

2. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

Выбор двигателя по мощности проводится, как правило, по критерию **нагрева** с последующей проверкой по перегрузочной способности. Для использования критерия нагрева необходимо знать нагрузки двигателя, которые зависят и от параметров двигателя. В связи с этим приходится производить сначала предварительный выбор двигателя, рассчитывать для него нагрузки при заданных условиях работы электропривода, а затем проверять предварительно выбранный двигатель по критериям нагрева, перегрузочной способности и по условиям пуска.

Предварительный расчет мощности двигателя производится приближенно, поскольку на данном этапе проектирования неизвестна полная нагрузка двигателя. На основе исходных данных могут быть достаточно близко рассчитаны лишь статические нагрузки. Динамические же нагрузки, которые в значительной степени зависят от параметров двигателя, пока еще не известны.

Наиболее простой метод предварительного расчета мощности двигателя основан на учете лишь статических нагрузок. При этом для эквивалентирования нагрузки нескольких участков нагрузочного графика (различающихся как значениями сил сопротивления, так и скоростями движения рабочей машины) используется метод среднеквадратичного момента. Из сказанного ясно, что такой расчет не может дать точного результата, получается лишь ориентировочное значение мощности двигателя, подлежащее в дальнейшем проверке.

При задании допустимого ускорения исполнительного органа рабочей машины представляется возможным на стадии предварительного расчета мощности двигателя определить не только статические нагрузки, но и часть динамических нагрузок электропривода, обусловленных изменениями скорости движущихся масс рабочей машины.

2.1 Нагрузочные диаграммы скорости РО

На базе исходных данных рабочей машины рассчитывают и строят зависимости **скорости рабочей машины от времени $v(t)$** . Участки различаются значениями скоростей, статических нагрузок и моментов инерции. На основе заданных путей перемещения L , установившейся скорости v_y и среднего допустимого ускорения $a_{\text{дон}}$ рассчитывают:

– время пуска t_n до установившейся скорости с допустимым ускорением, торможения t_m от установившейся скорости до остановки

$$t_n = t_m = \frac{v_y}{a_{\text{дон}}}; \quad (2.1)$$

– путь, проходимый за время пуска (торможения) рабочей машиной,

$$L_n = L_m = \frac{v_y^2}{2a_{\text{дон}}}; \quad (2.2)$$

– время установившегося режима движения со скоростью v_y

$$t_y = \frac{L - (L_n + L_m)}{v_y}. \quad (2.3)$$

Результаты расчета вводятся в таблицу 2.1 и строятся нагрузочные диаграммы $v(t)$ на рисунке 2.1.

Полученные зависимости $v(t)$ представляют собой **графическое задание на проектирование электропривода** и на завершающем этапе проектирования позволят оценить качество выполнения технологических требований. Кроме того, они используются для построения графиков статических и динамических моментов рабочей машины. Если требование допустимого ускорения отсутствует в техническом задании, то следует принять значение $a_{доп}$ для аналогичных механизмов из литературных источников [16].

При построении зависимостей $v(t)$ следует учитывать направление движения рабочей машины. При движении в грузовом режиме (основном технологическом режиме данной рабочей машины) принимают $v > 0$.

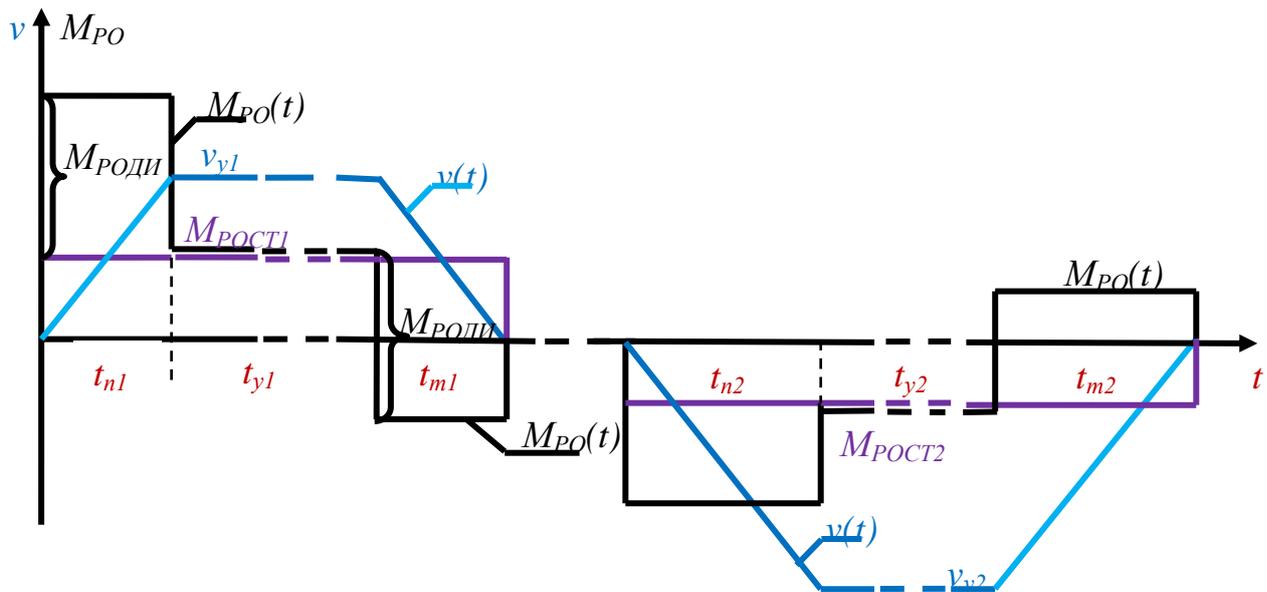


Рисунок 2.1. Нагрузочные диаграммы скорости и моментов рабочего органа

При движении в порожнем (возвратном) режиме соответственно $v < 0$. С учетом указанных знаков скорости принимают знаки ускорения a при пуске и торможении в грузовом и порожнем режимах.

