

ПАРАМЕТРЫ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ТРАНСМИССИЙ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Определена взаимосвязь между коэффициентом динамичности и динамическим КПД трансмиссии. Показано, в каких случаях какой из этих показателей следует использовать.

Ключевые слова: коэффициент динамичности, динамический КПД, трансмиссия, тягово-транспортная машина.

Постановка проблемы. Трансмиссии тягово-транспортных машин подвержены действию переменных как по величине, так и по направлению нагрузок. Для оценки динамической нагрузки в механических передачах используется показатель – коэффициент динамичности, а для оценки потерь энергии на разгон вращающихся масс трансмиссии показатель – динамический КПД.

В настоящей статье определена взаимосвязь между указанными показателями и показано, в каких случаях какой из них следует использовать.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых впервые предлагалось решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение не решенных прежде задач общей проблемы, которым посвящается указанная статья. Коэффициент динамичности нагрузки представляет собой отношение напряжения (деформации), вызванного динамическим действием нагрузки, к напряжению (деформации), вызванному статическим действием той же нагрузки [1].

При быстро возрастающей нагрузке необходимо учитывать появляющиеся в результате деформации системы силы инерции, которые необходимо также учитывать при действии нагрузки, вызывающей движение тела с некоторым ускорением [1]. Такие нагрузки, а также вызванные ими напряжения и деформации называются динамическими. К ним также относятся ударные нагрузки, хотя при расчёте на удар в ряде случаев пренебрегают возникающими в конструкции силами инерции [1].

Расчёт на действие динамической нагрузки (динамический расчёт) производят при проектировании частей конструкции, находящихся под действием ударной или вибрационной нагрузки, создаваемой станками, двигателями и другими механизмами, которая вызывает колебания сооружений. Многие части машин также находятся под действием динамической нагрузки.

При действии на систему периодической возмущающей нагрузки и наличии силы сопротивления коэффициент динамичности может быть определен из следующего соотношения [1]:

$$K_d = \frac{1}{\sqrt{\frac{a}{c} - \frac{j^2 \ddot{o}^2}{w^2 \dot{o}} + \frac{a}{c} \frac{x_a \times g \ddot{o}^2}{p \times w^2 \dot{o}}}}, \quad (1)$$

где f – частота возмущающей нагрузки;
 w – частота собственных колебаний системы (при отсутствии сопротивлений);
 p – вес колеблющегося груза;
 g – ускорение силы тяжести;
 a – коэффициент пропорциональности между скоростью перемещения системы и силой сопротивления.

При $f = w$ и отсутствии сопротивления в системе ($a = 0$) значение коэффициента динамичности стремится к бесконечности. При $a \neq 0$ в случае резонанса ($f = w$) значение коэффициента динамичности возрастает до некоторой конечной величины

$$K_d = \frac{w \times p}{a \times g}. \quad (2)$$

При частоте возмущающей силы (f), превышающей собственную частоту системы (w), динамический коэффициент имеет отрицательное значение. Это означает, что знак возмущающей силы в каждый момент времени противоположен знаку перемещения.

Динамический КПД трансмиссии [2,3] учитывает потери энергии двигателя при разгоне автомобиля и при работе землеройно-транспортных машин и погрузочных машин в режиме «разгон–торможение».

При разгоне автомобиля правомерным является определение как циклового, так и мгновенного динамического КПД [4], так как в этом случае скорость автомобиля монотонно возрастает. При работе машины в установившемся режиме, сопровождающемся кратковременными разгонами и торможениями, когда величина скорости колеблется вокруг некоторого среднего значения, определение мгновенного динамического КПД может дать значения, превышающие единицу. Это объясняется тем, что при уменьшении скорости движения машины часть кинетической энергии вращающихся масс трансмиссии может перейти в работу, совершаемую ведущими колесами. В этом случае уже можно определять не динамический КПД, а коэффициент динамичности трансмиссии.

