

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельной работе
студентов специальности 151 по дисциплине
«Электропривод общепромышленных механизмов»

(для студентов всех форм обучения)

Утверждено
на методическом совете факультета
автоматизации машиностроения,
протокол № от

Краматорск 2018

УДК 62-83

Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов специальности 7.05020201 по дисциплине «Электропривод общепромышленных механизмов» (для студентов всех форм обучения)
/ Сост. О.В. Субботин. - Краматорск : ДГМА, 2018 – 48 с.

Рассмотрены основные особенности расчета и требования к электроприводам механизмов общепромышленного назначения. Приведены примеры расчета электроприводов этих механизмов.

Составитель

О.В. Субботин, доцент

Отв. за выпуск

О.В. Субботин, доцент

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ	4
1.1 Задание №1	6
1.2 Пример расчета привода тележки мостового крана	6
2 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ПОВОРОТА	13
2.1 Задание №2	16
2.2 Пример расчета привода поворотного механизма одноковшового экскаватора	16
3 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМНЫХ И ТЯГОВЫХ МЕХАНИЗМОВ	21
3.1 Задание №3	29
3.2 Пример расчета привода шахтного подъемника	29
3.3 Задание №4	33
3.4 Пример расчета привода грузового лифта	33
4 ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ	36
4.1 Пример расчета приводного двигателя центробежного водяного насоса	36
4.2 Пример расчета мощности приводной станции конвейера	37
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	39
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ). ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ	45

1 ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Электроприводы механизмов циклического действия работают в повторно-кратковременном режиме, характерной особенностью которого являются частые пуски и остановки двигателя. Из курса теории электропривода известно, что потери энергии в переходных процессах непосредственно зависят от момента инерции электропривода J_{Σ} .

По условиям нагрева допустимая нагрузка двигателя при повторно-кратковременном режиме выше, чем при длительном. При пуске с повышенной статической нагрузкой двигатель должен развивать и повышенный пусковой момент, превосходящий статический на значение динамического момента. Поэтому в повторно-кратковременном режиме работы требуется более высокая перегрузочная способность двигателя, чем при длительном. Требование высокой перегрузочной способности определяется также и необходимостью преодоления кратковременных механических перегрузок, возникающих при отрыве грузов, черпании грунта и т. п. Наконец, условия нагревания и охлаждения двигателей при повторно-кратковременном режиме отличаются от аналогичных условий при длительном режиме. Особенно сильно это отличие проявляется у двигателей с самовентиляцией, так как количество охлаждающего воздуха, поступающего в двигатель, зависит от скорости его работы. Во время переходных процессов и пауз теплоотдача двигателя ухудшается, что оказывает существенное влияние на допустимую нагрузку двигателя. Все эти условия определяют необходимость использования в электроприводах механизмов циклического действия специальных двигателей, номинальным режимом которых является повторно-кратковременный режим, характеризующийся определенной номинальной продолжительностью включения:

$$ПВ_{НОМ} = \frac{t_p}{t_p + t_0} 100\%,$$

где t_p , t_0 — соответственно время работы и время паузы.

Промышленность выпускает ряд серий двигателей повторно-

кратковременного режима: асинхронные крановые с короткозамкнутым ротором серии МТКФ и с фазным ротором серии МТФ; аналогичные металлургические серий МТКН и МТН; постоянного тока серии Д (в экскаваторном исполнении серии ДЭ). Для машин указанных серий характерна удлиненная форма ротора (якоря), обеспечивающая снижение момента инерции.

Выбор двигателей крановых и металлургических серий наиболее просто осуществляется в тех случаях, когда действительный график работы их совпадает с одним из номинальных, показанных на рис. 1. В каталогах и справочной литературе указываются номинальные данные двигателей при ПВ-15, 25, 40, 60 и 100%. Поэтому при работе привода с постоянной статической нагрузкой $P_{ст}$ при номинальном цикле не представляет трудностей подобрать по каталогу двигатель ближайшей мощности из условия $P_{НОМ} > P_{ст}$.

Однако реальные циклы, как правило, сложнее, нагрузка двигателя на различных участках цикла оказывается различной, а продолжительность включения отличается от номинальной. При таких условиях выбор двигателя производится по эквивалентному графику, приведенному в соответствие с одним из номинальных на рис. 1. С этой целью вначале определяется эквивалентная по нагреву постоянная нагрузка при действительной ПВ_д, которая далее пересчитывается к стандартной продолжительности включения ПВ_{НОМ}. Пересчет может быть произведен с помощью соотношений:

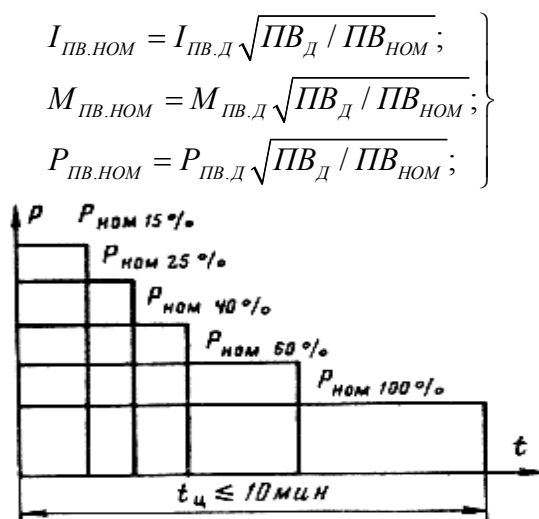


Рисунок 1 – Номинальный цикл работы двигателя для повторно-кратковременного режима

1.1 Задание №1

Определить мощность, построить нагрузочную диаграмму и проверить по нагреву электродвигатель привода тележки мостового крана для условий, приведенных в табл.1.

В одном направлении тележка движется нагруженной, а в другом – вхолостую.

Варианты задания приведены в приложении А (табл. А.1).

1.2 Пример расчета привода тележки мостового крана

- 1 Определяем время перемещения тележки на расстояние 60 м:

$$t = \frac{L}{V} = \frac{60}{1,1} = 54,5 \text{ с.}$$

- 2 Продолжительность включения:

$$ПВ\% = \frac{2t}{2t + t_{01} + t_{02}} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 54,5}{2 \cdot 54,5 + 50 + 50} \cdot 100 = 52,1\%.$$

Таблица 1 – Исходные данные для расчета привода тележки мостового крана

Параметр	Обозначение	Значение
Вес тележки, т	G_0	5
Номинальный груз, т	G_H	3,5
Скорость тележки, м/с	V	1,1
Соппротивление движению с нагрузкой, Н	F_c	2800
Соппротивление движению вхолостую, Н	F_{c0}	1400
КПД при полной нагрузке	η	0,85
Передаточное число	i	24
Диаметр ходового колеса, м	D_k	0,3
Время стоянки при разгрузке, с	t_{01}	50
Время стоянки при загрузке, с	t_{02}	50
Расстояние, на которое перемещается груз, м	L	60

- 3 Рассчитаем мощность при движении тележки с нагрузкой:

$$P_c = \frac{F_c V}{1000 \eta} = \frac{2800 \cdot 1,1}{1000 \cdot 0,85} = 3,6 \text{ кВт.}$$

По графику $\eta_0 = f(\frac{G_0}{G_n + G_0})$ (рис. 2) при заданном значении η находим η_0 :

$$\frac{G_0}{G_n + G_0} = \frac{5}{3,5 + 5} = 0,59.$$

Принимаем $\eta_0 = 0,81$.

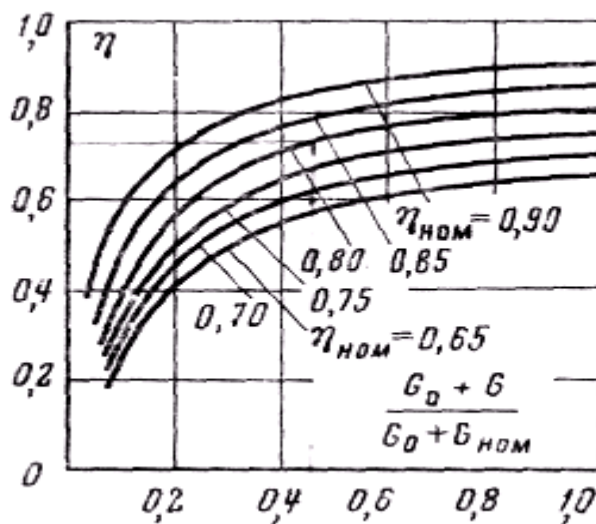


Рисунок 2 – Зависимость $\eta = f[(G_0 + G)/(G_0 + G_{nom})]$ при $\eta = \text{const}$

4 Рассчитаем мощность при движении тележки вхолостую:

$$P_{c0} = \frac{F_{c0} V}{1000 \eta_0} = \frac{1400 \cdot 1,1}{1000 \cdot 0,81} = 1,9 \text{ кВт}.$$

5 Средняя мощность

$$P_n = \frac{P_c + P_{c0}}{2} = \frac{3,6 + 1,9}{2} = 2,75 \text{ кВт}.$$

6 Пересчитаем номинальную мощность двигателя при ПВ = 40 %:

$$P_{H40} = P_H \sqrt{\frac{ПВ_{\%}}{ПВ_{H\%}}} = 2,75 \sqrt{\frac{52,1}{40}} = 3,14 \text{ кВт}.$$

7 Скорость вращения двигателя

$$\omega_{дв} = \omega_K = \frac{V}{R} \cdot i = \frac{1,1 \cdot 2}{0,3} \cdot 24 = 88 \text{ с}^{-1}.$$

Выбираем двигатель типа МТФ112-6 со следующими параметрами (табл. 2).

Таблица 2 – Паспортные данные двигателя МТФ112-6

Параметр	Обозначение	Значение
Номинальная мощность, кВт	P_H	5
Номинальная скорость, об/мин	N_H	930
Продолжительность включения, %	ПВ%	40
Перегрузочная способность	λ	2,7
Момент инерции, кг·м ²	$J_{дв}$	0,068

λ (ДПТ)=1,8...2,2. Можно принять равным 2.

λ (Переменного тока)= 2,5...3,5. Можно принять равным 3.

8 Найдем номинальную частоту вращения

$$\omega_H = \frac{\pi n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 930}{30} = 97,3 \text{ с}^{-1},$$

тогда передаточное число редуктора будет

$$i = \frac{\omega_H}{\omega_{дв}} = \frac{97,3}{88} = 1,1.$$

9 Номинальный момент

$$M_H = \frac{9550 P_H}{n_H} = \frac{9550 \cdot 5}{930} = 51,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

10 Максимальный момент

$$M_K = M_H \lambda = 51,3 \cdot 2,7 = 137 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

11 Номинальное скольжение определится

$$S_H = \frac{n_0 - n_H}{n_0} = \frac{1000 - 930}{1000} = 0,07.$$

12 Принимаем приведенный момент инерции всех вращающихся масс

$$J_I = 0,09 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \text{ (Брать } \geq, \text{ чем у двигателя по его данным.)}$$

13 Приведенный момент инерции при наличии груза

$$J = \delta(J_{дв} + J_I) + (G_0 + G_H) \left(\frac{V}{\omega_{дв}} \right)^2 = 1,3 \cdot (0,068 + 0,09) + (5000 + 3500) \cdot \left(\frac{1,1}{97,3} \right)^2 = 1,29 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

14 Приведенный момент инерции при отсутствии груза

$$J_0 = \delta(J_{дв} + J_I) + (G_0) \left(\frac{V}{\omega_{дв}} \right)^2 = 1,3 \cdot (0,068 + 0,09) + 5000 \cdot \left(\frac{1,1}{97,3} \right)^2 = 0,84 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

15 Статический момент при торможении нагруженной тележки

$$M_C^T = \frac{F_C D_k \eta}{2i} = \frac{2800 \cdot 0,6 \cdot 0,85}{2 \cdot 1,1} = 29,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

16 Статический момент при разгоне нагруженной тележки

$$M_C^П = \frac{F_C D_k}{2\eta i} = \frac{2800 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,85 \cdot 1,1} = 41,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

17 Минимальный момент при пуске нагруженной тележки

$$M_2 = 1,2 M_C^П = 1,2 \cdot 41,2 = 49,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

18 Максимальный момент с учетом возможной потери напряжения в сети

$$M_1 = 0,9 M_K = 0,9 \cdot 85 = 68,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

19 Средний момент двигателя при пуске нагруженной тележки

$$M_{CP} = \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{68,8 + 49,4}{2} = 59,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

20 Время пуска двигателя с нагруженной тележкой

$$t_{П1} = \frac{J \omega_H}{M_{CP} - M_C^П} = \frac{1,29 \cdot 97,3}{59,1 - 41,2} = 7 \text{ с}.$$

21 Статический момент при разгоне ненагруженной тележки

$$M_{C0}^П = \frac{F_{C0} \cdot D_k}{2 \cdot \eta_0 \cdot i} = \frac{1400 \cdot 0,6}{2 \cdot 0,81 \cdot 1,1} = 21,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

22 Статический момент при торможении ненагруженной тележки

$$M_{C0}^T = \frac{F_{C0} D_k \eta_0}{2i} = \frac{1400 \cdot 0,6 \cdot 0,81}{2 \cdot 1,1} = 14,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

23 Минимальный момент при пуске ненагруженной тележки

$$M_{2o} = 1,2 M_{C0}^П = 1,2 \cdot 21,6 = 25,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

24 Средний момент двигателя при пуске ненагруженной тележки

$$M_{CP0} = \frac{M_1 + M_{2o}}{2} = \frac{68,8 + 25,9}{2} = 47,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

25 Время пуска без груза

$$t_{П2} = \frac{J_0 \omega_H}{M_{CP0} - M_{C0}^П} = \frac{0,84 \cdot 97,3}{47,3 - 21,6} = 3,2 \text{ с}.$$

26 Момент и время торможения нагруженной тележки

$$M_T = 1,06 M_C^T = 1,06 \cdot 29,7 = 31,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$t_{m1} = \frac{J \omega_H}{M_T + M_C^T} = \frac{1,29 \cdot 97,3}{31,5 + 29,7} = 2 \text{ с.}$$

27 Момент и время торможения незагруженной тележки

$$M_{T0} = 1,06 M_{C0}^T = 1,06 \cdot 14,2 = 15 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$t_{m2} = \frac{J_0 \cdot \omega_H}{M_{T0} + M_{C0}^T} = \frac{0,84 \cdot 97,3}{15 + 14,2} = 2,8 \text{ с.}$$

28 Путь нагруженной тележки при пуске

$$l_{n1} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{n1} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{1,1} \cdot 7 = 4,3 \text{ м.}$$

29 Путь ненагруженной тележки при пуске

$$l_{n2} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{n2} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{24} \cdot 3,2 = 1,9 \text{ (м).}$$

