_d \quad (\text{при } F > 0)$$

$$M_{с.г.} = FD\eta / 2i = Fk_g \quad (\text{при } F < 0),$$

где (индексы: д – двигательный; г - генераторный).

$$k_d = D / 2i\eta = 1,125 / 2 * 71 * 0,58 = 0,0136$$

$$k_g = D\eta / 2i = 1,125 * 0,58 / 2 * 71 = 0,0046$$

Данные расчета сведены в табл. 3

Таблица 3

F, кг.	200	133,4	66,7	0	-66,7	-133	-200
M, кг*м.	2,72	1,81	0,91	0	-0,31	-0,61	-0,92

5. По табл. 2. время ускорения и замедления кабины $t = 1,6$ сек. Суммарное время ускорения и замедления за полный рейс кабины

$$t'_1 = t_1 (k+1) = 1,6 (6 + 7) = 11.2 \text{ сек}.$$

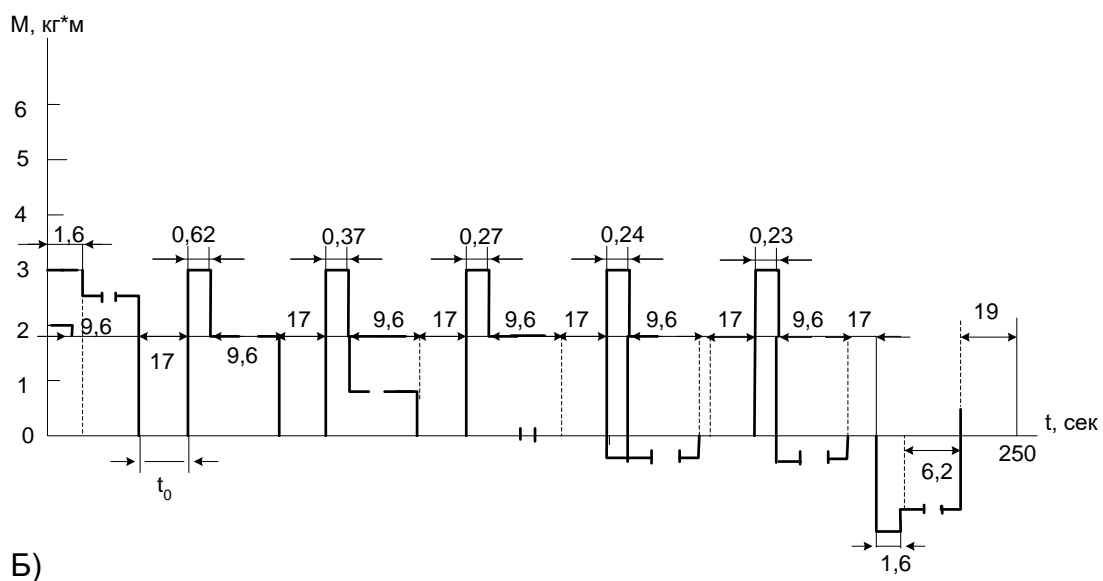
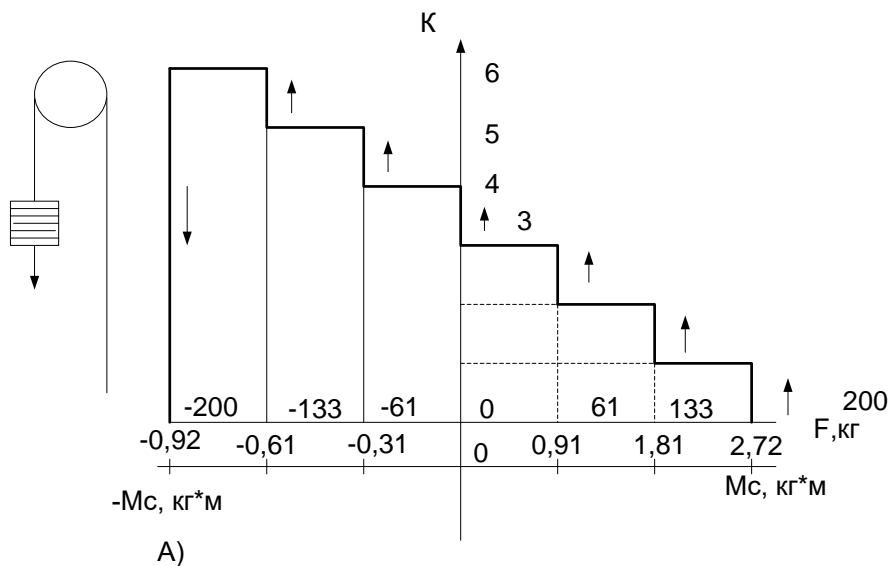


