

Находкин Михаил Дмитриевич

**Расчет тяговых
электродвигателей
постоянного тока**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 316.012
ББК 65.30
М69

М69 **Михаил Дмитриевич Н.**
Расчет тяговых электродвигателей постоянного тока / Находкин Михаил
Дмитриевич – М.: Книга по Требованию, 2022. – 229 с.

ISBN 978-5-519-98718-9

ISBN 978-5-519-98718-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

К моменту расчета двигателя путем предварительных расчетов устанавливаются следующие величины (см. рис. 1)

η_k - число оборотов при часовой мощности в
ман.

U - напряжение на коллекторе в вольтах

Z - число зубьев большого зубчатого колеса

$$\mu = \frac{Z}{z} - \text{передаточное число зубчатых колес}$$

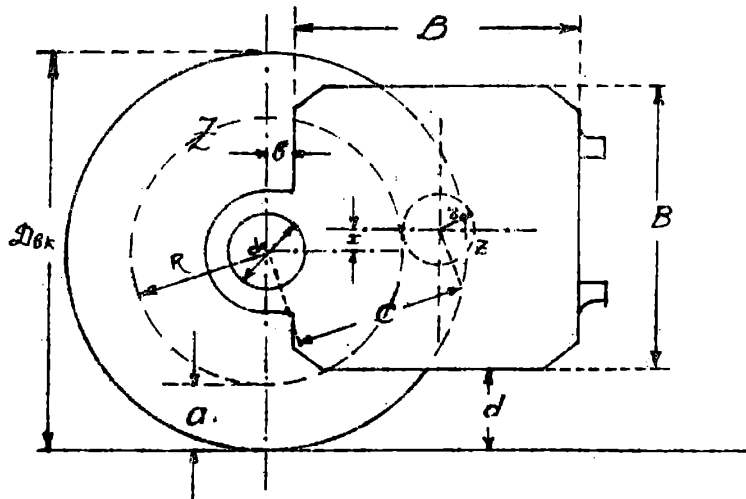
m - модуль зацепления зубчатых колес.

Кроме того известно, конечно, ширина колес:

Во всех дальнейших расчетах имеется в виду широкая колея (1524 м/м).

Поэтому этих величин заданы или приходится
ся задаваться еще следующими.

a - расстояние от начальной окружности большого зубчатого колеса до головки рельса. Если эта величина не задана, то его можно задаться на основании следующих данных. Размер " a " складывается из величин:


$$Q = \mathcal{E} + \Delta$$

$\Delta - 110 - 120 \text{ м/м}$ для трамблеров

$\Delta - 130 - 150$ мм для электрообозов

Расстояние от нижней точки шестеренного кожуха до делительной окружности большого зубчатого колеса (E) делится на:

- 1) толщина шестеренного кожуха 3-5 мм
- 2) расстояние от внутренней поверхности шес

теренного кожуха до диаметральной окружности большой шестерни. Этот последний размер он оценивает в $15 \div 20 \text{ мм} + (5 \div 8) \text{ мм}$.

Инж. А. Е. Алексеев приводит несколько иные значения указанных величин. Он рекомендует для трамвайных двигателей $E = 10 \div 12 \text{ мм}$ и $\Delta = 85 \div 115 \text{ мм}$, для двигателей тяжелой тролл $E = 12 \div 16 \text{ мм}$ и $\Delta = 180 \div 200 \text{ мм}$.

Если обратиться к двигателям, построенным заводом „Динамо“, то можно установить следующие значения суммарного размера „а“:

трамвайные двигатели..... $a = 115 - 135 \text{ мм}$.

двигатели метрополитена..... $a = 96 - 100 \text{ мм}$.

двигат. пригородн. ж. д. $a = 175 - 230 \text{ мм}$.

тепловозные двигатели..... $a = 165 - 210 \text{ мм}$.

электровозные двигатели..... $a = 150 - 170 \text{ мм}$.

δ - расстояние от центральной линии оси до ближайшей стенки корпуса двигателя. При проектировании этот размер оценивается на основании существующих конструкций тяговых двигателей. Для составления представлений о порядке этой величины, приводим ее значение для ряда двигателей различных мощностей (см. табл. 1) моторвагонных, электровозных и тепловозных.

Таблица 1.

Тип двигателя	значение величины „ δ “ в мм.
Трамвайный	40 - 50
Пригородных ж. д.	70 - 75

Тепловозный
Электровозный

~ 6 ~

40-50

50-60

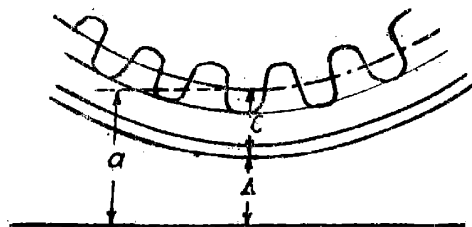


Рис. 2

α - зазор между головкой рельса и нижней точкой корпуса двигателя. Величина этого зазора выжигается необходимою выдержатъ предписанные табариты; при-

лижемир и колеблется в пределах 120-160 мм/см. табл. II).