30 Путь нагруженной тележки при торможении

$$l_{m1} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{m1} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{24} \cdot 2 = 1,2 \text{ (м).}$$

31 Путь ненагруженной тележки при торможении

$$l_{m2} = \frac{0,25 \cdot D_k \cdot \omega_H}{i} \cdot t_{m2} = \frac{0,25 \cdot 0,6 \cdot 97,3}{24} \cdot 2,8 = 1,7 \text{ (м).}$$

32 Путь нагруженной тележки в установившемся режиме

$$l_l = l - l_{n1} - l_{m1} = 60 - 4,3 - 1,2 = 54,5 \text{ м.}$$

33 Путь ненагруженной тележки в установившемся режиме

$$l_2 = l - l_{n2} - l_{m2} = 60 - 1,9 - 1,7 = 56,4 \text{ м.}$$

34 Скольжение и скорость двигателя соответственно для нагруженной и незагруженной тележки

$$S_1 = S_H \left(\frac{M_C^H}{M_H} \right) = 0,07 \cdot \left(\frac{41,2}{51,3} \right) = 0,06,$$

$$\omega_l = \omega_0 (1 - S_l) = 105 \cdot (1 - 0,06) = 98,7 \text{ с}^{-1},$$

$$S_2 = S_H \left(\frac{M_{C0}^H}{M_H} \right) = 0,07 \cdot \left(\frac{21,6}{51,3} \right) = 0,03,$$

$$\omega_2 = \omega_0(I - S_2) = 105 \cdot (1 - 0,03) = 101,8 \text{ с}^{-1}.$$

35 Скорость нагруженной тележки

$$V_1 = \frac{D_k \cdot \omega_1}{2 \cdot i} = \frac{0,6 \cdot 98,7}{2 \cdot 1,1} = 1,23 \text{ (м/с)}.$$

36 Скорость ненагруженной тележки

$$V_2 = \frac{D_k \cdot \omega_2}{2 \cdot i} = \frac{0,6 \cdot 101,8}{2 \cdot 1,1} = 1,27 \text{ (м/с)}.$$

37 Время перемещения нагруженной тележки

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{54,5}{1,23} = 44,3 \text{ с}.$$

38 Время перемещения ненагруженной тележки

$$t_2 = \frac{l_2}{V_2} = \frac{56,4}{1,27} = 44,4 \text{ с}.$$

39 Эквивалентное время работы

$$t_{p\text{э}} = t_{n1} + t_1 + t_{n2} + t_2 = 7 + 44,3 + 3,2 + 44,4 = 98,9 \text{ с}.$$

40 Время паузы

$$t_{0\text{э}} = t_{m1} + t_{01} + t_{m2} + t_{02} = 2 + 50 + 2,8 + 50 = 104,8 \text{ с}.$$

41 Продолжительность включения

$$ПВ_{\% \text{э}} = \frac{t_{p\text{э}}}{t_{p\text{э}} + t_{0\text{э}}} \cdot 100\% = \frac{98,9}{98,9 + 104,8} \cdot 100 = 48,5 \text{ \%}.$$

42 Построим нагрузочную диаграмму двигателя (рис. 3).

43 Эквивалентный момент (принимаем $\beta = 0,8$ – условия охлаждения)

$$\begin{aligned} M_{\text{э1}} &= \sqrt{\frac{M_i^2 \cdot t_i}{\beta \cdot t_{p\text{э}} + t_{0\text{э}}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{ср}}^2 \cdot t_{n1} + M_{\text{с}}^2 \cdot t_1 + M_{\text{ср0}}^2 \cdot t_{n2} + M_{\text{с0}}^2 \cdot t_2 + M_{\text{т}}^2 \cdot t_{T1} + M_{\text{т0}}^2 \cdot t_{T2}}{\beta(t_{n1} + t_{n2} + t_1 + t_2) + t_{01} + t_{02}}} = \\ &= \sqrt{\frac{59,1^2 \cdot 7 + 41,2^2 \cdot 47,5 + 47,3^2 \cdot 3,2 + 21,6^2 \cdot 44,4}{0,8 \cdot 98,9}} = 41 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

44 Пересчитаем на ПВ

$$M_{\text{э}} = M_{\text{э1}} \sqrt{\frac{ПВ_{\% \text{э}}}{ПВ_{\% \text{н}}}} = 41 \sqrt{\frac{48,5}{40}} = 49,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для правильно выбранного двигателя должно соблюдаться условие:

$$M_{\partial} < M_H,$$

$$49,7 < 51,3.$$

Значит, предварительно выбранный двигатель удовлетворяет заданным параметрам электропривода тележки мостового крана.

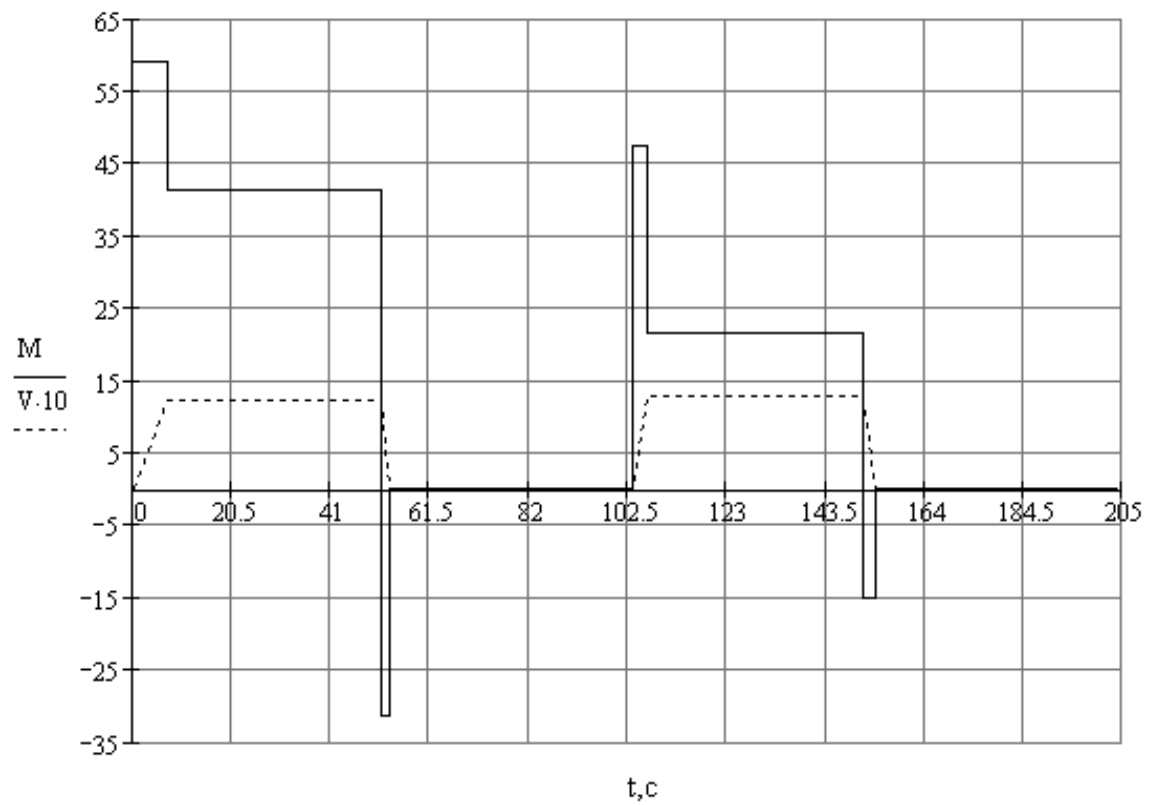


Рисунок 3 – Нагрузочная диаграмма двигателя

2 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ПОВОРОТА

Кинематические схемы механизмов передвижения и поворота представлены на рис. 4. Для механизмов передвижения, работающих на горизонтальном пути в производственном помещении, приведенный к валу двигателя статический момент, обусловленный силами трения, можно вычислить по формуле

$$M_{ст} = \frac{k_p (G + G'_0) \left(\mu \frac{d_{ц}}{2} + f \right)}{i_p \eta_M},$$

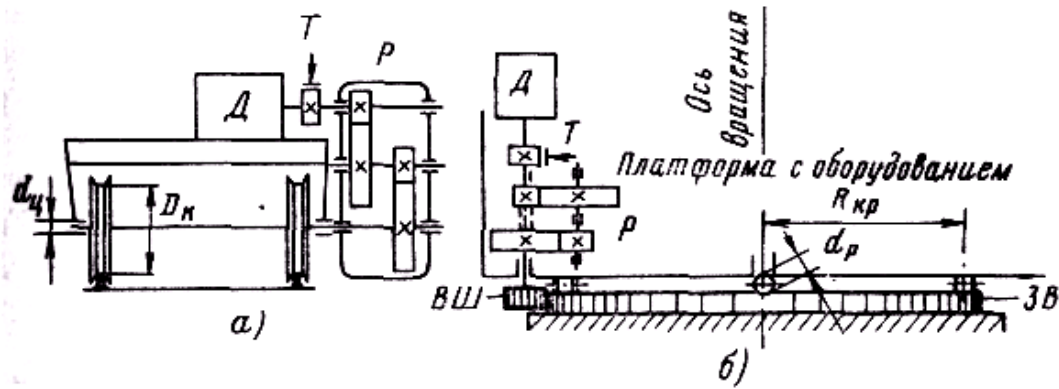
где G'_0 - общий вес незагруженного механизма; μ - коэффициент трения в опорах ходовых колес; f - коэффициент трения качения ходовых колес; η_M - КПД передач механизма; $d_{ц}$ - диаметр цапф (подшипников) колес; k_p - коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсы, возникающее вследствие возможного перекоса конструкции моста или тележки.

Численные значения коэффициентов, входящих в формулу, приведены в справочной литературе.

Как следует, изменения $M_{ст}$ вызываются изменениями веса G перемещаемого полезного груза, а также изменениями условий трения в кинематических звеньях механизма.

Если общий вес механизмов передвижения тележек мостовых, козловых кранов и подобных им установок, то определяющее влияние оказывают изменения веса полезного груза.

Для механизмов передвижения более тяжелых конструкций, например мостовых кранов, влияние полезного груза на статические нагрузки привода невелико. Поэтому при проектировании электроприводов таких механизмов следует иметь в виду изменения и других факторов, в частности трения в передачах и реборд колес о рельсы. Точному расчету эти изменения не поддаются. Их влияние можно учитывать ориентировочно, снижая расчетные минимальные нагрузки на 20...30%.



Д - двигатель; Т-тормоз; Р- редуктор; ВШ - ведущая шестерня; ЗВ - зубчатый венец

Рисунок 4 – Кинематическая схема механизмов передвижения (а) и поворота (б)

В соответствии с кинематической схемой, приведенной на рис. 4, при горизонтальном положении платформы и отсутствии воздействия ветра статический момент механизма поворота можно определить так:

$$M_{CT} = k_p \frac{2f(G + G'_0)D_{KP}}{d_p i \eta},$$

где k_p - коэффициент, учитывающий трение реборд колес опорных тележек о рельсы или роликов опорного роликового круга о направляющие, а также трение в центральной цапфе оси вращения платформы; D_{KP} - диаметр роликового круга; d_p - диаметр роликов (в случае опорных тележек - диаметр их колес); f - коэффициент трения качения роликов или ходовых колес.

Статические нагрузки установок, работающих на открытом воздухе, могут существенно изменяться при наличии уклона или воздействия ветра. В общем случае сила сопротивления движению для механизма передвижения может быть представлена в виде алгебраической суммы (влияние уклона показано на рис.4,б):

$$F_C = F_{ГР} + F_{ТР} + F_B = (G'_0 + G) \sin \beta + k_{ТР} (G'_0 + G) \cos \beta + p_B S_B,$$

где

$$k_{ТР} = 2k_p \left(\mu \frac{d_{ц}}{2} + f \right) / D_K;$$

где D_K — диаметр ходового колеса; β — угол уклона; p_B — ветровое давление, принимаемое обычно при выборе мощности электродвигателя равным 150...250Па; S_B - площадь парусности сооружения.

Площадь парусности сооружения может быть найдена по выражению

$$S_B = k_{СП} S_{B,K} + S_{B,\Gamma},$$

где $k_{СП}$ — коэффициент сплошности конструкции, численно равный 0,3...0,6 для ферм и 0,7...0,8 - для механизмов; $S_{B,K}, S_{B,\Gamma}$ — площадь, ограниченная контуром конструкции и груза.

Статический момент в случае, когда результирующая сила направлена против движения, т. е. является тормозной, следует определять по формуле

$$M_{СТ} = F_C D_K / 2i\eta_M,$$

а если по движению, то по формуле

$$M_{СТ} = F_C D_K \eta_M / 2i.$$

Уклон и ветровая нагрузка в значительной степени расширяют пределы изменения нагрузок и изменяют их характер. Для механизмов поворота статический момент, обусловленный ветром, при постоянной силе ветра зависит от угла поворота платформы.

Важнейшей особенностью механизмов передвижения и поворота является большая механическая инерция, влияние которой тем больше, чем тяжелее движущееся сооружение и чем выше скорость движения. Приведенный к валу двигателя момент инерции движущихся масс установки для механизмов передвижения и поворота кранов и для механизмов поворота экскаваторов в 2...20 раз больше собственного момента инерции двигателя. Поэтому для таких механизмов при большой частоте включений динамические нагрузки определяют необходимую мощность двигателя, а статические нагрузки невелики в сравнении с динамическими. Так, электропривод поворота экскаватора-драглайна типа ЭШ-15/90 при углах поворота 90...110° работает только в переходных режимах пуска и торможения. Статическая нагрузка этого механизма не превышает 10% номинального момента двигателя.

При небольшом моменте инерции механизма динамический момент в основной своей части обусловлен ускорением ротора двигателя и нагружает передачи механизма незначительно. Иные условия складываются в электроприводах

инерционных механизмов. Здесь основной нагрузкой передач является динамическая нагрузка, обусловленная ускорением масс поворотной платформы. Передача динамических усилий вызывает дополнительные потери в редукторе, которые желательно в расчетах учитывать, если динамические нагрузки передач соизмеримы со статическими или превышают их. Приведенный динамический момент для пуска можно определять из соотношения

$$M_{\text{дин}} = J_{\text{дв}} \varepsilon_{\text{доп}} + J_M \frac{\varepsilon_{\text{доп}}}{\eta_M},$$

а для торможения -

$$M_{\text{дин}} = J_{\text{дв}} \varepsilon_{\text{доп}} + J_M \varepsilon_{\text{доп}} \eta_M,$$

где $J_M = J_{\Sigma} - J_{\text{дв}}$ — приведенный к валу двигателя момент инерции всех поступательно и вращательно движущихся масс механизма.

2.1 Задание №2

Определить мощность, построить нагрузочную диаграмму и проверить по нагреву электродвигатель привода поворотного механизма одноковшового экскаватора для условий, приведенных в табл.3.

