

УДК 629.3.017.5

**В. С. ШЕИН**, асп. каф. ТМ и РМ «ХНАДУ», Харьков

### **ОЦЕНКА ДОЛИ ЭНЕРГИИ, ПОГЛОЩАЕМОЙ ТОРМОЗНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ В ПРОЦЕССЕ ТОРМОЖЕНИЯ**

Определены компоненты уравнения для вычисления доли энергии, поглощаемой тормозными механизмами легкового автомобиля в процессе торможения, что позволяет повысить точность квалитетической оценки и уточнить методику проведения стендовых испытаний.

**Ключевые слова:** тормозной механизм, энергетический баланс, доля энергии, тепловой режим, квалитетическая оценка, тормозные испытания

**Введение.** Торможение колесных машин представляет собой процесс преобразования их кинетической и потенциальной энергий в работу трения тормозных механизмов. Выделяемое при этом тепло рассеивается в окружающую среду. Способность тормозных механизмов быстро и эффективно рассеивать тепловую энергию характеризует энергоёмкость тормозных механизмов и влияет на надёжность тормозной системы и безопасность движения.

При оценке теплового режима тормозных механизмов и нормировании долговечности фрикционных пар необходимо знать ту часть энергии, которая рассеивается непосредственно указанными механизмами. Решение этой задачи, осуществлённое в работах многих авторов, носит приблизительный (оценочный) характер. В этих работах не определена взаимосвязь режимов торможения автомобиля с долей энергии, поглощаемой тормозными механизмами легкового автомобиля в процессе торможения. Одними из первых вопрос энергетического баланса автомобилей при торможении и оценку поглощаемой энергии тормозными механизмами рассмотрели в своих работах акад. Е.А.Чудаков и проф. Н.А.Бухарин [1, 2].

Энергетический подход к оценке тормозных механизмов использовался в работах [4, 5] при оценке долговечности фрикционных накладок. При адекватной оценке теплового режима тормозных механизмов и нормирования долговечности фрикционных пар необходимо обеспечивать большую точность при проведении квалитетических испытаний.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Тормозные механизмы являются основным элементом, обеспечивающим преобразование кинетической энергии колесной машины в тепловую и последующее ее рассеивание. Этот процесс сопровождается внутренними изменениями в тормозной системе, приводящими к отклонению характеристик элементов от расчетных значений, а также – к изменению тормозных свойств колесных машин. Кроме того, в исследовании [6] показана связь между долговечностью наименее надёжных элементов тормозного управления – фрикционных накладок и количеством поглощенной тормозными механизмами энергии, что позволяет поставить вопрос об оценке ресурса тормозной системы количеством энергии, поглощенной тормозными механизмами.

Проведённый литературный анализ [1,2,3] показал, что известные результаты, свидетельствующие о реальном распределении энергии между тормозными механизмами затормаживаемого легкового автомобиля, носят оценочный (приблизённый) характер.

© В. С. Шейн, 2012

Энергетический баланс торможения при качении всех колес без их блокировки был рассмотрен в работах [1,3], он будет иметь вид

$$\frac{\delta' m_a v_1^2}{2} = \sum x_{cp} \frac{r_{\bar{o}}}{r_k} (1 - \sigma) + P_{wcp} s_{\tau} + m_a g f (1 - \sigma) s_{\tau} + \frac{M_r}{r_k} (1 - \sigma) s_{\tau} + m_a g f s_{\tau} \quad (1)$$

где  $\delta'$  – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс трансмиссии (при отключённом двигателе);

$m_a$  – масса автомобиля, кг;

$v_1$  – скорость в начале торможения, м/с;

$\sum x_{cp}$  – среднее значение результирующей силы трения между диском и колодками (барабанами и т.д.);

$r_{\bar{o}}$  и  $r_k$  – радиусы тормозного барабана и колеса;

$\sigma$  – коэффициент скольжения затормаживаемого колеса;

$P_{wcp}$  – средняя величина силы сопротивления воздуха на пути торможения автомобиля;

$s_{\tau}$  – длина тормозного пути;

$g$  – ускорение силы тяжести;

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$M_r$  – средний момент сил трения трансмиссии, отнесённый к оси колес.

