

**Коэффициент полезного действия трансмиссии
транспортно-тяговых машин**

Подригало Н.М., канд техн. наук

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет)

Коэффициент полезного действия является общим показателем экономичности преобразования энергии машин, оборудования, приборов и других изделий. В настоящей статье показана взаимосвязь общего КПД трансмиссии транспортно-тяговых средств с потерями на сухое и вязкое трение, а также – с динамическим КПД трансмиссии, учитывающим потери на разгон вращающихся частей.

Коэффициент полезного действия является общим показателем экономичности преобразования энергии машин, оборудования, приборов и других изделий, а также показателем технического уровня, степени их совершенства.

КПД машин и механизмов принято определять при условии статического равновесия, т.е. без учета инерционных нагрузок. Однако, при переходных режимах движения транспортно-тяговых машин, а также при установившемся движении такие нагрузки приводят к снижению мощности на выходном валу, т.е. к снижению общего КПД моторно-трансмиссионной установки. Учет инерционных нагрузок в трансмиссии транспортно-тяговых машин осуществляется с помощью динамического (инерционного) КПД, являющегося компонентом общего КПД трансмиссии.

В настоящей статье показана взаимосвязь общего КПД трансмиссии с потерями на сухое и вязкое трение, а также – с динамическим КПД трансмиссии.

Анализ последних достижений и публикаций. КПД – это безразмерная величина, показывающая какая часть суммарно подводимой энергии, полезно используется в устройстве [1]. КПД машин и механизмов принято определять при условии статического равновесия, т.е. без учета инерционных нагрузок.

Как известно, установившееся движение – это движение с постоянной средней скоростью, а равномерное движение – это движение с постоянной мгновенной скоростью. При равномерном движении инерционные нагрузки не возникают, а при установившемся или переходном режиме движения (разгоне или торможении) такие нагрузки приводят к снижению мощности на выходном валу трансмиссии, т.е. к снижению КПД трансмиссии.

В работе [2] Н.К. Куликов ввел понятие инерционного динамического КПД переходного процесса в механических системах. Им рассмотрено уравнение процесса разгона автомобиля с учетом динамического КПД, получено уравнение процесса изнашивания и т.д. В работе [3] определено понятие динамического КПД машины и трансмиссии, как составляющего общего КПД, что позволило определить влияние схемы и параметров трансмиссии на технико-экономические показатели землеройно-транспортных и погрузочных машин. Аналогичным образом ранее определен динамический КПД для автомобилей, выполняющих транспортные операции [4,5,6]. В указанных работах общий КПД трансмиссии транспортно-тяговых машин рассматривался как произведение трех компонентов:

$$\eta'_{\text{тр}} = \eta_{\text{ст}} \eta_{\text{кин}} \eta_{\text{дин}}, \quad (1)$$

где $\eta_{\text{ст}}$ – статический КПД, учитывающий потери на сухое трение;

$\eta_{\text{кин}}$ – кинематический КПД, учитывающий потери на взбалтывание масла в агрегатах трансмиссии, величина которого зависит от скорости вращения валов трансмиссии;

$\eta_{\text{дин}}$ – динамический КПД трансмиссии, учитывающий потери на разгон и торможение вращающихся масс трансмиссии.

Однако, перемножение компонентов общего КПД трансмиссии правомерно в случае последовательного преодоления сухого, а затем вязкого трения и последовательного образования потерь на разгон вращающихся масс трансмиссии, т.е. для систем с сосредоточенными параметрами. Трансмиссия же является системой с распределенными параметрами, в которой все виды потерь энергии происходят одновременно и параллельно в каждом звене. Поэтому для рассматриваемого случая компоненты общего КПД трансмиссии необходимо не перемножать, а складывать, что соответствует случаю параллельного расположения элементов [7], в которых происходят потери мощности.

Цель и постановка задачи исследования. Целью исследования является определение взаимосвязи общего КПД трансмиссии транспортно-тяговых машин с потерями на сухое и вязкое трение, а также – с динамическим КПД трансмиссии.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить зависимость для расчета общего КПД трансмиссии;
- провести оценку точности определения общего КПД трансмиссии известными методами.

Определение зависимости для расчета общего КПД трансмиссии.

Рассмотрим баланс мощностей в трансмиссии транспортно-тяговой машины

$$N_k = N_e - N_{ст} - N_{вт} - N_{вр}, \quad (2)$$

где N_k – мощность, развиваемая ведущими колесами транспортно-тяговой 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.

Разделив левую и правую части уравнения (2) на N_e , получим общий КПД трансмиссии:

$$\eta''_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{к}}}{N_e} = 1 - \frac{N_{\text{ст}}}{N_e} - \frac{N_{\text{вт}}}{N_e} - \frac{N_{\text{вр}}}{N_e}. \quad (3)$$

Коэффициенты потерь в трансмиссии [7]:

$$\psi_{\text{ст}} = \frac{N_{\text{ст}}}{N_e} = 1 - \eta_{\text{ст}} \text{ — на сухое трение;} \quad (4)$$

$$\psi_{\text{кин}} = \frac{N_{\text{вт}}}{N_e} = 1 - \eta_{\text{кин}} \text{ — на вязкое трение;} \quad (5)$$

$$\psi_{\text{дин}} = \frac{N_{\text{вр}}}{N_e} = 1 - \eta_{\text{дин}} \text{ — на разгон вращающихся масс.} \quad (6)$$

Таким образом, сумма коэффициентов потерь на сухое и вязкое трение и на разгон вращающихся масс должна быть меньше 1. В противном случае мощность двигателя полезно не используется и движение машины невозможно.