Варианты задания приведены в приложении А (табл. А.2).

2.2 Пример расчета привода поворотного механизма одноковшового экскаватора

1. Производим выбор мощности двигателя исходя из динамической нагрузки.

Средневзвешенная мощность двигателя поворотного механизма:

$$P_{\text{ср.в}} = \frac{(J_{\Gamma} + J_{\Pi}) w_p^2}{t_p} 10^{-3} = \frac{(4,9 + 4,4) \cdot 10^6 \cdot 0,42^2}{15} \cdot 10^{-3} = 109,37 \text{ кВт.}$$

Исходная мощность для выбора двигателя поворота при четырех двигателях:

$$P_{\text{ср.в}}^I = \frac{P_{\text{ср.в}}}{4} = \frac{109,37}{4} = 27,34 \text{ кВт.}$$

Предварительно выбираем двигатель постоянного тока 2ПН-200L со следующими характеристиками: номинальная мощность $P_H = 30$ кВт; номинальная частота $n_H = 1500$ об/мин; момент инерции якоря $J_\alpha = 0,3$ кг·м²; продолжительность включения $ПВ\% = 100\%$.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета привода поворотного механизма одноковшового экскаватора

Параметр	Обозначение	Значение
Момент инерции вращающихся частей экскаватора с груженым ковшом, кг·м ²	J_Γ	$4,9 \cdot 10^6$
Момент инерции вращающихся частей экскаватора с пустым ковшом, кг·м ²	J_Π	$4,4 \cdot 10^6$
Расчетная установившаяся скорость платформы, с ⁻¹	w_p	0,42
Частота вращения платформы, об/мин	n_B	3,6
Время поворота платформы с груженым ковшом на разгрузку, с	t_p	15
Время паузы, с	t_o	6

2 Определяем номинальный момент двигателя

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{30000}{157} = 191,08 \text{ Н·м};$$

$$\omega_H = \frac{\pi n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ с}^{-1}.$$

3 Определяем общее передаточное число механизма

$$i = \frac{n_H}{n_B} = \frac{1500}{3,6} = 416,67.$$

4 Определяем суммарный момент инерции механизма с груженым ковшом, приведенный к валу двигателя

$$\sum J_\Gamma' = \frac{J_\Gamma}{a_{\partial\partial}^2 \cdot i^2} + a_{\partial\partial} J_\alpha = \frac{4,9 \cdot 10^6}{4 \cdot 416,67^2} + 0,3 = 7,36 \text{ кг·м}^2.$$

где $a_{\partial\partial}$ – количество приводных двигателей

5 Определяем суммарный момент инерции механизма с пустым ковшом, приведенный к валу двигателя

$$\sum J_{\Pi}' = \frac{J_{\Pi}}{a_{\partial\theta} \cdot i^2} + a_{\partial\theta} J_{\gamma} = \frac{4,4 \cdot 10^6}{4 \cdot 416,67^2} + 4 \cdot 0,3 = 6,64 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

6 Принимаем моменты двигателя:

$$\text{- стопорения} \quad - M_{cm} = 1,8M_H = 1,8 \cdot 191,08 = 343,94 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{- отсечки} \quad - M_{omc} = 0,9M_{cm} = 0,9 \cdot 343,94 = 309,55 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7 Определяем динамический момент при разгоне двигателя с груженым и пустым ковшом

$$M_{дин} = \frac{(M_{omc} - 0,1M_H) + (M_{cm} - M_{omc})}{2} = \frac{(309,55 - 0,1 \cdot 191,08) + (343,94 - 309,55)}{2} = 162,41 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления платформы, преодолеваемый каждым двигателем при работе с установившейся скоростью

$$M_c = 0,1M_H = 0,1 \cdot 191,08 = 19,11 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

8 Среднее значение момента, развиваемого двигателем при разгоне с груженым и пустым ковшом

$$M_{cp1} = \frac{(M_{cm} + M_{omc})}{2} = \frac{(343,94 + 309,55)}{2} = 326,74 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

9 Время разгона двигателя до установившейся скорости с груженым ковшом

$$t_{\text{зп}} = \sum J_{\Gamma}' \frac{\omega_H}{M_{дин}} = 7,36 \cdot \frac{157}{162,41} = 7,11 \text{ с}.$$

10 Угол, на который платформа повернется при разгоне с груженым ковшом

$$\alpha_{\text{зп}} = \frac{\omega_{\text{зп}} t_{\text{зп}}^2}{2} = \frac{0,053 \cdot 7,11^2}{2} = 1,34 \text{ рад}; \quad \omega_{\text{зп}} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{\text{зп}}} = \frac{157}{416,67 \cdot 7,11} = 0,053 \text{ с}^{-1}.$$

11 Тормозной момент двигателя с груженым и пустым ковшом

$$M_T = \frac{(M_{omc} - 0,1M_H) + (M_{cm} - M_{omc})}{2} + 2M_c = \frac{(309,55 - 0,1 \cdot 191,08) + (343,94 - 309,55)}{2} + 2 \cdot 19,11 = 200,63 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

12 Время торможения двигателя при движении с груженым ковшом

$$t_{\text{эм}} = \sum J_{\Gamma}' \frac{\omega_H}{M_T} = 7,36 \cdot \frac{157}{200,63} = 5,76 \text{ с}.$$

13 Средний момент при торможении с груженым и пустым ковшом

$$M_{cp2} = (M_T - M_c) = (200,63 - 19,11) = 181,52 \text{ Н·м.}$$

14 Угол, поворота платформы при торможении с груженым ковшом

$$\alpha_{zm} = \frac{\omega_{zm} t_{zm}^2}{2} = \frac{0,065 \cdot 5,76^2}{2} = 1,08 \text{ рад; } \omega_{zm} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{zm}} = \frac{157}{416,67 \cdot 5,76} = 0,065 \text{ с}^{-1}.$$

15 Найдем угол, на который платформа повернется с установившейся скоростью и время поворота при движении с груженым ковшом

$$t_z = t_p - t_{zp} - t_{zm} = 15 - 7,11 - 5,76 = 2,13 \text{ с;}$$

$$\alpha_{z.ycm} = \frac{t_z \omega_H}{2 \cdot i} = \frac{2,13 \cdot 157}{416,67} = 0,8 \text{ рад;}$$

$$\sum \alpha = \alpha_{zp} + \alpha_{z.ycm} + \alpha_{zm} = 1,34 + 0,8 + 1,08 = 3,22 \text{ рад.}$$

16 Время разгона двигателя до установившейся скорости с пустым ковшом

$$t_{np} = \sum J_{\Pi}^I \frac{\omega_H}{M_{дин}} = 6,64 \cdot \frac{157}{162,41} = 6,42 \text{ с.}$$

17 Угол, на который платформа повернется при разгоне с пустым ковшом

$$\alpha_{np} = \frac{\omega_{np} \cdot t_{np}^2}{2} = \frac{0,059 \cdot 6,42^2}{2} = 1,22 \text{ рад;}$$

$$\omega_{np} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{np}} = \frac{157}{416,67 \cdot 6,42} = 0,059 \text{ с}^{-1}.$$

18 Время торможения двигателя при движении с пустым ковшом

$$t_{nm} = \sum J_{\Pi}^I \cdot \frac{\omega_H}{M_T} = 6,64 \cdot \frac{157}{200,63} = 5,2 \text{ с.}$$

19 Угол, на который платформа повернется при торможении с пустым ковшом

$$\alpha_{nm} = \frac{\omega_{nm} t_{nm}^2}{2} = \frac{0,072 \cdot 5,2^2}{2} = 0,97 \text{ рад; } \omega_{nm} = \frac{\omega_H}{i \cdot t_{nm}} = \frac{157}{416,67 \cdot 5,2} = 0,072 \text{ с}^{-1}.$$

20 Найдем угол, на который повернется платформа с установившейся скоростью и время поворота при движении с пустым ковшом

$$\alpha_{n.ycm} = \sum \alpha - \alpha_{np} - \alpha_{nm} = 3,22 - 1,22 - 0,97 = 1,03 \text{ рад;}$$

$$t_n = \frac{\alpha_{n.ycm}}{\omega_H / i} = \frac{1,03 \cdot 416,67}{157} = 2,73 \text{ с.}$$

21 Построим нагрузочную диаграмму (рис. 5).

22 Определяем эквивалентный момент:

$$M_{\text{эв}} = \sqrt{\frac{M_{cp1}^2 t_{cp} + M_H^2 t_z + M_{cp2}^2 t_{cm} + M_{cp1}^2 t_{np} + M_H^2 t_n + M_{cp2}^2 t_{nm}}{\beta t_{\text{полн}}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{326,74^2 \cdot 7,11 + 191,08^2 \cdot 2,13 + 181,52^2 \cdot 5,76 + 326,74^2 \cdot 6,42 + 191,08^2 \cdot 2,73 + 181,52^2 \cdot 5,2}{35,35}} = 207,4 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$t_{\text{полн}} = t_{\text{раб}} + t_o = 29,35 + 6 = 35,35 \text{ с};$$

$$t_{\text{раб}} = t_{cp} + t_z + t_{cm} + t_{np} + t_n + t_{nm} = 15 + 6,42 + 2,73 + 5,2 = 29,35 \text{ с}.$$

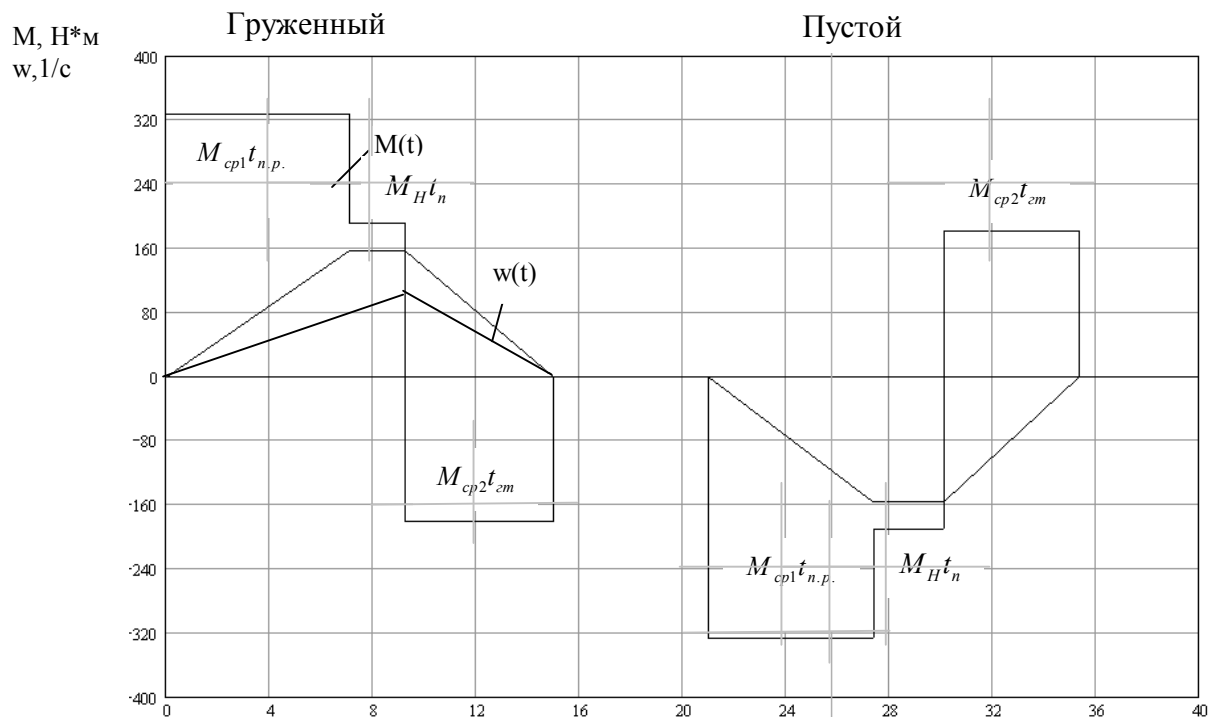


Рисунок 5 – Нагрузочная диаграмма двигателя

23 Определим расчетный коэффициент продолжительности включения

$$ПВ_{\text{расч}\%} = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_o} \cdot 100\% = \frac{29,35}{35,35} \cdot 100 = 83,03 \text{ \%}.$$

24 Эквивалентный момент с учетом тепловых особенностей двигателя

$$M_{\text{э}}^I = M_{\text{эв}} \sqrt{\frac{ПВ_{\text{расч}\%}}{ПВ_{\%}}} = 207,4 \cdot \sqrt{\frac{83,03}{100}} = 188,98 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$M_{\text{э}}^I < M_H$, значит, предварительно выбранный двигатель удовлетворяет заданным параметрам электропривода экскаватора.

3 СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЕМНЫХ И ТЯГОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Во всех случаях, когда требуемые перемещения рабочего органа машины по вертикальным и наклонным траекториям достаточно велики - составляют десятки, сотни и даже тысячи метров, наиболее простым и универсальным механизмом перемещения является подъемная или тяговая лебедка, предназначенная для передачи усилий от привода к рабочему органу с помощью подъемного или тягового каната соответствующей длины. По принципу работы лебедки подразделяются на одноконцевые и двухконцевые, а по конструкции органа навивки каната - на барабанные лебедки и лебедки с канатоведущими шкивами.

Одноконцевые лебедки являются неуравновешенными подъемными механизмами. В качестве примера на рис. 6 представлена кинематическая схема крановой крюковой подъемной лебедки. Если не учитывать потерь на трение, приведенный к валу двигателя момент, обусловленный весом груза, можно определить с помощью соотношения

$$M_{\text{зр}} = \frac{(G_0 + G)D_{\text{б}}}{2i_{\text{р}}i_{\text{п}}},$$

где $G = mg$ - вес груза, имеющего массу T ; $G_0 = m_0g$ - вес грузозахватывающего устройства (или подъемного сосуда), масса которого m_0 ; $i_{\text{р}}, i_{\text{п}}$ - передаточные отношения редуктора и полиспаста; $D_{\text{б}}$ - диаметр барабана.

Момент $M_{\text{зр}}$ является активным моментом, направленным в сторону спуска. Он изменяется при изменении веса поднимаемого груза, но не зависит от направления движения. Поэтому при отсутствии потерь на трение двигатель рассматриваемой лебедки в статическом режиме при подъеме работал бы в двигательном режиме, а при спуске — в тормозном.

В реальном механизме присутствуют потери трения и обуславливают наличие реактивного момента $M_{\text{тр}}$, который всегда препятствует движению, изменяя свое направление (знак) при изменении направления движения. При этом суммарный приведенный к валу двигателя статический момент является алгебраической

суммой момента $M_{гр}$, обусловленного весом перемещаемого груза, и момента потерь $M_{тр}$.