Ввиду отсутствия в известной литературе [1,2,3] описания соответствующих методов теоретического или экспериментального получения интересующих результатов, проведение сертификационных тормозных испытаний автомобилей достаточно затруднено. Это не даёт возможности провести точную квалитрию тормозных механизмов автомобилей. Определение доли энергии, поглощаемой тормозными механизмами позволяет более точно оценить их энергонагруженность.

**Цель и постановка задач исследования.** Целью исследования является повышение точности квалитрической оценки тормозных механизмов автомобилей путём уточнения поглощаемой энергии тормозными механизмами при дорожных и стендовых исследованиях.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

– определить компоненты уравнения для вычисления коэффициента поглощения энергии тормозными механизмами автомобиля;

– оценить долю энергии, поглощаемой тормозными механизмами легкового автомобиля в процессе торможения.

**Оценка доли энергии, поглощаемой и рассеиваемой тормозными механизмами при торможении.** Доля энергии, поглощаемая и рассеиваемая тормозными механизмами, определяется от общего уровня кинетической энергии автомобиля при торможении. Энергия, поглощенная тормозными механизмами, равна отношению их работы к изменению кинетической энергии автомобиля (зависит от начальной и конечной скоростей торможения). Таким образом, введём понятие

коэффициента поглощения энергии тормозными механизмами автомобиля ( $\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}}\text{)}_{\text{цикл.}}$ , которое определяется как

$$(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}} = \frac{A_{\tau}}{\Delta W}, \quad (2)$$

где  $A_{\tau}$  – работа, выполненная тормозными механизмами автомобиля;

$\Delta W$  – изменение энергии автомобиля при торможении.

Величина изменения кинетической энергии автомобиля при торможении  $\Delta W$  определяется

$$\Delta W = \Delta W_{\text{кин}} + \Delta W_{\text{пот}} = \frac{m_a V_1^2 - m_a V_2^2}{2} + m_a g \Delta h = m_a \Delta V \cdot \bar{V}, \quad (3)$$

где  $\Delta h$  – путь, м

$$\Delta h = l \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

$l$  – пройденное расстояние, м;

$\alpha$  – угол уклона дороги ( $\alpha = 0$ ,  $\sin \alpha = 0$ );

$m_a$  – полная масса автомобиля,  $m_a = \text{const}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$\Delta V$  – колебание скорости в данном интервале времени

$$\Delta V = V_1 - V_2, \quad (5)$$

$\bar{V}$  – средняя скорость автомобиля

$$\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}. \quad (6)$$

При проведении тормозных испытания автомобиля по Тип 1, коэффициент поглощения энергии тормозными механизмами автомобиля, зависит от начальной и конечной скоростей торможения автомобиля.

Выражение (2) для единичного торможения будет иметь вид

$$(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}} = \frac{A_{\tau}}{m_a (V_1^2 - V_2^2)}. \quad (7)$$

Для определения суммарного коэффициента поглощения энергии тормозными механизмами автомобиля  $\sum (\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}}$  при многократных (циклических) торможениях необходимо

$$\sum(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}} = \frac{\sum A_{\tau\Sigma}}{\sum \Delta W}. \quad (8)$$

В работе [6] определена суммарная работа трения, совершаемая фрикционными парами тормозных механизмов при многократных (циклических) торможениях

$$A_{\tau\Sigma} = \Delta T \cdot m_a \sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^{T/\Delta T} N_{\tau_{y\partial ij}}, \quad (9)$$

где  $l$  – число  $j$ -ых торможений, составляющих исследуемый цикл;

$\Delta T$  – уменьшение кинетической энергии автомобиля;

$N_{\tau_{y\partial i}}$  – удельная мощность трения в тормозных механизмах, выполненная на  $i$ -ом шаге измерения  $\Delta T_i$ .

Удельная мощность принимается постоянной для каждого шага измерения  $\Delta T_i$ .