χ - под'ем центральной линии вала двигателя над центральной оси ската. Этот под'ем появляется в результате стремления увеличить зазор, d^* между нижней точкой корпуса двигателя и головкой рельса. Эта величина имеет, обычно, значение 10-30 мм/м.

В табл. II приведены значения d^* и χ для отдельных выполненных: тепловых электродвигателей.

Обозначив высоту корпуса двигателя B установим связь между отдельными перечисленными выше величинами:

Из рассмотрения рис. 1 устанавливаем следующие очевидные соотношения:

$$2(R + r) = B + 2b \quad (1)$$

$$2b_k = 2R + 2r \quad (2)$$

Из выражения (1) имеем:

$$B = 2R + 2r - 2b \quad (3)$$

а из равенства (2)

$$2R = D_{вк} - 2a$$

(4)

Таблица II

Тип двигателя	d^m/m	x^m/m
Прямойной ДМЛ ^а	135	22,5
Пригор. ж. в. ДП 150	165	10,0
Метро ДМП	130	-
Тепловозн. ВВС	180	40
Электровозн. ДПЭ Э40	156	32

Подставив значение $2R$ из (4) в (3) имеем:

$$B = D_{вк} - 2a + 2z - 2b \text{ или}$$

$$B = D_{вк} + 2z - 2(a + b) \dots \dots \dots (5)$$

Кроме того, из того же рис. 1 имеем

$$b = 2 \left(\frac{D_{вк}}{2} - d + x \right) \dots \dots \dots (6)$$

и, наконец:

$$C = R + z \dots \dots \dots (7)$$

где „C“ называется центрированием двигателя.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Так-как } R = \frac{D_k}{2} \\ z = \frac{d_k}{2} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{где } D_k \text{ и } d_k - \text{диаметры} \\ \text{окружностей больш. и} \\ \text{мал. зубчат. колес.} \end{array} \right.$$

a диаметры зубчатых колес, числа их зубцов и модуль зацепления связаны соотношениями:

$$D_k = mZ$$

$$d_k = mz$$

то выражение для центрирования двигателя принимает вид:

$$C = \frac{(Z + Z')m}{2} \dots \dots \dots (7)$$

Приступая к проектированию двигателя прежде всего надлежит оценить размер корпуса двигателя (В), который машина может иметь, учитывая зависимость этой величины от остальных, входящих в формулы (5 и 6). Здесь же устанавливаем и величину централи (С), в связи с заданным числом зубьев, зубчатых колес и модулем их зацепления (Ф-л 7').

Таким образом нами установлен максимально возможный размер двигателя в радиальном направлении.

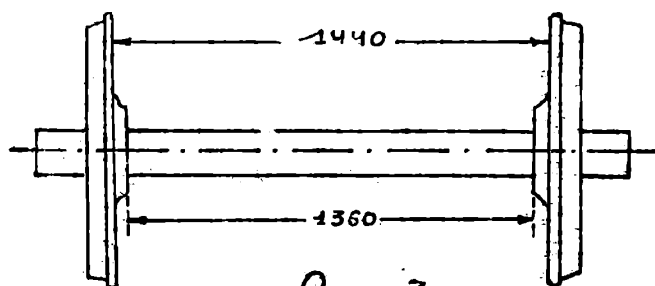


Рис. 3.

Очевидно, что и в аксиальном направлении размеры машины так-же ограничены размерами, зависящими от ширины колес. Двигатель должен вписаться на полускате (рис. 5).

Полная длина двигателей вместе с зубчатой передачей и шестеренными кожухами для выполненных двигателей приведены в таблице II

(см. след. стр.)

- 9 -
Таблица III.

Тип двигателей	Полная длина двига- теля в мм.
Трамвайный У5 521 ^а	987 м/м
" ДМГ ^а	1125 "
Пригородный ДЯ 150	1328 "
Тепловозный ВВС	1410 "
Электровозный ДЭТЭ340	1328 "

Вот те размеры, которыми мы располагаем для трамвайного электродвигателя на оси под кузовом электровагона или моторвагона.

При проектировании двигателя мы все время должны помнить о необходимости вписаться в эти размеры.

Нуже будет показано, как контролировать себя в этом отношении.

2. Выбор числа полюсов (2р).

Из курса электрических машин известно, что при начале расчета задаются, обычно, несколькими значениями числа полюсов (2р) и ведут расчет в нескольких вариантах.

Строго говоря эти варианты машины с различными числами полюсов необходимо довести до конца, выйдя все же меди и железа, потери и стоимость изготовления намечаемых машин. На основании сравнения этих данных и останавливаются на том или ином варианте (с тем или иным числом полюсов).