В случае перемещения достаточно тяжелых грузов моменты потерь при расчетах статических нагрузок могут быть учтены с помощью соответствующих значений общего КПД механизма. Подъем номинального груза $G = G_{ном}$:

$$M'_{СТ} = M_{гр.ном} + M_{тр.ном} = M_{гр.ном} / \eta_{л.ном},$$

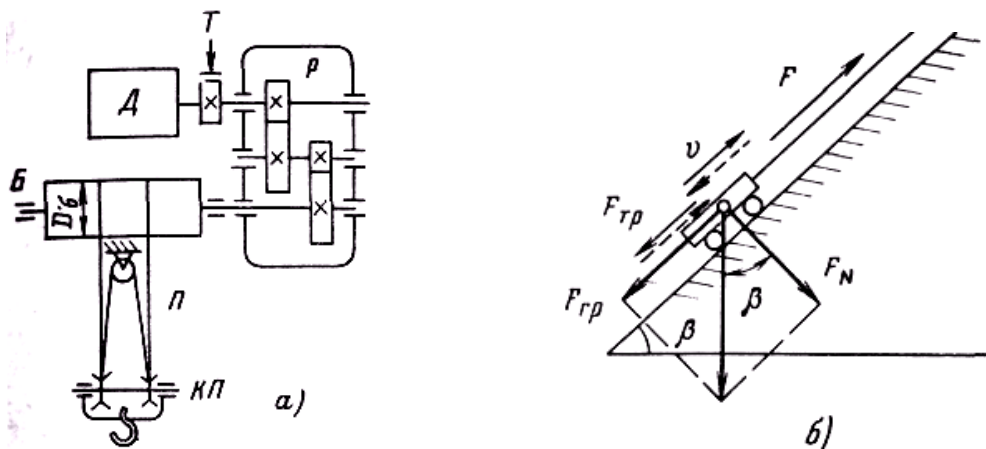
где $M_{гр.ном} = (G_0 + G_{ном})D_B / 2i_p i_{\Pi}$,

$\eta_{л.ном} = \eta_{1.ном} \eta_{2.ном} \eta_{3.ном} \dots$ - общий КПД лебедки при подъеме номинального груза, учитывающий КПД всех звеньев кинематической цепи установки:

$$\eta_{1.ном}, \eta_{2.ном}, \eta_{3.ном}, \dots$$

Полагая КПД не зависящим от направления движения, для режима спуска номинального груза получаем:

$$M'_{СТ} = M_{гр.ном} - M_{тр.ном} = M_{гр.ном} \eta_{л.ном}.$$



Д - двигатель; Т- механический тормоз; Р - редуктор;

П - полиспаст; КП -крюковая подвеска

Рисунок 6 – Кинематическая схема одноконцевой подъемной лебедки (а)
и схема усилий в наклонной установке (б)

Номинальные значения КПД либо задаются, либо находятся по справочным данным (см. приложение). При грузе, отличном от номинального, КПД можно определить по экспериментальным кривым, приведенным на рис. 2.

Подъем пустого грузозахватывающего устройства ($G = 0$):

$$M_{CT2} = M_{GP0} + M_{TP0},$$

где $M_{GP0} = G_0 D_B / 2i_P i_{II}$, $M_{TP0} = M_{GP0}(1 - \eta_{Л0}) / \eta_{Л0}$.

При тяжелом грузозахватывающем устройстве ($G_0 / (G_0 + G_{НОМ}) \geq 0,1$) значение M_{CT2} также может быть найдено по общему КПД лебедки $\eta_{Л0}$ при подъеме пустого грузозахватывающего устройства:

$$M_{CT2} = M_{GP0} / \eta_{Л0}$$

При легком грузозахватывающем устройстве ($G_0 / (G_0 + G_{НОМ}) < 0,1$) определить достаточно точно значение $\eta_{Е0}$ практически невозможно. В этом случае расчет M_{CT2} целесообразно производить по выражению $M_{CT2} = M_{GP0} + M_{TP0}$, определив предварительно значение M_{TP0} .

Момент трения в общем случае является сложной функцией скорости и момента $M_{П}$, передаваемого звеньями кинематической цепи подъемной установки. Однако с приемлемой для практики точностью можно принять $M_{ТР}$ линейно зависящим от передаваемого момента:

$$M_{ТР} = M_{ХХ} + bM_{П},$$

где $M_{ХХ}$ - момент, создаваемый потерями холостого хода; b - постоянный коэффициент потерь, пропорциональных передаваемой кинематической цепью нагрузке.

Для режима подъема груза $M_{П} = M_{ГР}$, и поэтому

$$M_{CT} = (1 + b)M_{ГР} + M_{ХХ}.$$

Отсюда, если задаться значениями $M_{ГР1}$ и $M_{ГР2}$ и найти (например, по кривым) соответствующие им значения $\eta_{Е1}$ и $\eta_{Е2}$, то

$$M_{ХХ} = \frac{M_{ГР1} M_{ГР2}}{M_{ГР1} - M_{ГР2}} \left(\frac{1}{\eta_{Л2}} - \frac{1}{\eta_{Л1}} \right);$$

$$b = \frac{1}{M_{ГР1} - M_{ГР2}} \left(\frac{M_{ГР1}}{\eta_{Л1}} - \frac{M_{ГР2}}{\eta_{Л2}} \right) - 1.$$

Полученные таким образом выражения для $M_{ХХ}$ и b могут быть использованы для расчета значения $M_{ТР}$ при любой нагрузке и в том числе для определения $M_{ТР0}$. Статический момент при спуске пустого грузозахватывающего устройства

равен:

$$M'_{CT2} = M_{ГР0} + M'_{ТР0},$$

где $M'_{ТР0}$ — момент потерь при спуске пустого грузозахватывающего устройства.

Здесь момент нагрузки двигателя в зависимости от веса грузозахватывающего устройства может быть либо движущим, либо тормозным. При тяжелом грузозахватывающем устройстве $M_{ГР0} > M'_{ТР0}$, момент M'_{CT2} является движущим (тормозной спуск) и его значение, полагая $M'_{ТР0} = M_{ТР0}$, можно найти по формуле

$$M_{CT2} = M_{ГР0}(2 - 1/\eta_{Л0}).$$

При легком грузозахватывающем устройстве возможно соотношение $M_{ГР0} < M'_{ТР0}$, при котором потери трения в механизме преодолеваются совместно моментом от веса грузозахватывающего устройства и движущим моментом двигателя (силовой спуск). В этом случае понятие КПД не имеет физического смысла, и расчет значения M'_{CT2} необходимо вести, учитывая при этом, что $M_{П} = 0$ и поэтому $M'_{ТР0} = M_{ХХ}$.

Все полученные соотношения могут быть использованы для расчета статических нагрузок одноконцевых наклонных подъемных лебедок. При этом вместо веса поднимаемых частей $G_0 + G$ необходимо подставлять соответствующие значения натяжения подъемного каната лебедки F . Усилие в канате уравнивает составляющую силы тяжести $F_{ГР}$ и силу сопротивления движению, обусловленную трением $F_{ТР}$:

$$F = F_{ГР} \pm F_{ТР} = (G + G_0) \sin \beta \pm k_{ТР}(G + G_0) \cos \beta,$$

где знак плюс соответствует подъему, минус - спуску груза; $k_{ТР} = F_{ТР}/F_N$ — отношение силы трения к силе нормального давления. В ориентировочных расчетах можно принимать $k_{ТР} = 0,08 \dots 0,15$.

Определение статических нагрузок является важным этапом проектирования электропривода. Оно необходимо для построения нагрузочной диаграммы, выбора мощности двигателя и проверки его по нагреву. Характер нагрузок и пределы их изменения в значительной степени определяют режимы работы и выбор схемы электропривода.

Динамические нагрузки электропривода одноконцевой подъемной лебедки связаны с необходимостью пусков, реверсов и торможений. При заданном ускорении $\varepsilon_{\text{доп}}$, которое обычно ограничено технологическими условиями, динамический момент двигателя может быть определен из соотношения

$$M_{\text{дин}} = J\Sigma \frac{dw}{dt} = J\Sigma \varepsilon_{\text{доп}}.$$

В данной формуле $J\Sigma$ представляет собой суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции, включающий в себя момент инерции ротора двигателя и приведенный момент инерции всех вращательно и поступательно движущихся масс установки. При рабочей скорости лебедки $v_p < 2 \text{ м/с}$ основную долю в моменте $J\Sigma$ составляет момент инерции двигателя: $J\Sigma = (1,2...1,6)J_{\text{дв}}$. Для более быстроходных установок влияние приведенных масс механизма более значительно.

Как было отмечено, рассмотренные одноконцевые лебедки являются неуравновешенными механизмами, нагрузка привода которых определяется суммой весов всех поднимаемых частей — каната, захватывающего приспособления и полезного груза. Нетрудно видеть, что такие механизмы постоянно совершают дополнительную работу по подъему захватывающего устройства. При спуске двигатель должен тормозить не только опускающийся полезный груз, но и балластный груз G_0 . Эти факторы приводят к завышению мощности электродвигателя тем более значительному, чем больше вес грузозахватывающего устройства, а также к соответствующему увеличению удельного расхода энергии на единицу полезного груза.

В стационарных подъемных установках этот недостаток устраняется использованием двухконцевых подъемных лебедок. Если установка обслуживает только два уровня, вес подъемного сосуда уравнивается весом второго такого же подъемного сосуда. При этом достигается также увеличение производительности установки примерно вдвое, так как операция подъема груза совмещается со спуском пустого подъемного сосуда.

Если установка должна обслуживать несколько уровней, например этажей

многоэтажного здания, подобное совмещение невозможно. В этих случаях вместо второго подъемного сосуда навешивается балластный контргруз - противовес. Вес противовеса $G_{\text{ПР}}$, с целью дополнительного снижения требуемой мощности двигателя выбирают подъемный сосуд G_0 большего веса. При этом уравнивается и часть полезного груза

$$G_{\text{ПР}} = G_0 + \alpha G_{\text{НОМ}},$$

где α - коэффициент уравнивания.

В качестве примера на рис. 7 представлена кинематическая схема двухконцевой лифтовой лебедки с червячным редуктором и канатоведущим шкивом. Результирующее усилие на канатоведущем шкиве определяется разностью натяжений ветвей подъемного каната:

$$F = F_1 - F_2.$$

С учетом сил трения в направляющих кабины $F'_{\text{ТР}}$ и противовеса $F''_{\text{ТР}}$, а также веса 1 м подъемного каната q_K натяжения F_1 и F_2 определяются:

$$\begin{aligned} F_1 &= G + G_0 + q_K x \pm F'_{\text{ТР}}, \\ F_2 &= G_{\text{ПР}} + q_K (H - x) \pm F''_{\text{ТР}}. \end{aligned}$$

С учетом соотношения результирующее усилие составит:

$$F = G - \alpha G_{\text{НОМ}} + q_K (2x - H) \pm (F'_{\text{ТР}} + F''_{\text{ТР}}),$$

где знак “плюс” соответствует подъему кабины, а “минус” – спуску.

Результирующее усилие F удобно представить в виде алгебраической суммы активного усилия $F_{\text{ГР}}$ и реактивного, обусловленного трением усилия $F_{\text{ТР}}$. Эти составляющие определяют соответственно активную $M_{\text{ГР}}$ и реактивную $M_{\text{ТР}}$ составляющую приведенного к валу двигателя статического момента $M_{\text{СТ}}$. Составляющая $M_{\text{ТР}}$ должна учитывать, кроме трения в направляющих все потери на трение в подъемной лебедке. Тогда

$$M_{\text{СТ}} = M_{\text{ГР}} + M_{\text{ТР}} = \frac{[G + q_K (2x - H) - \alpha G_{\text{НОМ}}] D_{\text{К.Ш}}}{2i_p} + M_{\text{ТР}}.$$

Из соотношения следует, что статический момент зависит от загрузки кабины и от коэффициента уравнивания α . Кроме того, при большой высоте подъема H на статический момент может оказывать существенное влияние вес

ветвей каната. При этом момент M_{CT} является функцией пути.

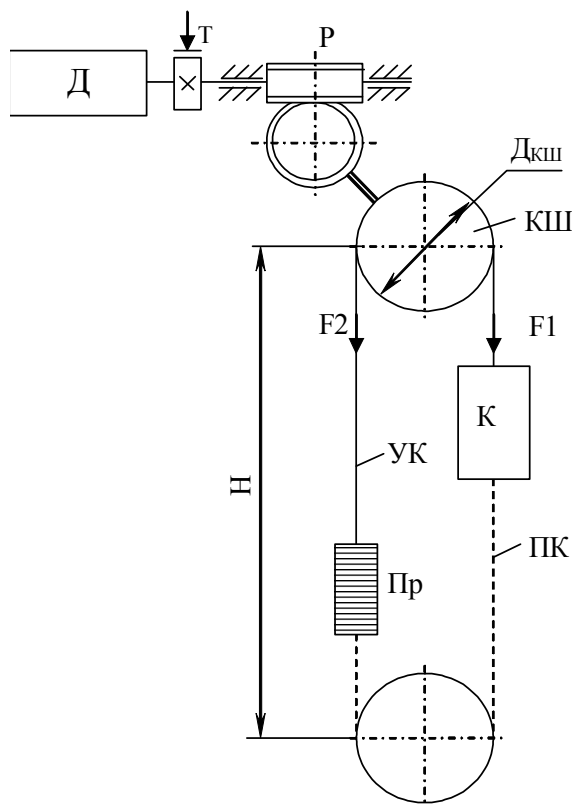
Если высота подъема невелика, составляющая $q_K (2x - H) \approx 0$. Тогда при подъеме номинального груза ($G = G_{НОМ}$) и пустой кабины ($G = 0$) статический момент можно определить с помощью соотношений:

$$\left. \begin{aligned} M_{CT1} &= M_{ГР} + M_{ТР} = \frac{(1-\alpha)G_{НОМ}D_{К.Ш}}{2i_P\eta_{Л.НОМ}}, \\ M_{CT2} &= -M_{ГР} + M_{ТР} = -\frac{\alpha G_{НОМ}D_{К.Ш}}{2i_P}\eta_{Л.НОМ}, \end{aligned} \right\},$$

где $\eta_{Л.НОМ}$ — КПД подъемной установки с учетом трения в направляющих, соответствующий номинальной нагрузке.