2.2 Нагрузочные диаграммы моментов РО

Для построения нагрузочной диаграммы моментов необходимо изучить кинематическую схему РО и основную его технологическую работу, разобраться

с принципом работы механической части. Выявить места выделения потерь мощности в РО и передаче.

Для конкретной рабочей машины по известной кинематической схеме следует определить составляющие моментов, основные рабочие усилия, места приложения сил трения.

Статические моменты сопротивления движению в рабочих машинах создаются силами трения и силами тяжести.

На каждом из участков работы необходимо определить виды составляющих моментов сопротивления движению и выполнить их расчеты по формулам, приводимым в технической литературе по конкретным механизмам. Некоторые упрощенные выражения приведены в Приложении Б.

Статический момент на каждом участке определяется суммой всех составляющих $M_{рост} = \Sigma M$.

Результаты расчета составляющих статических моментов на валу рабочего органа на каждом из участков работы механизма вводятся в таблицу 2.1. В таблице 2.1 в перечне моментов следует оставить составляющие моментов только данного РО.

Таблица 2.1

Данные рабочего органа РО по участкам движения

Участок движения		Рабочий ход			Обратный ход		
Расчетные данные	Обозначение	пуск	уст. режим	торможение	пуск	уст. режим	торможение
Скорость, м/с	$v_{РО}$						
Время работы, с	$t_{РО}$						
Путь, м	$L_{РО}$						
Моменты РО, кНм:							
– силы тяжести	$M_{СТ}$						
– трения скольжения в подшипниках	$M_{ТП}$						
– трения качения	$M_{ТК}$						
– трения скольжения по горизонтальной плоскости	$M_{ТС}$						
– сил трения в винтовой передаче	$M_{РП}$						
Статический момент, кНм	$M_{РОСТ}$						
Момент инерции, кгм ²	$J_{РОСТ}$						
Динамический момент, кНм	$M_{РОДИН}$						
Суммарный момент, кНм	$M_{РО}$						

Динамические моменты обеспечивают возможность способности движущимися массами рабочего органа запасать (и выделять) кинетическую энергию.

Для определения **динамических моментов** рабочей машины рассчитываются моменты инерции рабочей машины (рабочего органа):

$$J_{PO} = J_1 + J_2 + \dots + (m_1 + m_2 + \dots) \cdot D^2/4, \quad (2.4)$$

где J_1, J_2 – моменты инерции вращающихся элементов рабочей машины, кгм²;

m_1, m_2 – масса поступательно движущихся частей, кг;

D – диаметр колеса (барабана, звездочки, шкива и т.п.), находящегося на выходном валу редуктора и преобразующего вращение вала в поступательное движение рабочей машины, м.

При заданной величине допустимого ускорения $a_{доп}$ для каждого режима рабочей машины определяются динамические моменты

$$M_{родин} = J_{po} \frac{2a_{доп}}{D}. \quad (2.5)$$

Полный момент рабочей машины

$$M_{po} = M_{рост} + M_{родин}. \quad (2.6)$$

Знаки полного момента и его составляющих зависят от направления движения и режима работы (пуск, торможения).

Результаты расчетов скоростей и моментов для каждого участка движения приводят в табл. 7.

По результатам расчетов с учетом времени пуска, торможения, установившегося движения на рисунке 7 строят нагрузочную диаграмму моментов рабочего органа для каждого режима работы $M_{PO}(t)$.

Примеры расчета приведены в [5,13].

2.3 Расчет мощности двигателя

На основании построенной нагрузочной диаграммы момента рабочей машины можно рассчитать:

– **среднеквадратичное значение момента**, в котором учтены статические нагрузки и часть динамических нагрузок:

$$M_{сркв} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m M_k^2 t_k}{\sum_{k=1}^m t_k}}, \quad (2.7)$$

где M_k – момент двигателя на k -м участке ($k=1, \dots, m$), где под участком понимается промежуток времени, в течение которого происходит разгон, или торможение, или работа с постоянной скоростью;

t_k – длительность k -го участка.

– **время цикла** при заданном z – числе циклов работы машины в час

$$t_y = 3600 / z; \quad (2.8)$$

– **продолжительность включения $PВ_{ФАКТ}$** по времени работы t_k на всех m участках движения времени

$$PВ_{ФАКТ} = \frac{1}{t_y} \sum_{k=1}^m t_k. \quad (2.9)$$

Расчетная мощность двигателя может быть определена по соотношению

$$P_{дв} = k_1 M_{срkv} \frac{2v_o}{D} \sqrt{\frac{PВ_{факт}}{PВ_{кат}}} \quad (2.10)$$

где v_o – основная скорость движения РО (при работе двигателя на естественной механической характеристике), м/с;

D – диаметр шестерни выходного вала редуктора, м;

$PВ_{КАТ}$ – ближайшее к $PВ_{ФАКТ}$ каталожное значение относительной продолжительности включения для электродвигателей выбранной серии.

k_1 – коэффициент, учитывающий динамические нагрузки, обусловленные вращающимися элементами электропривода (двигатель, редуктор), а также потери мощности в редукторе.

Величина k_1 зависит от отношения времени переходных процессов к времени установившегося движения электропривода, а также от отношения максимальных моментов рабочей машины к статическим моментам. Для рабочих машин, представленных в данном пособии, коэффициент k_1 может составить от 1,3 до 1,5.