Формулирование целей статьи (постановка задачи). Целью данного исследования является определение взаимосвязи между динамическим КПД и коэффициентом динамичности трансмиссии тягово-транспортных машин. Для достижения указанной цели необходимо

определить физическую и математическую взаимосвязь между указанными параметрами.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием научных результатов. В работе [5] приведено уравнение баланса мощностей в трансмиссии тягово-транспортной машины

$$N_k = N_e - N_{ст} - N_{вт} - N_{вр}, \quad (3)$$

где N_k – мощность, развиваемая ведущими колесами тягово-транспортной машины;

N_e – эффективная мощность двигателя;

$N_{ст}$ – затраты мощности двигателя на преодоление сухого трения;

$N_{вт}$ – затраты мощности двигателя на преодоление вязкого трения;

$N_{вр}$ – затраты мощности двигателя на разгон вращающихся масс трансмиссии.

Определить мгновенный общий КПД трансмиссии возможно путем деления левой и правой частей уравнения (3) на N_e [5]. В этом случае имеем

$$h_{тр} = \frac{N_k}{N_e} = 1 - \frac{N_{ст}}{N_e} - \frac{N_{вт}}{N_e} - \frac{N_{вр}}{N_e} = 1 - y_{ст} - y_{кин} - \frac{N_{вр}}{N_e}, \quad (4)$$

где $y_{ст}$, $y_{кин}$ – коэффициенты потерь мощности двигателя на преодоление сухого и вязкого трения.

Мощность, затрачиваемая на разгон вращающихся масс трансмиссии, может быть определена как

$$N_{вр} = I_{np} \omega_k \dot{\omega}_k, \quad (5)$$

где I_{np} – приведенный к ведущим колесам тягово-транспортной машины момент инерции вращающихся масс двигателя и трансмиссии;

ω_k , $\dot{\omega}_k$ – угловые скорость и ускорение ведущих колес.

Мгновенные статический и кинематический КПД трансмиссии

$$h_{тр}^{ст} = 1 - y_{ст} = 1 - \frac{N_{ст}}{N_e}; \quad (6)$$

$$h_{тр}^{кин} = 1 - y_{кин} = 1 - \frac{N_{вт}}{N_e}. \quad (7)$$

Из уравнений (6) и (7) определим

$$y_{ст} = 1 - h_{тр}^{ст}; \quad (8)$$

$$y_{кин} = 1 - h_{тр}^{кин}; \quad (9)$$

С учетом (5), (8), (9) уравнение (4) примет вид

$$h_{тр} = h_{тр}^{ст} + h_{тр}^{кин} - 1 - I_{np} \frac{\omega_k \dot{\omega}_k}{N_e}. \quad (10)$$

При $\omega_k > 0$ происходит разгон трансмиссии. В этом случае коэффициент потерь мощности двигателя на разгон вращающихся масс будет следующим:

$$y_{вр} = \frac{N_{вр}}{N_e} = I_{np} \frac{\omega_k \dot{\omega}_k}{N_e} > 0. \quad (11)$$

Мгновенный динамический КПД трансмиссии

$$h_{тр}^{дин} = 1 - y_{вр} = 1 - I_{np} \frac{\omega_k \dot{\omega}_k}{N_e} < 1. \quad (12)$$

При замедлении вращения валов трансмиссии угловое ускорение $\dot{\omega}_k < 0$. В этом случае коэффициент потерь на разгон вращающихся масс $y_{вр}$ будет отрицательным, так как часть накопленной кинетической энергии вращающихся масс трансмиссии преобразуется в полезную мощность. Таким образом,

$$y_{вр} = I_{np} \frac{\omega_k \dot{\omega}_k}{N_e} < 0. \quad (13)$$

Следовательно, мгновенный динамический КПД трансмиссии будет больше единицы, что противоречит закону сохранения энергии. В этом случае мгновенный динамический КПД трансмиссии становится коэффициентом динамичности