Статический момент при спуске

$$\left. \begin{aligned} M'_{CT1} &= M_{ГР} - M_{ТР} = \frac{(1-\alpha)G_{НОМ}D_{К.Ш}}{2i_P}\eta_{Л.НОМ}, \\ M''_{CT2} &= -M_{ГР} - M_{ТР} = -\frac{\alpha G_{НОМ}D_{К.Ш}}{2i_P\eta_{Л.НОМ}}. \end{aligned} \right\}.$$



Д — двигатель; Т — тормоз; Р — редуктор; КШ — канатоведущий шкив; К — кабина;

Пр — противовес; УК — уравнивающий канат; ПК — подъемный канат

Рисунок 7 – Кинематическая схема двухконцевой подъемной лебедки

Влияние коэффициента уравнивания α на требуемую мощность двигателя можно оценить с помощью среднеквадратичного момента нагрузки $M_{СК}$, задавшись определенным циклом работы. Примем, например, что цикл состоит из подъема номинального груза и спуска пустой кабины.

Полагая $t_{\Pi} = t_C = t_p$, получаем:

$$M_{СК} = \sqrt{\frac{M_{CT1}^2 + M_{CT1}'^2}{2}} = \frac{G_{НОМ} D_{К.Ш}}{2i_p \eta_{Л.НОМ}} \sqrt{\frac{(1-\alpha)^2 + \alpha^2}{2}}.$$

Значение $\alpha = \alpha_{опт}$, при котором имеет место минимальное значение $M_{СК}$, можно определить, приравняв к нулю производную подкоренного выражения:

$$\frac{d}{d\alpha}(1 - 2\alpha + 2\alpha^2) = 0, \quad \alpha_{опт} = 0,5.$$

При большой высоте подъема H на статический момент оказывает значительное влияние неуравновешенный вес подъемного каната. Этот вес изменяется в функции координаты x и нарушает достигаемую выбором $a = a_{опт}$ равномерность нагрузки. За счет этого требуемая мощность двигателя, как было показано выше, увеличивается. Поэтому при большой высоте подъема обычно прибегают к уравниванию веса подъемного каната с помощью компенсационного (уравнивающего) каната $УК$. Для таких установок приведенные выше соотношения применимы при любой высоте подъема.

При расчете двухконцевых подъемных лебедок, в которых вместо противовеса используется второй подъемный сосуд, можно пользоваться полученными выше соотношениями, полагая $\alpha = 0$.

Динамические нагрузки двухконцевых подъемных установок определяются суммарным приведенным моментом инерции установки и допустимым ускорением. Здесь важно иметь в виду, что суммарный момент инерции зависит от суммы всех поступательно движущихся масс:

$$J_{\Sigma} = J_{ДВ} + J_{ВР} + (m_{ПР} + m_{П,С} + m_{ГР} + m_{К}) \frac{v^2}{\omega^2},$$

где J_{BP} - приведенный момент инерции всех вращающихся масс лебедки;
 $m_{IP}; m_{П,С}; m_{ГР}; m_K$ — массы соответственно противовеса, подъемного сосуда, груза,
 подъемного и компенсационного канатов.

Так как мощность двигателя определяется разностью концевых нагрузок, а момент инерции связан с суммой их масс, особенностью двухконцевых подъемных лебедок является большой момент инерции механизма, превышающий в 2...5 раз момент инерции двигателя.

3.1 Задание №3

Рассчитать мощность, построить нагрузочную диаграмму привода шахтного подъемника при условиях, приведенных в табл. 4. Проверить двигатель по нагреву.

Варианты задания приведены в приложении А (табл. А.3).

3.2 Пример расчета привода шахтного подъемника

(с уравновешенным канатом и шкивом трения, $\beta=90^0$)

Таблица 4 – Исходные данные для расчета привода шахтного подъемника с уравновешенным канатом и шкивом трения

Параметр	Обозна-	Значение
Глубина шахты, м	H	640
Вес полезного груза, кг	$G_{ГР}$	4000
Вес клетки, кг	G_K	3500
Вес вагонетки, кг	G_B	2000
Вес главного и уравновешивающего канатов, (кг/м)	$G_{кан}$	8
Диаметр шкива трения, м	$D_б$	5
Момент инерции шкива трения, $кг \cdot м^2$	$J_б$	$50 \cdot 10^3$
Диаметр направляющего шкива, м	$D_{нш}$	4
Момент инерции направляющего шкива, $кг \cdot м^2$	$J_{нш}$	$10 \cdot 10^3$
Номинальная скорость подъема, м/с	V_H	5
Ускорение при подъеме, $м/с^2$	a_1	0,9
Замедление при подъеме, $м/с^2$	a_3	0,9
Длительность цикла, с	$t_{ц}$	180

1 Частота вращения шкива трения:

$$n = \frac{V_H 60}{\pi D_{\delta}} = \frac{5 \cdot 60}{3,14 \cdot 5} = 19,11 \text{ об/мин};$$

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 19,11}{30} = 2 \text{ с}^{-1}.$$

2 Мощность двигателя

$$P = \frac{9,8 k G_{\text{сп}} V_H k'}{1000} = \frac{9,8 \cdot 1,15 \cdot 4000 \cdot 5 \cdot 1,3}{1000} = 293,02 \text{ кВт},$$

где $k = 1,15$ – коэффициент, учитывающий трение (шахтное сопротивление);
 $k' = 1,3$ – коэффициент, учитывающий неуравновешенность подъема.

Выбран АД типа АИР355М4 со следующими характеристиками: номинальная мощность $P_H = 315$ кВт; номинальная скорость $n_H = 1470$ об/мин; момент инерции ротора $J_{\text{дв}} = 7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

3 Передаточное число редуктора:

$$i = \frac{n_H}{n} = \frac{1470}{19,11} = 76,92.$$

4 Момент сопротивления на валу двигателя:

$$M_c = \frac{9,8 \cdot k \cdot G_{\text{сп}} \cdot D_{\delta}}{2 \cdot i} = \frac{9,8 \cdot 1,15 \cdot 4000 \cdot 5}{2 \cdot 76,92} = 1465,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

5 Принимаем трехпериодную тахограмму работы.

Время ускорения t_1

$$t_1 = \frac{v_H}{a_1} = \frac{5}{0,9} = 5,55 \text{ с}.$$

Путь, проходимый за t_1

$$h_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{0,9 \cdot 5,55^2}{2} = 13,86 \text{ м}.$$

Время замедления t_3

$$t_3 = \frac{v_H}{a_3} = \frac{5}{0,9} = 5,55 \text{ с}.$$

Путь, проходимый за t_3

$$h_3 = \frac{a_3 t_3^2}{2} = \frac{0,9 \cdot 5,55^2}{2} = 13,86 \text{ м}.$$

Путь равномерного движения

$$h_2 = H - (h_1 + h_3) = 640 - 2 \cdot 13,86 = 612,28 \text{ м.}$$

Время равномерного движения

$$t_2 = \frac{h_2}{v_H} = \frac{612,28}{5} = 122,46 \text{ с.}$$

Время паузы: $t_n = t_u - (t_1 + t_2 + t_3) = 180 - (5,55 + 122,46 + 5,55) = 46,44 \text{ с.}$

6 Приведем моменты инерции вращающихся частей к валу двигателя

$$J'_{np} = 1,3J_{дв} + (J_{бар} + 2J_{ни}) \left(\frac{1}{i} \right)^2 = 1,3 \cdot 7 + (50 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10 \cdot 10^3) \cdot \left(\frac{1}{76,92} \right)^2 = 20,93 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где 1,3 – коэффициент, учитывающий момент инерции редуктора, соединительных муфт и тормозных шкивов привода.

7 Вес частей системы, движущейся поступательно

$$\sum G = G_{ср} + 2G_{к} + 2G_{в} + G_{кан} L_{кан} = 4000 + 2 \cdot 3500 + 2 \cdot 2000 + 8 \cdot 1408 = 26264 \text{ кг},$$

где $L_{кан} = 2 \cdot H \cdot 1,1 = 1408 \text{ м}$; 1,1 – длин каната вне шахты.

8 Приведенный момент инерции от поступательно движущихся масс

$$J''_{np} = \sum G \left(\frac{v_H}{\omega_H} \right)^2 = 26264 \cdot \left(\frac{5}{153,86} \right)^2 = 27,74 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

где $\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1470}{30} = 153,86 \text{ с}^{-1}$.

9 Общий приведенный момент инерции

$$J_{i0} = J'_{i0} + J''_{i0} = 20,93 + 27,74 = 48,67 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

10 Динамический момент при ускорении

$$\varepsilon_1 = \frac{\omega_H}{t_1} = \frac{153,86}{5,55} = 27,72 \text{ с}^{-2};$$

$$M_{дин1} = \varepsilon_1 J_{np} = 27,72 \cdot 48,67 = 1349,13 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

11 Динамический момент при замедлении

$$\varepsilon_3 = \frac{\omega_{дв}}{t_3} = \frac{153,86}{5,55} = 27,72 \text{ с}^{-2};$$

$$M_{дин3} = \varepsilon_3 J_{np} = 27,72 \cdot 48,67 = 1349,13 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

12 Момент, развиваемый двигателем

$$M_1 = M_c + M_{\text{дин1}} = 1465,16 + 1349,13 = 2814,29 \text{ Н·м};$$

$$M_2 = M_c = 1465,16 \text{ Н·м};$$

$$M_3 = M_c - M_{\text{дин3}} = 1465,16 - 1349,13 = 116,03 \text{ Н·м}.$$

13 Строим нагрузочную диаграмму (рис. 8).

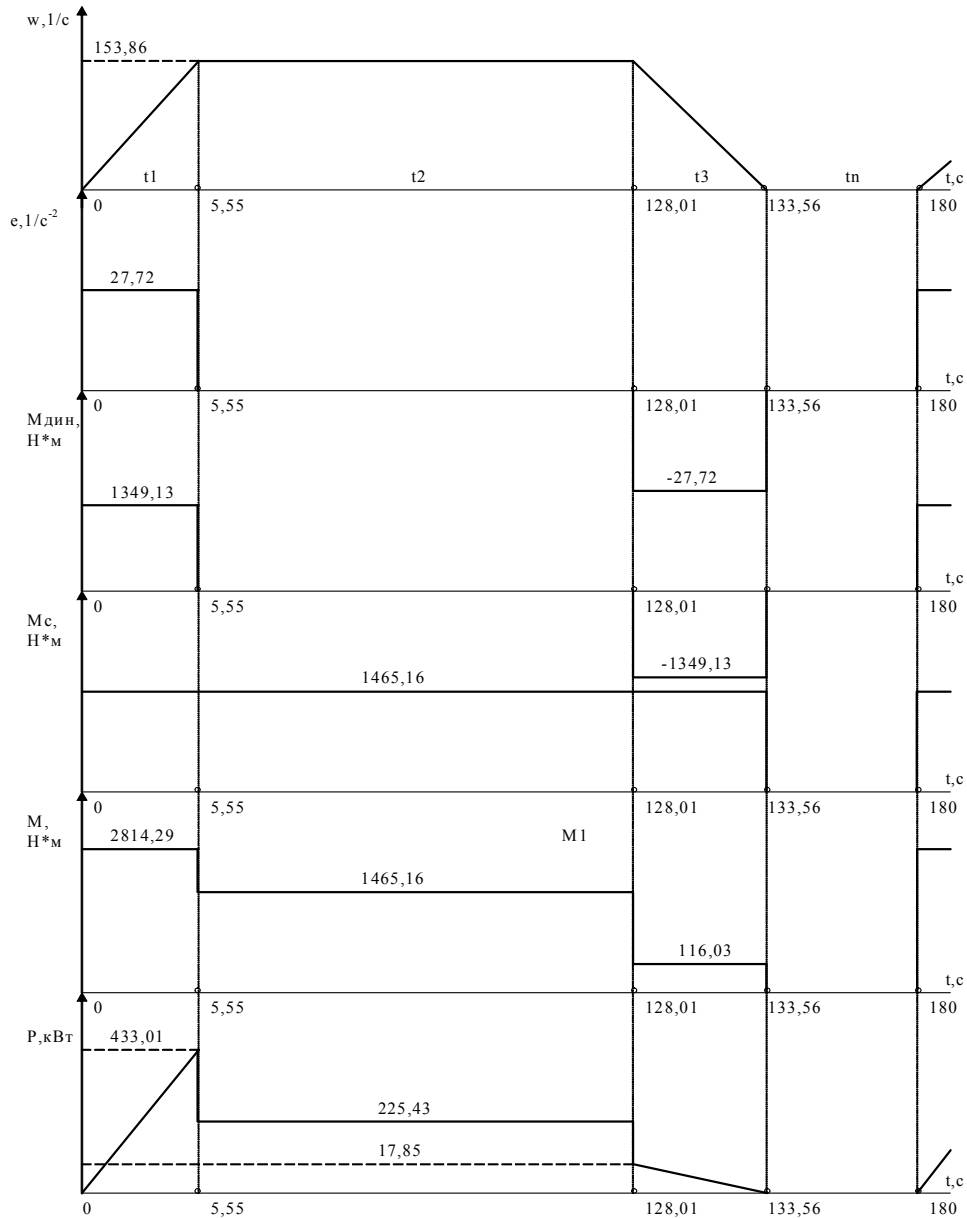


Рисунок 8 – Нагрузочная диаграмма к заданию 3

14 По нагрузочной диаграмме определяем эквивалентный момент

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_1 + M_2^2 \cdot t_2 + M_3^2 \cdot t_3}{0,75 \cdot t_1 + t_2 + 0,75 \cdot t_3 + 0,5 \cdot t_n}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2814,29^2 \cdot 5,55 + 1465,16^2 \cdot 122,46 + 116,03^2 \cdot 5,55}{2 \cdot 0,75 \cdot 5,55 + 122,46 + 0,5 \cdot 46,44}} = 1411,7 \text{ Н·м},$$

где 0,75 – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения при пуске

и торможении; 0,5 – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения остановленного двигателя.

15 Проверка двигателя по перегрузочной способности

$$\frac{M_{max}}{M_{\text{э}}} = \frac{M_1}{M_{\text{э}}} = \frac{2814,29}{1411,7} = 1,99 < 2.$$

16 Эквивалентная мощность двигателя

$$P_{\text{э}} = M_{\text{э}} \cdot \omega_H = 1411,7 \cdot 153,86 = 217,2 \text{ кВт.}$$

$P_{\text{э}} < P$, значит, предварительно выбранный двигатель удовлетворяет данным параметрам электропривода шахтного подъемника.

3.3 Задание №4

Выбрать двигатель для грузового лифта (рис. 9), если задано:

- $V_{\text{ном}}=0,75$ м/с – номинальная скорость лифта;
- $D_{\text{кш}}=0,8$ м – диаметр канатного шкива;
- $m_0=3200$ кг – масса кабины;
- $m_H=1500$ кг – масса номинального груза;
- $\alpha=0,45$ – коэффициент уравнивания;
- $\eta_{\text{л.ном}}=0,7$ – КПД лифта;
- $a=0,5$ м/с² – ускорение при пуске;
- $H=9$ м – высота подъема;
- t_0 – время паузы;
- $N_{\text{ц}}=65$ – число циклов в час.