Подставляя выражения (4), (5) и (6) в уравнение (3), после преобразований получим:

$$\eta''_{\text{тр}} = \eta_{\text{ст}} + \eta_{\text{кин}} + \eta_{\text{дин}} - 2. \quad (7)$$

Оценка точности определения общего КПД трансмиссии известными методами. Сравним точность определения КПД трансмиссии при использовании зависимости (1) вместо (7). Выражение (1) с учетом (4), (5) и (6) примет вид:

$$\eta'_{\text{тр}} = (1 - \psi_{\text{ст}})(1 - \psi_{\text{кин}})(1 - \psi_{\text{дин}}). \quad (8)$$

Раскрыв скобки, после преобразований получим:

$$\eta'_{\text{тр}} = \eta_{\text{ст}} + \eta_{\text{кин}} + \eta_{\text{дин}} - 2 - \psi_{\text{ст}}\psi_{\text{кин}}\psi_{\text{дин}} + (\psi_{\text{ст}}\psi_{\text{кин}} + \psi_{\text{ст}}\psi_{\text{дин}} + \psi_{\text{кин}}\psi_{\text{дин}}). \quad (9)$$

Таким образом, погрешность определения общего КПД трансмиссии при использовании соотношения (1) составляет:

$$\begin{aligned} \Delta\eta_{\text{тр}} &= \eta'_{\text{тр}} - \eta''_{\text{тр}} = \psi_{\text{ст}}\psi_{\text{кин}} + \psi_{\text{ст}}\psi_{\text{дин}} + \psi_{\text{кин}}\psi_{\text{дин}} - \psi_{\text{ст}}\psi_{\text{кин}}\psi_{\text{дин}} = \\ &= \psi_{\text{ст}}\psi_{\text{кин}}\psi_{\text{дин}} \left(\frac{1}{\psi_{\text{дин}}} + \frac{1}{\psi_{\text{кин}}} + \frac{1}{\psi_{\text{ст}}} - 1 \right). \end{aligned} \quad (10)$$

Следовательно, результаты расчетов по формулам (1) и (7) совпадут в случае выполнении следующего условия:

$$\frac{1}{\psi_{\text{дин}}} + \frac{1}{\psi_{\text{кин}}} + \frac{1}{\psi_{\text{ст}}} = 1 \quad (12)$$

В остальных случаях расчет по формуле (1) будет давать погрешность. Чем выше значения компонентов общего КПД трансмиссии (меньше значения коэффициентов потерь), тем меньше погрешность расчета по формуле (1).

Выводы. Трансмиссии транспортно-тяговых машин с точки зрения потерь энергии представляют собой системы с распределенными параметрами. Поэтому общий КПД трансмиссии должен определяться путем суммирования, а не перемножения компонентов, учитывающих потери на сухое и вязкое трение, а также затраты энергии на разгон вращающихся масс трансмиссии. Расчет общего КПД трансмиссии в этом случае следует осуществлять по формуле (7).

Определение общего КПД трансмиссии путем перемножения компонентов, учитывающих потери на сухое и вязкое трение и на разгон вращающихся масс дает малую погрешность при малых значениях коэффициентов потерь.

Список литературы:

1. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам /А.Ф. Крайнев. – М.: Машиностроение. – 1987. – 560 с.
2. Куликов Н.К. Элементы научной технологии исследований в автотракторостроении //Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Проблемы совершенствования автомобильной техники». – М.: МВТУ. – 1986. – С.62-63.
3. Подригало Н.М. Обоснование и выбор структуры и основных параметров трансмиссии модульных землеройно-транспортных и погрузочных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 /Подригало Надежда Михайловна. – Харьков, 2001. – 222 с.
4. Квалиметрия, стандартизация и унификация тормозного управления колесных машин. /М.А. Подригало, В.П. Волков, Д.В. Абрамов, М.В. Байцур, В.А. Павленко, Н.М. Подригало, Ю.В. Тарасов, В.Л. Файст /Под ред. М.А. Подригало. Харьков: изд-во ХНАДУ. – 2007. – 446 с.

5. Подригало М.А. Полезная работа и КПД автомобиля. Одно уточнение. /М.А. Подригало, Н.М. Подригало // Автомобильная промышленность. – 2007. – №8. – с. 19-21.

6. 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.

7. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин /И.И. Артоболевский. – М.: Наука. – 1975. – 640 с.

Анотація

Коефіцієнт корисної дії трансмісії транспортно-тягових машин

Подригало Н.М.

Коефіцієнт корисної дії є загальним показником економічності перетворення енергії машин, устаткування, приладів та інших виробів. У цій статті показано взаємозв'язок загального ККД трансмісії транспортно-тягових засобів з втратами на сухе і в'язке тертя, а також - з динамічним ККД трансмісії, що враховує втрати на розгін обертаються.

Abstract

The efficiency of the transmission of transport and traction machines

N. Podrigalo

Efficiency is a common measure of efficiency of energy conversion machinery, equipment, appliances and other products. In the present paper shows the relationship overall driveline efficiency of transport and traction of the losses of dry and viscous friction, and also - the dynamic efficiency of the transmission, which takes into account losses due to acceleration of the rotating parts.