$$K_d = 1 + I_{np} \frac{\omega_k |\dot{\omega}_k|}{N_e} > 1. \quad (14)$$

Общий КПД трансмиссии в этом случае будет

$$h_{тр} = h_{тр}^{ст} + h_{тр}^{кин} + K_d - 2. \quad (15)$$

При больших значениях коэффициента динамичности трансмиссии и мгновенный общий КПД трансмиссии может принять значение больше единицы. Но это означает не нарушение закона сохранения энергии, а то, что часть ранее накопленной трансмиссией и маховиком двигателя энергии переходит в полезную работу. Следовательно, для трансмиссий тягово-транспортных машин, работающих даже в установившемся режиме (с постоянной средней скоростью), нельзя использовать в качестве критерия мгновенный КПД, а можно использовать только цикловый КПД. В режиме разгона ($\dot{\omega}_k > 0$) целесообразно использовать динамический КПД трансмиссии, а в режиме торможения – коэффициент динамичности.

Выводы из данного исследования и перспективы дальнейших исследований в этом направлении

В результате проведенного исследования доказано, что для трансмиссий тягово-транспортных машин, работающих в установившемся режиме с колебанием угловой скорости вокруг своего среднего значения, нельзя использовать мгновенный коэффициент полезного действия в качестве критерия оценки механических потерь.

В режиме разгона тягово-транспортной машины при монотонном (без знакопеременных изменений углового ускорения) росте угловой скорости возможно использование мгновенного динамического КПД трансмиссии в качестве критерия оценивания потерь мощности на разгон вращающихся масс двигателя и трансмиссии.

При торможении трансмиссии или в ходе ее замедления ($\omega_k < 0$) мгновенный динамический КПД принимает значения больше единицы, что противоречит закону сохранения энергии. Это означает, что в этот момент времени полезная мощность в трансмиссии увеличивается за счёт использования кинетической энергии ее вращающихся масс. В этом случае в расчёт принимается мгновенный коэффициент динамичности, при больших значениях которого может оказаться большим единицы и общий КПД трансмиссии.

Литература

1. Дарков А.В. *Сопротивление материалов* /А.В. Дарков, Г.С. Шапиро. – М.: Высшая школа, 1969. – 734 с.
2. Подригало Н.М. *Обґрунтування та вибір структури та основних параметрів трансмісії модульних землерійно-транспортних та навантажувальних машин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.04 – «Машини для землерійних та дорожніх робіт»* /Н.М. Подригало. – Харків, 2001. – 19 с.
3. Подригало Н.М. *Динамический коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля* /Н.М. Подригало //Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Технические науки. – Симферополь, 2012, Вып. 35. – С.6-9
4. Подригало М.А. *Мощность двигателя и КПД автомобиля при его разгоне* /М.А. Подригало, Н.М. Подригало, В.Л. Файст //Автомобильная промышленность. – 2008. – №8. – С. 12-16.
5. Подригало Н.М. *Коэффициент полезного действия трансмиссии транспортно-тяговых машин* /Н.М. Подригало //Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, 2012.– Вип. №122. – С. 132-137.

Надійшла до редакції 20.11.2012

© Н. М. Подригало

УДК 629. 43

*Н. М. Подригало, к.т.н.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

ПАРАМЕТРИ ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСМІСІЙ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Визначено взаємозв'язок між коефіцієнтом динамічності та динамічним ККД трансмісії. Показано, у яких випадках який із цих показників варто використовувати.

Ключові слова: коефіцієнт динамічності, динамічний ККД, трансмісія, тягово-транспортна машина.

UDC 629. 43

*N. M. Podrigalo, Ph. D.,
Kharkiv National Automobile and Highway University*

DYNAMIC LOADING PARAMETERS OF TRAILER MOTOR CARSTRANSMISSION

The interconnection between factor of dynamism and dynamic efficiency of transmission is defined. It is displayed, in what cases what of these parameters should be used.

Keywords: factor of dynamism, dynamic efficiency, transmission, the tractive-transport machine.