Цикл работы – подъем номинального груза, пауза, спуск пустой кабины, пауза. Варианты задания приведены в приложении А (табл. А.4). В расчетах принять: $G_{\text{кан}}$ – по заданию 3; $L_{\text{ном}} = 2 \cdot H \cdot 1,1$, где 1,1 – коэффициент запаса по длине.

3.4 Пример расчета привода грузового лифта

- 1 Используя методику выполнения задания 3, предварительно выбираем двигатель и определяем передаточное число редуктора i .
- 2 Время пуска и торможения при заданном ускорении

$$t_n = t_m = \frac{v_{ном}}{a} = \frac{0,75}{0,5} = 1,5c.$$

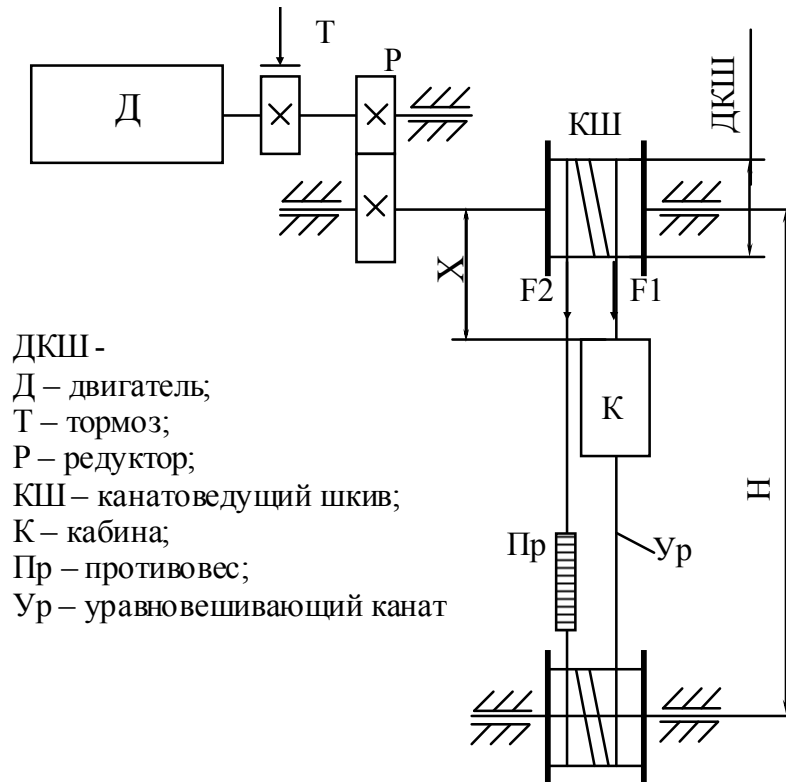


Рисунок 9 – Схема грузового лифта

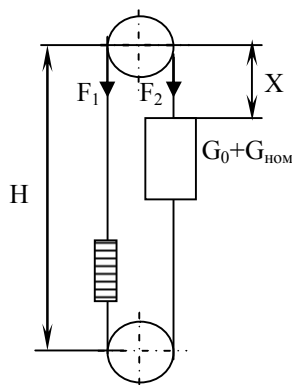
3 Путь, проходимый с установившейся скоростью

$$H_{уст} = H - 2 \frac{v_{ном} t_n}{2} = 9 - 2 \frac{0,75 \cdot 1,5}{2} = 7,88 \text{ м.}$$

4 Время движение с установившейся скоростью

$$t_{уст} = \frac{H_{уст}}{v_{ном}} = \frac{7,88}{0,75} = 10,5 \text{ с.}$$

Так как $t_n \ll t_{уст}$ выбор двигателя производим по нагрузочной диаграмме.



5 Вес противовеса: $G_{пр} = G_0 + \alpha G_{ном}$, где $G_{ном}$ – вес номинального подъемного груза; G_0 – вес кабины; α – коэффициент уравнивания (принимают 0,4...0,6).

Наличие противовеса приводит к выравниванию графика нагрузки двигателя, что снижает его нагрев в процессе работы.

6 Статический момент при подъеме номинального груза

$$M_{cm1} = \frac{(1-\alpha)G_{ном}D_{кш}}{2 \cdot i_p \eta_{л.ном}} = \frac{(1-0,45)14700 \cdot 0,8}{2 \cdot 53 \cdot 0,7} = 87,3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $G_{ном} = m_{ном}g = 1500 \cdot 9,81 = 14700 \text{ Н}$.

7 Статический момент при спуске пустой кабины

$$M_{cm2} = -\frac{\alpha \cdot G_{ном}D_{кш}}{2i_p \eta_{л.ном}} = -\frac{0,45 \cdot 14700 \cdot 0,8}{2 \cdot 53 \cdot 0,7} = -71,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

8 Время работы двигателя при подъеме и спуске

$$t_{p1} = t_{p2} = t_{уст} + t_n + t_{торм} = 10,5 + 1,5 + 1,5 = 12 \text{ с}.$$

9 Время цикла (необходимо сделать вывод о соотношении t_u и t_p)

$$t_u = \frac{3600}{N_u} = \frac{3600}{65} = 55,5 \text{ с}.$$

10 Действительная продолжительность включения

$$ПВ_{\partial} = \frac{t_{p1} + t_{p2}}{t_p} \cdot 100\% = \frac{12 + 12}{55,5} \cdot 100\% = 43,5 \text{ \%}.$$

11 Среднеквадратичный момент нагрузки при $ПВ_{\partial}$

$$M_{скПВ_{\partial}} = \sqrt{\frac{M_{cm1}^2 t_{p1} + M_{cm2}^2 t_{p2}}{\beta(t_{p1} + t_{p2}) + t_0}} = \sqrt{\frac{87,3 \cdot 12 + 71,5^2 \cdot 12}{12 + 12}} = 80 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

12 Пересчитаем $M_{скПВ_{\partial}}$ к ближайшему каталожному

$$M_{скПВ_{ном}} = M_{скПВ_{\partial}} \sqrt{\frac{ПВ_{\partial}}{ПВ_{ном}}} = 80 \sqrt{\frac{43,5}{40}} = 83,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

13 Требуемая мощность двигателя при $ПВ_{ном} = 40 \text{ \%}$

$$P_{тр40\%} = \kappa_3 M_{скПВ_{ном}} \omega_p = 1,4 \cdot 83,5 \cdot 99 \cdot 10^{-3} = 11,5 \text{ кВт},$$

где $\omega_p = \frac{2 \cdot v_n^2 \cdot i}{D_{кш}} = \frac{2 \cdot 0,75 \cdot 53}{0,8} = 99 \text{ с}^{-1}$, $\kappa_3 = 1,4$ – коэффициент динамической нагрузки.

14 Определяем J_{Σ} , проверяем двигатель по нагреву (метод средних потерь или эквивалентных величин) и по перегрузочной способности λ в соответствии с методикой, изложенной в примере к заданию 3.

При расчетах необходимо учесть следующие моменты:

$$J_{\kappa u} = 1,25 J_{\partial \theta}, \quad J_{\Sigma} = 1,3 J_{\partial \theta} + J_{\kappa u} \left(\frac{1}{i} \right), \quad \sum G = G_{\varepsilon p} + G_{\kappa} + G_{\text{prom.}} + G_{\text{кан}} \cdot L_{\kappa}.$$

4 ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ МЕХАНИЗМОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Выбор мощности приводных двигателей насосов и вентиляторов, как поставителей машин непрерывного действия, осуществляется по формулам:

- для вентиляторов

$$P_{\text{в}} = \frac{Q \rho g h}{\eta 3600 \cdot 1000} \text{ кВт};$$

- для насосов

$$P = \frac{Q H_{\text{н}} \rho g}{\eta_{\text{уст}} 3600 \cdot 1000} \text{ кВт},$$

где H, h - высота всасывания, м; Q – расход, м³/ч; ρ - плотность вещества, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с².

Мощность приводной станции машины непрерывного транспорта определяется в соответствии с расчетной статической нагрузкой $F_{\text{СТ}}$ и заданной скоростью движения конвейера v :

$$P_{\text{с}} = \kappa_3 \frac{F_{\text{см}} v}{\eta_p} = \kappa_3 \frac{(T_{\text{нб}} - T_{\text{сб}}) v}{\eta_p},$$

где η_p - КПД редуктора приводной станции; $\kappa_3 = 1,1 \dots 1,3$ - коэффициент запаса, учитывающий неточности расчета силы сопротивления.

Момент сопротивления на валу двигателей приводной станции при известном передаточном отношении редуктора i_0 определится по формуле

$$M_{\text{с}} = \kappa_3 \frac{F_{\text{см}} D}{2 i_p \eta_p},$$

где D - диаметр приводного элемента.

Номинальная мощность двигателей выбирается из условия, что $P_{\text{НОМ}} \geq P_{\text{с}}$.

4.1 Пример расчета приводного двигателя центробежного водяного насоса

Выбрать АД с к. з. ротором для центробежного водяного насоса с произво-

длительностью $Q = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$ при напоре $H = 20 \text{ м}$, скорость вращения насоса $n = 1450 \text{ об}/\text{мин}$, КПД насоса $\eta_n = 0,55$. Температура окружающей среды $t_{\text{ср}} = +45^\circ\text{C}$. Длительный режим работы. Двигатель непосредственно связан с насосом. Предельная $t = 105^\circ\text{C}$.

Решение

1 Мощность, необходимая для привода насоса

$$P_{\text{нас}} = \frac{\gamma Q H g}{\eta} = \frac{10^3 \cdot 30 \cdot 20 \cdot 9.8}{0.55 \cdot 3600} \cdot 10^{-3} = 2,97 \text{ кВт},$$

где γ – плотность перекачиваемой жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\gamma_{\text{воды}} = 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$$g = 9,8 \text{ м}/\text{с}^2.$$

2 Так как АД рассчитан для нормальной работы при окружающей температуре $t_{\text{расчт.}} = 35^\circ\text{C}$, а предельно допустимая температура $t_{\text{пред.}} = 105^\circ\text{C}$, определяем необходимую мощность электродвигателя:

$$P_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{нас}}}{\sqrt{\frac{\tau_{\text{доп}}}{\tau_{\text{ном}}} (1 + \alpha) - \alpha}} = \frac{2,97}{\sqrt{\frac{60}{70} (1 + 0,4) - 0,4}} = 3,32 \text{ кВт},$$

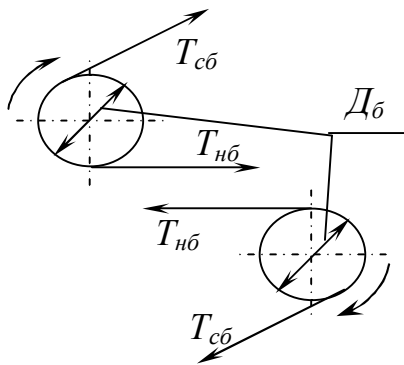
где $\tau_{\text{доп}} = t_{\text{пред}} - t_{\text{ср}} = 105 - 45 = 60^\circ\text{C}$; $\tau_{\text{ном}} = t_{\text{пред}} - t_p = 105 - 35 = 70^\circ\text{C}$; $\alpha = 0,4$ – отношение постоянных потерь (потери в подшипниках, вентилях) к переменным, зависящим от нагрузки.

Выбирается двигатель АК 52 – 4 с номинальными параметрами:

- $P_n = 4,5 \text{ кВт}$,
- $n_n = 1400 \text{ об}/\text{м}.$

4.2 Пример расчета мощности приводной станции конвейера

Определить мощность двигателя приводной станции конвейера и выбрать по каталогу, если дано:



$T_{сб}=30 \cdot 10^3$ Н – натяжение в сбегающей точке;
 $T_{нб}=40 \cdot 10^3$ Н – натяжение в набегающей точке;
 $\eta_p=0,9$ – КПД редуктора;
 $i_p=65$ – передаточное отношение редуктора;
 $D_б=0,53$ м – диаметр приводного барабана;
 $v=0,6$ м/с – скорость движения конвейера.

Решение

1 Скорость двигателя конвейера

$$\omega = \frac{2v i}{D_б} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 65}{0,53} = 147 \text{ с}^{-1}.$$

2 Момент сопротивления на валу двигателя:

$$M_c = \kappa_3 \frac{F_{ст} D_б}{2 i_p \eta_p} = \kappa_3 \frac{(T_{нб} - T_{сб}) D_б}{2 i_p \eta_p} = 1,3 \frac{(40 - 30) \cdot 10^3 \cdot 0,53}{2 \cdot 65 \cdot 0,9} = 58,8 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где $F_{ст}$ – статическая нагрузка; $\kappa_3=1,1 \dots 1,3$ – коэффициент запаса, учитывающий неточность расчета силы сопротивления.