График нагрузки механизма лифта

6. Время равномерного движения кабины между предполагаемыми остановками
рис. Б

$$t_2 = (h (h_3 - 1) - S_1) / U_k = (3,6 (14-1) - 3,6) / 0,75 * 6 = 9,6 \text{ сек,}$$

$$\text{где } S_1 = (U/2) t_k = (0,75/2) * 1,6 * 6 = 3,6 \text{ м.}$$

7. Время равномерного движения кабины вниз

$$t'_3 = (h (h_3 - 1) - S_2) / U = (3,6 (14-1) - 0,6) / 0,75 = 62 \text{ сек,}$$

$$\text{где } S_2 = (U/2) t_1 = (0,75/2) * 1,6 = 0,6 \text{ м.}$$

8. Время равномерного движения кабины вверх

$$t'_2 = t_2 k = 9,6 * 6 = 58 \text{ сек.}$$

9. Время движения кабины за полный рейс без учета времени стоянки (время стоянки $t_0 = 17$ сек)

$$\sum t_1 = t'_2 + t'_1 + t'_3 = 58 + 11,2 + 62 = 131 \text{ сек.}$$

10. Время открывания и закрывания дверей с ручным приводом и включение двигателя по табл. 2 $t_4 = 12$ сек. За полный рейс кабины

$$t'_4 = t_4 (k + 1) = 12 * (6 + 1) = 84 \text{ сек.}$$

11. Время выхода и входа одного пассажира из кабины принимаем равным $t_5 = 1$ сек. За полный рейс кабины

$$t_5 = 2 * t_5 E = 2 * 1 * 6 = 12 \text{ сек.}$$

12. Время остановок кабины за полный рейс

$$\sum t_2 = t'_4 + t'_5 = 84 + 12 = 96 \text{ сек}$$

13. Время полного рейса кабины

$$T' = \sum t_1 + \sum t_2 = 131 + 96 = 227 \text{ сек.}$$

с учетом дополнительного времени

$$T = T' + 0,1 * T = 227 + 23 = 250 \text{ сек.}$$

14. Продолжительность включения двигателя

$$ПВ = (\sum t_1 / T) * 100 = (131 / 250) * 100 = 53\%$$

15. Среднеквадратичный момент двигателя при ПВ = 53%

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{9,7(2,72^2 + 1,81^2 + 0,91^2 - 0,31^2 - 0,61^2) + 62 * 2,72^2}{131}} = 2,1_{\text{кз}} * \text{м}$$

при ПВ = 60 %

$$M_{\text{э}} = 2,1 \sqrt{53/60} = 1,97 \text{ кг*м}$$

16. Скорость двигателя

$$n = 60 * U * \square i / \pi * D = 60 * 0,75 * 71 / 3,14 * 1,125 = 905 \text{ об/мин}$$

17. Мощность на валу двигателя

$$P = M_{\text{эп}} / 975 = 1,97 * 905 / 975 = 1,83 \text{ кВт}$$

18. Максимально возможный момент на валу двигателя

$$M_{\text{макс}} = F_{\text{макс}} * k_{\text{д}} = 1,5 F_6 k_{\text{д}} = 1,5 * 200 * 0,0136 = 300 * 0,0136 = 4,1 \text{ кг*м}$$

Предварительно выбираем двигатель МТ-12-6 с следующими паспортными данными: $P_H = 2,0$ кВт; $n = 955$ об/мин; $M_k / M_H = 2,5$; $PВ = 60\%$;

$$GD_d^2 = 6,27 \text{ кг*м}$$

19. Время пуска двигателя на каждом участке (при расчете принимаем, что средний пусковой момент $M_{п} = 1,6 * M_H = 1,6 * 2,04 = 3,26$ кг*м).

$$t_{п} = GD_{пр}^2 / 375 (M_{п} - M_c)$$

Так, на первом участке

$$t_{п} = 1,3 * 0,27 * 955 / 375 (3,26 - 2,72) = 1,6 \text{ сек}$$

На остальных участках расчет времени производится аналогично.

Данные расчета сведены в табл. 4 (см. рис. б).

Таблица 4

M, кг*м.	2,72	1,81	0,91	0	-0,31	-0,61
t, сек.	1,6	0,62	0,37	0,27	0,24	0,23

Время равномерного движения кабины не требует уточнения, так как скорость при изменении нагрузки колеблется в пределах 3%.

В проверочном расчете не учтено некоторое расхождение между номинальной скоростью вала редуктора и выбранного двигателя.

На основании расчетных данных на рис. б. построен график нагрузки на валу двигателя.

20. Произведем проверочный расчет на нагрев с приближенным учетом влияния переходных процессов $PВ = 53\%$:

$$M_э = \frac{\sqrt{3,26^2 (1,6 + 0,62 + 0,37 + 0,27 + 0,23 + 1,6) + (2,72^2 * 1,81^2 + 0,91^2 - 0,31^2 - 0,61^2) 9,6}}{131} + \frac{2,72^2 * 62}{131} = 2,19_{кг} * м$$

21. Эквивалентный момент, пересчитанный с некоторым приближением на $PВ = 60\%$

$$M_э = 2,19 \sqrt{53/60} = 2,06 \text{ кг*м.}$$

Мощность соответствующая полученному моменту,

$$P = 2,06 * 955 / 975 = 2,02 \text{ кВт.}$$

Двигатель МТ-12-6, как показал проверочный расчет, не удовлетворяет условиям нагрева. Поэтому в качестве окончательного варианта, особенно если учесть возможность более тяжелого режима ($M_{\max} = 4,1 \text{ кг*м}$), следует выбрать двигатель ближайшей большей (по каталогу) мощности типа МТ-12-6; $P_n = 3,4 \text{ кВт}$; $PВ = 60\%$.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяется противовес?
2. С какой целью применяются графики нагрузки механизма лифта?

Литература

1. Липкин Б. Ю. «Электрооборудование промышленных предприятий и установок»,
2. Юровский И. М. «Лабораторный практикум по электрооборудованию промышленных предприятий и установок в машиностроении»,