Подставляя выражение (3) и (4) в формулу (8) для определения суммарного коэффициента поглощения энергии тормозными механизмами автомобиля  $\sum(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}}$ , оно примет вид

$$\sum(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}} = \frac{A_{\tau\Sigma}}{\sum \Delta W} = \frac{\Delta T \cdot m_a \sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^{T/\Delta T} N_{\tau_{y\partial ij}}}{\sum \frac{m_a}{2} \Delta V \cdot \bar{V}}. \quad (10)$$

Определив значение  $\sum(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}}$ , мы производим расчет этого показателя для стендовых испытаний автомобиля.

При оценке теплового режима тормозных механизмов и нормировании долговечности фрикционных пар необходимо, чтобы коэффициент поглощения энергии тормозными механизмами автомобиля на дороге  $\sum(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}}$  равнялся коэффициенту поглощения энергии тормозными механизмами  $\sum(\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}}$  во время стендовых исследований.

$$\sum(\eta_{\text{погл.С.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}} = \sum(\eta_{\text{погл.Д.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл.}}. \quad (11)$$

### Выводы

1. Полученные результаты позволяют уточнить методику проведения стендовых испытаний за счёт уточнения величины инерционной массы, которая моделирует поступательно движущуюся массу автомобиля, с учётом уточнения доли энергии, приходящейся на тормозные механизмы. При стендовых испытаниях энергия, накопленная маховой массой может быть уменьшена пропорционально доли кинетической энергии, которая поглощается тормозными механизмами при торможении.

2. Предложенный коэффициент поглощения энергии тормозными механизмами автомобиля ( $\eta_{\text{погл.}}^{\text{торм.}})_{\text{цикл}}$  так же может быть использован при проектировании и модернизации тормозных механизмов автомобилей, при проведении сертификации тормозных колодок и тормозных дисков (барабанов), при анализе причин возникновения ДТП.

**Список литературы:** 1. Чудаков Е.А. Теория автомобиля / Е.А. Чудаков. – М. – Л.: Машгиз. – 1940, – 396с. 2. Бухарин Н.А. Тормозные системы автомобилей / Н.А. Бухарин. – Л. – М.: Машгиз. – 1950. – 292с. 3. Бухарин Н. А. Автомобили. Конструкция, нагрузочные режимы, рабочие процессы, прочность агрегатов автомобиля. Учебное пособие для вузов / Бухарин Н. А., Прозоров В. С., Шукин М. М. – Ленинград: «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1973. – 504 с. 4. Дерягин Б.В., Пичугин В.Ф. Граничная вязкость и граничные фазы смазочных пленок // Трение и износ в машинах. Труды Всесоюзной конференции. Том 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1949. – 127с. 5. Пчелин Л.К., Иларионов В.А. Расчет показателей тормозной динамичности автомобиля. // Автомобильная промышленность. – 1976. №1. – с. 19 – 21. 6. Подригало М.А. Теоретическое обоснование и разработка тормозного управления колесных тракторов и трансформируемых энерготехнологических агрегатов: Дис... д-ра техн. наук: 05.05.03. – Харьков, 1993. – 397 с. 7. Подригало М.А., Тарасов Ю.В., Шейн В.С. Применение метода парциальных ускорений для определения энергетического баланса легкового автомобиля при торможении // Вісник НТУ ім. Івана Пулюя. – 2012. №1. – с. 59 – 64.

*Поступила в редколлегию 20.11.2012*

УДК 629.3.017.5

**Оценка доли энергии, поглощаемой тормозными механизмами легкового автомобиля в процессе торможения / В. С. Шейн // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2012. – № 60 (966). – С. 73–77. – Бібліогр.: 7 назв.**

Визначені компоненти рівняння для обчислення долі енергії, що поглинається гальмівними механізмами легкового автомобіля в процесі гальмування, що дозволяє підвищити точність кваліметричної оцінки та уточнити методику проведення стендових випробувань.

**Ключові слова:** гальмівний механізм, енергетичний баланс, частка енергії, тепловий режим, кваліметрична оцінка, гальмівні випробування.

The components of the equation for calculation of energy fraction absorbed by the brakes of the motor car during braking are determined. Thus, it allows improving the accuracy of their qualitative assessment and establish the methods of bench testing.

**Key words:** brake gear, energy balance, share of energy, thermal conditions, qualimetric assessment, brake tests.