3 Мощность двигателя

$$P = M \cdot \omega \cdot 10^{-3} = 58,8 \cdot 147 \cdot 10^{-3} = 8,64 \text{ кВт}.$$

По каталогу выбираем двигатель АК 61 – 4 с характеристиками:

$$P_n=10 \text{ кВт};$$

$$n_n=1420 \text{ об/мин}.$$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Соколов И.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. - М.: Энергия, 1976.
- 2 Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. - М.: МЭИ, 1980.
- 3 Борисов Ю.М. Соколов М.М. Электрооборудование ПТМ. М.: Машиностроение, 1971.
- 4 Бычков В.П. Электропривод и автоматизация металлургического производства. – М.: Высшая школа, 1971.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Таблица А.1 – Варианты заданий к задаче №1

№	σ_0	σ_n	V_T	F_C	F_{C0}	η	i	D_K	t_{01}	t_{02}	l
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	5	6	1,0	5100	2800	0,79	18	0,25	40	35	20
2	4	6	0,9	4800	2900	0,81	15	0,3	35	30	25
3	6	5	1,1	6000	3500	0,65	12	0,35	45	40	30
4	7	6	0,85	6100	3200	0,8	13	0,4	50	45	30
5	5	4	1,2	4200	3000	0,85	16	0,35	35	30	25
6	4	5	1,0	4500	2500	0,9	14	0,3	40	30	20
7	6	7	0,8	5500	3500	0,86	17	0,4	50	40	40
8	7	6	0,7	6100	3600	0,75	20	0,35	60	50	30
9	7	5	0,95	5800	3300	0,8	19	0,45	55	35	25
10	6	4	1,2	5400	2800	0,85	21	0,3	45	30	20
11	5	7	0,65	6500	4000	0,7	10	0,25	40	45	35
12	4	3	1,5	5100	3200	0,75	11	0,3	35	35	20
13	4	4	1,3	5000	2700	0,7	18	0,35	20	25	20
14	5	5	1,4	5200	3700	0,85	17	0,4	30	30	30
15	6	6	0,9	5600	3900	0,8	16	0,25	45	50	35
16	7	7	0,95	6000	4000	0,75	15	0,35	50	45	30
17	4	7	0,6	5800	3500	0,85	14	0,4	35	40	25
18	5	8	0,65	6000	3600	0,7	13	0,3	40	35	20
19	6	8	0,7	6200	3800	0,75	12	0,35	45	45	25
20	7	8	0,75	6500	4000	0,8	11	0,45	55	50	30
21	5,5	6	0,65	5150	2850	0,9	18	0,25	35	40	20
22	4,5	6	1,5	4850	2950	0,86	17	0,3	30	35	25
23	6,5	5	1,3	6050	3550	0,75	16	0,4	40	45	30
24	7,5	6	1,4	6150	3250	0,8	15	0,25	45	50	30
25	5,5	4	0,9	4250	3050	0,85	14	0,35	30	35	25
26	4,5	5	0,95	4550	2550	0,7	13	0,4	30	40	20
27	6,5	7	0,6	5550	3550	0,75	12	0,3	40	50	35
28	7,5	6	0,65	6150	3650	0,7	11	0,35	50	60	20
29	7,5	5	0,7	5850	3350	0,85	18	0,45	35	55	20
30	6,5	4	0,75	5450	2850	0,8	15	0,35	30	45	30
31	5,5	7	1,0	6550	4050	0,75	12	0,4	45	40	35
32	4,5	3	0,9	5150	3250	0,85	13	0,35	35	35	30
33	4,5	4	1,1	5050	2750	0,7	16	0,3	25	20	25
34	5,5	5	0,85	5250	3750	0,75	14	0,4	30	30	20
35	6,5	6	1,2	5650	3950	0,8	17	0,35	50	45	25
36	7,5	7	1,0	6050	4050	0,79	20	0,45	45	50	30
37	4,5	7	0,8	5850	3550	0,81	19	0,3	40	35	25
38	5,5	8	0,7	6050	3650	0,65	21	0,25	35	40	20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	6,5	8	0,95	6250	3850	0,8	10	0,3	45	45	40
40	7,5	8	1,2	6550	4050	0,85	11	0,35	50	55	30
41	5,5	5	1,0	4550	2550	0,79	18	0,35	40	45	30
42	4,5	4	0,9	5550	3550	0,81	15	0,4	45	50	30
43	6,5	6	1,1	6150	3650	0,65	12	0,35	50	35	25
44	7,5	7	0,85	5850	3350	0,8	13	0,45	35	40	20
45	5,5	5	1,3	5450	2850	0,75	20	0,35	30	35	25
46	4,5	4	1,4	6550	4050	0,8	19	0,25	35	40	20
47	6,5	6	0,9	5150	3250	0,85	21	0,3	30	35	25
48	7,5	7	0,95	5050	2750	0,7	10	0,25	40	35	35
49	7,5	7	0,6	5250	3750	0,75	11	0,25	50	45	35
50	6,5	6	0,65	5650	3950	0,7	18	0,35	45	50	30
51	5,5	5	0,7	6050	4050	0,85	17	0,4	40	35	25
52	4,5	4	0,75	5850	3550	0,85	16	0,3	35	40	20
53	4,5	4	1,2	6050	3650	0,9	14	0,35	45	45	25
54	5,5	5	1,0	6250	3850	0,86	17	0,45	50	55	30
55	6,5	6	0,8	6550	4050	0,8	16	0,3	35	55	25
56	7,5	7	0,7	5150	2850	0,75	15	0,35	25	45	20
57	4,5	4	0,95	4850	2950	0,85	14	0,4	30	40	35
58	5,5	5	1,2	6050	3550	0,7	13	0,35	30	35	20
59	6,5	6	0,65	6150	3250	0,75	12	0,3	30	20	20
60	7,5	7	1,5	4250	3050	0,8	11	0,4	40	30	30

Таблица А.2 – Варианты заданий к задаче №2

№	$J_{\Gamma, \kappa^2 \cdot M}^2$ $\times 10^6$	$J_n, \kappa^2 \cdot M^2$ $\times 10^6$	ω_p, c^{-1}	$n_B,$ об/мин	t_0, c	t_p, c	№	$J_{\Gamma, \kappa^2 \cdot M}^2$ $\times 10^6$	$J_n, \kappa^2 \cdot M^2$ $\times 10^6$	ω_p, c^{-1}	$n_B,$ об/мин	t_0, c	t_p, c
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	5	4	0,3	2,8	10	10	16	10	9	0,26	2,7	8	8
2	6	4	0,28	3,4	10	8	17	11	9	0,28	2,8	7	8
3	7	6	0,35	3,2	10	12	18	12	10	0,24	2,6	12	10
4	8	6	0,4	3,0	8	8	19	13	10	0,22	2,5	14	14
5	9	6	0,35	2,9	12	12	20	9	6	0,28	3,2	10	9
6	10	7	0,3	2,9	10	8	21	12	7	0,24	2,7	12	12
7	11	7	0,28	2,8	8	10	22	10	8	0,36	2,4	8	10
8	12	7	0,24	2,7	12	12	23	5,5	5	0,5	3,5	15	15
9	13	8	0,28	2	10	12	24	5,7	5,2	0,4	3,4	14	14
10	14	10	0,3	2,6	12	12	25	5,8	5,2	0,3	3,3	13	13
11	5	4	0,4	3,4	14	14	26	5,0	4,8	0,35	3,2	12	12
12	6	5	0,38	3,2	13	13	27	4,8	4,6	0,45	3,6	16	16
13	7	6	0,36	3,1	12	12	28	5,2	4,8	0,55	3,4	11	11
14	8	7	0,32	3,0	10	10	29	4,9	4,6	0,4	3,5	12	12
15	9	8	0,30	2,9	9	9	30	5,5	4,9	0,6	4,0	10	10

№	$J_{\Gamma, \kappa^2 \cdot M}^2$ $\times 10^6$	$J_{\Pi, \kappa^2 \cdot M}^2$ $\times 10^6$	ω_p, c^{-1}	$n_B,$ $\sigma/мн$	t_0, c	t_p, c	№	$J_{\Gamma, \kappa^2 \cdot M}^2$ $\times 10^6$	$J_{\Pi, \kappa^2 \cdot M}^2$ $\times 10^6$	ω_p, c^{-1}	$n_B,$ $\sigma/мн$	t_0, c	t_p, c
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
31	4,5	4,3	0,65	3,8	13	13	46	5,8	5,2	0,35	3,5	17	17
32	4,0	4,4	0,42	3,6	15	15	47	4,0	3,8	0,3	3,0	10	10
33	4,8	4,2	0,35	3,5	14	14	48	4,1	3,9	0,35	3,1	11	11
34	4,4	4,2	0,3	3,6	17	17	49	4,2	4,0	0,4	3,2	12	12
35	4,2	4,0	0,4	4,0	14	14	50	4,3	4,1	0,45	3,3	13	13
36	5,0	4,4	0,5	3,1	12	12	51	4,4	4,2	0,5	3,4	14	14
37	5,4	4,5	0,4	3,7	16	16	52	4,5	4,3	0,55	3,5	15	15
38	5,2	4,7	0,3	3,4	14	14	53	4,6	4,4	0,6	3,6	16	16
39	5,3	4,3	0,45	5,0	10	10	54	4,7	4,5	0,65	3,7	17	17
40	5,5	4,5	0,35	4,2	12	12	55	4,8	4,6	0,6	3,8	18	18
41	5,1	4,8	0,42	4,5	11	11	56	4,9	4,7	0,55	3,9	19	19
42	5,4	4,0	0,45	4,8	15	15	57	5,0	4,8	0,5	4,0	18	18
43	5,6	5,1	0,6	4,1	10	10	58	5,1	4,9	0,45	4,1	17	17
44	5,4	4,4	0,55	4,6	13	13	59	5,2	5,0	0,4	4,2	16	16
45	5,3	4,3	0,65	3,0	16	16	60	5,3	5,1	0,35	4,3	14	14

Таблица А.3 – Варианты заданий к задаче №3

№	Н, м	Ггр, кг	Гк, кг	Гв, кг	Гкан, кг	Дб, м	Жб, кгм ² $\times 10^3$	Дн.ш, м	Жн.ш, кгм ²	Вн, м/с $\times 10^{-1}$	$a_1,$ м/с ²	$a_2,$ м/с ²	тц,с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	320	3000	2800	1500	6	4,0	35	3,8	8	1,2	0,8	1,0	50
2	360	3000	2800	1500	6	4,0	35	3,8	8	1,2	0,8	1,0	50
3	400	3000	2800	1500	6	4,0	35	3,8	8	1,2	0,8	1,1	50
4	440	3000	2800	1500	7	4,5	35	3,8	8	1,4	0,7	1,1	60
5	480	3000	2800	1500	7	4,5	40	3,8	8	1,4	0,7	1,1	60
6	500	4000	3500	2000	7	4,5	40	3,8	8	1,4	0,7	1,0	60
7	550	4000	3500	2000	7	4,5	40	4,0	10	1,0	0,9	1,0	60
8	600	4000	3500	2000	8	5,0	40	4,0	10	1,0	0,9	1,0	70
9	620	4000	3500	2000	8	5,0	40	4,0	10	1,0	0,9	0,9	70
10	640	4000	3500	2000	8	5,0	50	4,0	10	1,2	0,9	0,9	70
11	680	4000	3500	2000	8	5,0	50	4,0	10	1,2	1,0	0,9	80
12	700	5000	4200	2500	9	6,0	50	4,0	10	1,2	1,0	0,9	80
13	720	5000	4200	2500	9	6,0	50	4,5	13	1,4	1,0	1,1	80
14	760	5000	4200	2500	9	6,0	50	4,5	13	1,4	1,0	1,1	90
15	780	5000	4200	2500	9	6,0	60	4,5	13	1,4	0,9	1,1	90
16	800	5000	4200	2500	9	6,0	60	4,5	13	1,0	0,9	1,0	90
17	840	5000	4200	2500	9	6,0	60	4,5	13	1,0	0,9	1,0	90
18	880	6000	5000	3000	11	6,5	70	4,5	13	1,0	0,9	1,0	90
19	900	6000	5000	3000	11	6,5	70	4,5	13	1,2	1,0	1,2	100
20	920	6000	5000	3000	11	6,5	70	5,0	15	1,2	1,0	1,2	100
21	940	6000	5000	3000	12	6,8	70	5,0	15	1,2	1,0	1,2	100
22	960	6000	5000	3000	12	6,8	80	5,0	15	1,6	0,9	1,1	120
23	1000	6000	5000	3000	14	6,8	80	5,0	15	1,6	0,9	1,1	120

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>1,1</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
24	500	2000	3500	2500	10	4,0	30	3,0	8	1,7	1,2	1,5	65
25	550	2250	3750	2500	10	4,2	32	3,5	9	1,6	1,1	1,3	70
26	600	2500	4000	2500	10	4,5	35	4,0	10	1,5	1,0	1,2	75
27	650	2750	4250	2500	10	4,8	38	4,2	10,5	1,4	0,9	1,1	80
28	700	3000	4500	2500	10	5,0	42	4,5	12	1,3	0,8	1,0	85
29	750	3250	4750	2500	10	5,5	48	4,8	12,5	1,1	0,85	1,1	90
30	800	3500	5000	2500	10	5,8	50	5	13	1,2	0,7	0,9	90
31	850	3750	5250	2500	10	5,0	52	5,5	14	1,1	0,75	0,95	95
32	900	4000	5500	2500	10	6,2	55	6,0	15	1,0	0,6	0,9	100
33	950	4500	6000	2500	10	6,5	58	6,2	16	1,2	0,7	0,95	110
34	1000	4000	5250	2500	10	5,0	50	5,5	14	1,1	0,75	0,95	95
35	950	4000	5000	2500	10	5,2	54	5,5	14	1,2	0,8	1,1	90
36	800	3750	4750	2500	10	5,0	55	5,0	13,5	1,5	0,6	0,9	75
37	750	3500	4500	2500	10	4,5	30	3,2	8,5	1,9	0,9	1,2	70
38	700	3250	4250	2500	10	4,0	30	4	10	2,0	1,5	1,5	60
39	650	3000	4000	2500	7	4,2	32	4,5	12	1,7	1,2	1,1	80
40	600	2750	3750	2500	7	6,5	58	6	15,5	1,5	1,0	1,2	75
41	550	2500	3500	2500	7	4,0	30	3	8	2,0	1,5	1,8	60
42	500	2250	3250	2500	7	4,5	35	4,2	13	1,5	1,0	1,2	85
43	450	2000	3000	2500	7	3,0	25	3	10	2,5	1,8	2,0	50
44	400	2100	3100	2500	7	38	28	4	12	1,9	1,6	1,8	70
45	850	3750	5250	2500	7	50	50	6	15	1,6	1,1	1,2	95
46	700	3500	4500	2500	7	55	35	5	13	1,4	0,9	0,9	80
47	600	3000	4000	2500	7	4,0	30	4	12	1,2	0,9	1,0	85
48	600	2000	3000	2500	7	4,0	30	3	8	1,7	1,2	1,5	65
49	650	2500	3500	2500	7	4,2	32	3,5	9	1,6	1,1	1,4	70
50	700	3000	4000	2500	7	4,5	35	4,0	10	1,5	1,0	1,2	75
51	750	3500	4500	2500	8	4,8	38	4,2	10,5	1,4	0,9	1,1	80
52	800	4000	5000	2500	8	5,0	42	4,5	12	1,3	0,8	1,0	85
53	850	4500	5500	2500	8	5,8	50	5	13	1,2	0,7	0,9	90
54	900	5000	6000	2500	8	5,0	52	5,5	14	1,1	0,6	0,8	95
55	950	5500	6500	2500	8	6,0	55	6	15	1,0	0,5	0,95	100
56	1000	6000	6000	2500	10	65	58	6,5	16	0,9	0,85	0,95	105
57	1050	6500	5000	2500	10	5,2	54	5	14	0,8	0,95	1,1	110
58	1100	7000	4000	2500	10	4,0	30	6,5	16	0,7	1,05	1,2	115
59	600	2020	3020	2500	6	4,0	30	3	8,5	1,7	1,2	1,5	65
60	650	2555	3500	2500	6	4,2	32	3,5	9,5	1,6	1,1	1,4	70

Таблица А.4 – Варианты заданий к задаче №4

№ ₂	H, м	m _н , кг	m _о , кг	<i>a</i> _{уп.}	Дк.ш, м	Жк.ш, кгм ²	V _н , м/с	<i>a</i> , м/с ²	КПД л.ном.	N _ц ,
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
1	32	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
2	36	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
3	40	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
4	44	3000	280	0,6	0,85	3,5	0,8	1	0,9	10
5	48	3000	280	0,6	0,85	4,0	0,8	1	0,9	10
6	50	4000	350	0,6	0,85	4,0	0,7	1	0,85	10
7	55	4000	350	0,6	0,85	4,0	0,7	0,95	0,85	10
8	60	4000	350	0,55	0,8	4,0	0,7	0,95	0,85	10