Так как в настоящий момент^{мы} занимаемся расчетом специальной узкой группы двигателей, то задача упрощается. Опыт конструирования и расче-

на торговых электродвигателях показал, что для двигателей малой и средней мощности наибольшим числом полюсов является $2p=4$. При таком числе полюсов машина получается наиболее компактной и легкой. Для мощных электровозных двигателей, работающих при напряжении на коллекторе 1000—1500 в число полюсов также обычно 4. Здесь ограничение числа полюсов четырьмя диктуется необходимостью соблюдения некоторого максимального допустимого напряжения между двумя соседними коллекторными пластинами. Известно, что ненормально большие величины напряжения между двумя соседними коллекторными пластинами подготавливают возникшее от каких либо причин искрение на коллекторе, приводя к образованию кругового огня на коллекторе. Для торговых электродвигателей эта величина (в к.ср.) выбирается, обычно, равной 16—17 в и как на крайний предел можно указать на величину среднего напряжения, в к.ср. 21 в. Выражается же она в зависимости от „Р“

следующим образом.

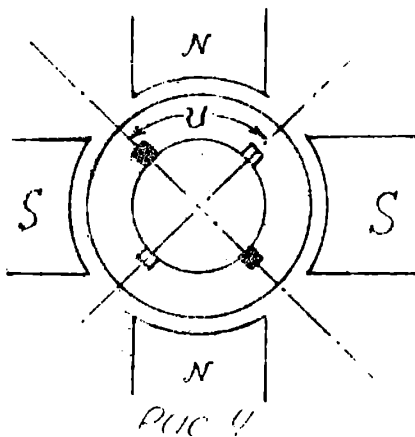


Рис. 4

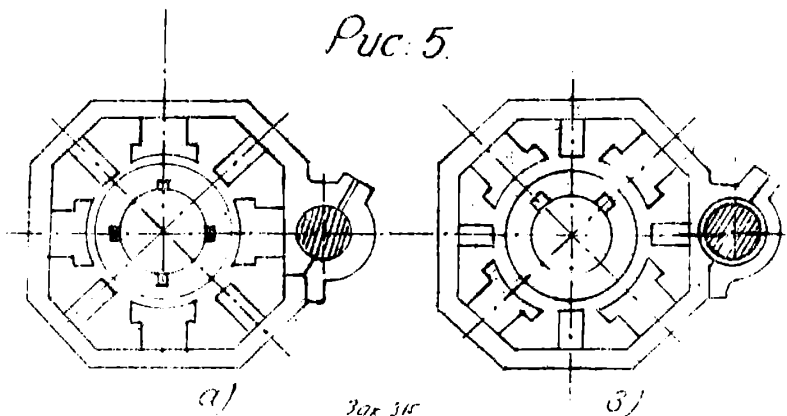
Пусть (рис. 4) напряжение между двумя соседними разноименными щетками „а“ и „б“ равно U , (подводится к двигателю напряжение

Если обозначить общее число коллекторных пластин через „ K “, то число их между соседними разномножительными щетками будет $\frac{K}{2p}$. Следовательно, среднее напряжение между двумя соседними коллекторными пластинами будет

$$E_{\text{ср}} = \frac{U \cdot 2p}{K} \quad (8)$$

Из этого выражения ясно, что попытка увеличения „ P “ приводит и к увеличению $E_{\text{ср}}$. Если напряжение „ U “ достаточно велико, то $E_{\text{ср}}$ приобретает недопустимо большие значения и допущено быть не может. Правда, из этой же формулы следует, что можно попытаться снизить $E_{\text{ср}}$ путем увеличения числа коллекторных пластин K , но по этому пути далеко идти так же нельзя, ибо при данном диаметре коллектора увеличение числа коллекторных пластин покупается ценой их утолщения, имея же коллекторное деление меньше 4-4,5 мм невозможно по условиям производства машины (коллектора).

Рис. 5.



В силу сказанного оказывается, что и электровозные двигатели данного типа (подкузовные) имеют, как правило, $2p = 4$.

Что касается расположения полюсов, то оно может быть двояким. По одному варианту главные полюса располагаются по горизонтальной и вертикальной оси, а дополнительные по диагоналям, под 45° к горизонту (рис. 5-а), по другому обратно — главные полюса по диагоналям, а дополнительные по вертикальной и горизонтальной осям (рис. 5-б).

Диагональное расположение главных полюсов дает более удобное расположение щеток и более удобный доступ к ним через надколлекторный люк (рис. 5-в), но габаритные размеры машины при таком расположении полюсов получаются больше, чем при расположении главных полюсов по вертикали. В силу последнего обстоятельства такое расположение полюсов применяется в трамвайных и иногда в железнодорожных мотор-вагонных двигателях. Когда вопрос о габаритных размерах машины встает особенно остро, что обычно для мощных электровозных, мотор-вагонных, а равно и для новейших трамвайных двигателей, то приходится пользоваться крестообразным расположением главных полюсов (рис. 5-а), позволяющих осуществить более компактную конструкцию машины.

3. Токи двигателя.

Главные электродвигатели характеризуются, как известно, длительной и часовой мощностью или соответствующими токами. В силу ос-