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
9	62	4000	350	0,55	0,8	4,0	0,7	0,95	0,85	10
10	64	4000	350	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
11	68	4000	350	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
12	70	5000	420	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
13	72	5000	420	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
14	76	5000	420	0,55	0,8	5,0	0,7	0,95	0,85	10
15	78	5000	420	0,55	0,8	6,0	0,7	0,95	0,85	10
16	80	5000	420	0,55	0,8	6,0	0,7	0,95	0,85	10
17	84	5000	420	0,55	0,8	6,0	0,7	0,95	0,85	10
18	88	6000	500	0,45	0,8	7,0	0,7	0,95	0,85	10
19	90	6000	500	0,45	1,25	7,0	0,7	0,95	0,85	10
20	92	6000	500	0,45	1,25	7,0	0,7	1,5	0,85	12
21	94	6000	500	0,45	1,25	7,0	0,7	1,5	0,85	12
22	96	6000	500	0,45	1,25	8,0	0,6	1,5	0,7	12
23	10	6000	500	0,45	1,25	8,0	0,6	1,5	0,7	12
24	50	2000	350	0,45	1,25	3,0	0,6	0,85	0,7	12
25	55	2250	375	0,45	1,25	3,2	0,6	0,85	0,7	12
26	60	2500	400	0,45	1,25	3,5	0,6	0,85	0,7	12
27	65	2750	425	0,45	1,25	3,8	0,6	0,85	0,7	12
28	70	3000	450	0,45	1,25	4,2	0,6	0,85	0,7	12
29	75	3250	475	0,4	1,25	4,8	0,6	0,85	0,7	12
30	80	3500	500	0,4	1,25	5,0	0,6	0,85	0,7	12
31	85	3750	525	0,4	1,25	5,2	0,6	0,85	0,7	12
32	90	4000	550	0,4	1,4	5,5	0,6	0,85	0,7	12
33	95	4500	600	0,4	1,4	5,8	0,6	0,85	0,7	12
34	10	4000	525	0,4	1,4	5,0	0,6	0,85	0,7	12
35	95	4000	500	0,4	1,4	5,4	0,6	0,85	0,7	12
36	80	3750	475	0,4	1,4	5,5	0,6	0,85	0,7	12
37	75	3500	450	0,4	1,4	3,0	0,6	0,85	0,7	12
38	70	3250	425	0,4	1,4	3,0	0,55	1,0	0,7	8
39	65	3000	400	0,4	1,4	3,2	0,55	1,2	0,7	8
40	60	2750	375	0,5	1,4	5,8	0,55	1,5	0,7	8
41	55	2500	350	0,5	1,4	3,0	0,55	0,7	0,7	8
42	50	2250	325	0,5	1,4	3,5	0,55	0,7	0,7	8
43	45	2000	300	0,5	1,4	2,5	0,55	0,7	0,7	8
44	40	2100	310	0,5	1,4	2,8	0,55	0,7	0,7	8
45	85	3750	525	0,5	1,4	5,0	0,55	0,7	0,7	8
46	70	3500	450	0,5	1,4	3,5	0,55	0,7	0,8	8
47	60	3000	400	0,5	1,4	3,0	0,55	0,7	0,8	8
48	60	2000	300	0,5	1,4	3,0	0,55	0,7	0,8	8
49	65	2500	350	0,5	1,4	3,2	0,65	0,7	0,8	8
50	70	3000	400	0,65	1,4	3,5	0,65	0,7	0,8	8
51	75	3500	450	0,65	1,4	3,8	0,65	0,7	0,8	8
52	80	4000	500	0,65	1,35	4,2	0,65	0,2	0,8	8
53	85	4500	550	0,65	1,35	5,0	0,65	0,3	0,8	8
54	90	5000	600	0,65	1,35	5,2	0,65	0,4	0,8	8
55	95	5500	650	0,65	1,35	5,5	0,65	0,5	0,8	8
56	10	6000	600	10	6,5	5,8	0,75	0,6	0,8	14
57	15	6500	500	10	5,2	5,4	0,75	0,4	0,8	14
58	11	7000	400	10	4,0	3,0	0,75	0,6	0,7	14
59	60	2020	302	6	4,0	3,0	0,75	0,5	0,5	14
60	65	2555	350	6	4,2	3,2	0,75	1,5	0,5	14

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СПРАВОЧНОЕ)

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Таблица Б.1 – Техническая характеристика асинхронных электродвигателей с фазным ротором при напряжении 380 В, частоте 50 Гц и ПВ=40 %

Тип	$P_{н}, \text{кВт}$	$n_{ном}, \text{об/мин}$	$I_{н}, \text{А}$	$\cos\varphi_{н}$	$\eta_{н}, \%$	$M_{max}, \text{Н}^*\text{М}$	$M_{н}, \text{Н}^*\text{М}$	$I_{н}, \text{А}$	$J, \text{кг}^*\text{м}^2$	Масса, кг
МТФ012-6	2,2	890	7,6	0,68	64,5	11	144	56	0,029	59
МТФ111-6	3,5	895	10,4	0,73	70	15	176	85	0,049	76
МТН111-6	3,0	895	10,5	0,67	65	13,5	176	83	0,047	76
МТФ112-6	5	930	4,4	0,7	75	15,7	216	137	0,067	88
МТН112-6	4,5	910	13,9	0,71	69	15,6	203	118	0,067	88
МТФ211-6	7,5	930	21	0,7	77	19,8	256	191	0,115	120
МТН211-6	7	920	22,5	0,64	73	19,5	236	196	0,115	120
МТФ311-8	7,5	695	22,8	0,68	73	21	245	265	0,275	170
МТН311-8	7,5	690	23	0,68	71,5	21	245	265	0,275	170
МТФ311-6	11	945	30,5	0,69	79	42	172	314	0,225	170
МТН311-6	11	940	31,5	0,69	78	42	172	314	0,225	170
МТФ312-8	11	705	30,5	0,71	77	43	165	422	0,312	210
МТН312-8	11	700	31	0,69	78	43	165	422	0,312	210
МТФ312-6	15	955	38	0,73	83,5	60	235	638	0,312	210
МТН312-6	15	950	38,5	0,73	81	46	219	471	0,312	210
МТФ411-8	15	710	42	0,67	81	48	206	569	0,537	280
МТН411-8	15	705	43	0,67	79	48	206	569	0,537	280
МТФ411-6	22	965	55	0,73	83,5	60	235	638	0,5	280
МТН411-6	22	960	55	0,73	82,5	60	235	638	0,5	280
МТФ412-8	22	720	65	0,63	82	57	248	883	0,75	345
МТН412-8	22	715	66	0,63	80,5	57	248	883	0,75	345
МТФ412-6	30	970	75	0,71	85,5	73	255	932	0,675	345
МТН412-6	30	965	76	0,71	84,5	73	255	932	0,675	345
МТН511-8	28	705	71	0,72	83	64	281	1000	1,07	470
МТН512-8	38	705	89	0,74	85	77	305	1370	1,42	570
МТН512-6	55	960	120	0,79	88	105	340	1630	1,02	520
МТН611-10	45	570	112	0,72	84	154	185	2320	4,25	900
МТН611-6	75	950	154	0,85	87	180	270	2610	3,27	810
МТН612-10	60	565	147	0,78	85	154	248	2140	5,25	1070
МТН612-6	95	960	193	0,85	88	176	366	3580	4,12	830
МТН613-10	75	575	180	0,72	88	145	320	4120	6,25	1240
МТН613-6	118	960	237	0,84	90	160	473	4660	5,1	1100
МТН711-10	100	584	246	0,69	89,5	233	272	4560	10,2	1550
МТН712-10	125	585	300	0,7	90,3	237	372	5690	12,75	1700
МТН713-10	160	586	392	0,68	91	244	408	7810	15	1900

Таблица Б.2 – Техническая характеристика асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором при напряжении 380 В, частоте 50 Гц и ПВ=40%

Тип	$P_n, \text{ кВт}$	$n_{\text{ном}}, \text{ об/мин}$	$I_n, \text{ А}$	$\cos\varphi_n$	$\eta_n, \%$	$M_{\text{max}}, \text{ Н*М}$	$M_n, \text{ Н*М}$	$I_n, \text{ А}$	$J, \text{ кг*м}^2$	Масса кг
МТКФ 011-6	1,4	875	5,2	0,66	61,5	41	41	15	0,02	47
МТКФ012-6	2,2	880	7,2	0,69	67	66	66	22	0,027	53
МТКФ111-6	3,5	885	9,4	0,79	72	103	102	35	0,045	70
МТКН111-6	3,0	910	9,5	0,7	68	97	97	32	0,045	70
МТКФ112-6	5,0	895	13,8	0,74	74	172	172	53	0,065	80
МТКН112-6	4,5	900	12,7	0,75	71,5	155	154	50	0,065	80
МТКФ211-6	7,5	880	19,5	0,77	75,5	216	206	78	0,11	80
МТКН211-6	7,0	895	20,8	0,7	73	226	216	88	0,11	110
МТКФ311-8	7,5	690	21,6	0,7	74	324	314	95	0,275	155
МТКН311-8	7,5	690	21	0,7	74	324	314	95	0,275	155
МТКФ311-6	11	930	28,5	0,76	77,5	382	373	130	0,212	155
МТКН311-6	11	910	28,5	0,76	77,5	383	373	130	0,212	155
МТКФ312-8	11	700	29	0,74	78	500	461	150	0,387	195
МТКН312-8	11	700	29	0,74	78	500	461	150	0,387	195
МТКФ312-6	15	930	36	0,78	81	589	579	205	0,3	195
МТКН312-6	15	930	36	0,78	81	589	579	205	0,3	195
МТКФ411-8	15	695	40	0,71	80	657	638	185	0,537	255
МТКН411-8	15	695	40	0,71	80	657	638	185	0,537	255
МТКФ411-6	22	935	51	0,79	82,5	765	706	275	0,475	255
МТКН411-6	22	935	51	0,79	82,5	765	706	275	0,475	255
МТКФ412-8	22	700	60	0,69	80,5	981	932	295	0,75	315
МТКН412-8	22	700	60	0,69	80,5	981	932	295	0,75	315
МТКФ412-6	30	935	70	0,78	83,5	981	932	380	0,637	315
МТКН412-6	30	935	70	0,78	83,5	981	932	380	0,637	315
МТКН611-8	28	695	67	0,77	83	1128	1128	336	1,075	440

Таблица Б.3 – Техническая характеристика электродвигателей постоянного тока серии Д закрытого исполнения с естественным охлаждением при ПВ=40%

Исполне- ние		Тип	Последовательное воз- буждение				Смешанное возбуждение				Параллельное возбуждение				
			P _Н , кВт	I, А	п, об/ мин	M _{max} , Н*М	P _Н , кВт	I, А	п, об/ мин	M _{max} , Н*М	P _Н , кВт	I, А	п, об/мин	M _{max} , Н*М	
Тихоходное, 220 В		Д12	2,4	15	1150	86	2,4	14	1230	67	2,4	14	1200/1230	57/57	
		Д12	3,6	22	1040	191	3,6	21	1140	140	3,6	20,5	1060/1080	103/90	
		Д22	4,8	28	970	270	4,8	27	1120	181	4,8		1120/1150	127/108	
		Д31	6,8	38,5	900	382	6,8	37	910	282	6,8	37	850/880	230/201	
		Д32	9,5	53	760	675	9,5	51	840	490	9,5	51	770/800	373/319	
		Д41	13	71	730	930	13	70	740	726	13	69,5	700/720	549/476	
		Д806	17	92	640	1420	17	88	730	1050	16	84	700/710	765/677	
		Д808	24	125	615	2650	24	124	650	2000	22	112	620/630	1450/1295	
		Д810	35	182	610	4210	—	—	—	—	29	148	590/600	2160/1910	
		Д812	47	242	560	6020	—	—	—	—	38	192	555/565	3190/2795	
		Д814	66	335	565	9100	—	—	—	—	55	280	550/560	4810/4270	
		Д816	85	430	540	12750	—	—	—	—	70	350	525/535	6870/6030	
		Д818	100	500	515	17150	—	—	—	—	83	415	460/470	9025/7950	
Быстроходное		440 В	Д22	5,6	16,5	1300	181	5,5	16	1530	125	5,6	15,5	1510/1550	90/78
			Д32	12,6	34	1200	635	11,5	33	1260	322	12	31,5	1200/1240	270/235
			Д806	23	60	1010	1080	—	—	—	—	21	55	1050/1060	677/510
		220 В	Д21	4,4	26	1340	176	4,4	25	1550	122	4,4	24,5	1460/1500	90/78
			Д22	6,5	37	1300	265	6,5	36	1475	181	6,5	34	1510/1570	127/108
			Д31	9,5	52,5	1190	412	9,5	51	1360	298	9,5	50,5	1360/1420	206/181
			Д32	13,5	72	1100	715	13,5	66	1200	522	13	68	1190/1240	363/304
			Д41	18	96	1060	940	18	95	1160	680	17,5	90,5	1120/1160	520/446
			Д806	23	120	1010	1375	23	118	1060	1000	21	110	1050/1060	726/643
Д808	30	155	850	2450	30	152	860	1900	26	134	810/825	1325/1175			
Тихоходное, 440 В		Д21	3,1	10	1230	116	3,2	10	1310	82	3,1	9,5	1280/1300	61/54	
		Д31	5,2	16	900	255	5,3	16	900	200	5,2	14,5	890/910	142/128	
		Д41	12,5	34,5	760	696	13	35	740	540	12,5	34	710/720	392/348	
		Д808	24	63	615	2160	—	—	—	—	22	56	620/630	1128/1030	
		Д810	35	91	610	3200	—	—	—	—	29	74	590/600	1715/1510	
		Д812	45	115	590	4270	—	—	—	—	36	92	560/570	2350/2060	
		Д814	66	168	565	7310	—	—	—	—	55	138	550/560	3870/3380	
		Д816	85	215	540	9810	—	—	—	—	70	175	530/540	5400/4760	
		Д818	100	250	515	13730	—	—	—	—	83	205	460/470	7210/6380	

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям и самостоятельной работе
студентов специальности 7.05020201 по дисциплине
«Электропривод общепромышленных механизмов»

(для студентов всех форм обучения)

Составитель

Олег Владимирович Субботин

Редактор

Елена Александровна Дудченко

Подписано в печать

Формат 60×90/16

Офсетная печать. Усл. печ. л.

Уч.-изд. л.

Тираж – 55 экз.

Заказ №

ДГМА. 84313, Краматорск, ул. Шкадинова, 72