

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ НА ГОРНОМ СПУСКЕ

Ю.В. Лысенок

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Наиболее теплонагруженными тормозные механизмы становятся в условиях движения на длинном горном спуске. Именно здесь значительно возрастает число торможений и притормаживаний за короткий промежуток времени. Это приводит к увеличению интенсивности теплообразования и уменьшению времени теплоотвода из зоны трения, следствием чего может быть перегрев поверхностей трения и последующая термодеструкция связующего фрикционного материала, что приводит к отказу тормозного механизма.

Целью исследований является сравнительный анализ теплового режима работы тормозных механизмов автомобилей при движении на горном спуске в условиях: экстренного торможения; притормаживания с целью выдерживания постоянной скорости движения, v_0 ; притормаживания со скорости v_0 до v_1 на длинном спуске (на пример перед поворотом).

Рассмотрим 3 случая торможения и притормаживания автомобиля при движении на горном спуске:

1. Экстренное торможение автомобиля на спуске.

При условии полного использования сцепления шин колес с дорогой на спуске удовлетворяется условие

$$\frac{mv_0^2}{2} + S_T mg \sin \alpha = \varphi S_T mg \cos \alpha,$$

где $mg \sin \alpha$ – движущая сила (проекция силы тяжести на направление движения), $mg \cos \alpha$ – сила нормального давления,

откуда

$$S_T = \frac{v_0^2}{2g(\varphi \cos \alpha - \sin \alpha)}. \quad (1)$$

Если $T = const$, то начальная интенсивность фрикционного тепловыделения в зоне контакта – фрикционная накладка – диск (барабан) – равна

$$q_0 = 2q_{cp} = \frac{m(v_0^2 + 2S_T g \sin \alpha)}{nA_a t_T}, \quad (2)$$

где $t_T = \frac{S_T}{v_{cp}} = \frac{2S_T}{v_0}$.

$$\alpha_T = \frac{K_{83} \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot c_1 \cdot \rho_1}}{K_{83} \cdot \sqrt{\lambda_1 \cdot c_1 \cdot \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 \cdot c_2 \cdot \rho_2}}.$$

Выражения для расчета средних приращений температур поверхностей трения диска (барабана) в этом случае принимают вид [2, 3]:

- для сплошного диска:

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вс}} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta_2'(0, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вс}} q_0 h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta_2''(0, Fo_2), \quad (3)$$

где $\Theta_2'(0, Fo_2) = Fo_2 + \frac{1}{3} + \sum A_n' \cos \mu_n \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2)$,

$$\Theta_2''(0, Fo_2) = \frac{Fo_2^2}{2} + \frac{Fo_2}{3} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n'' \cos \mu_n \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2),$$

$$Fo_2 = \frac{a_2 t}{h_2^2}, \mu_n = n\pi, A_n' = (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^2}, A_n'' = (-1)^{n+1} \frac{2}{\mu_n^4};$$

- для “вентилируемого” диска (барабана),

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{\text{вс}} h_2}{\lambda_2} \Theta_2'''(0, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) q_0 K_{\text{вс}} h_2^3}{t_T \lambda_2 a_2} \Theta_2''(0, Fo_2), \quad (4)$$

где $\Theta_2'''(0, Fo_2) = 1 + \frac{1}{Bi_2} - \sum_{n=1}^{\infty} A_n''' \times \exp(-\mu_n^2 Fo_2)$,

$$Bi_2 = \frac{\alpha'' h_2}{\lambda_2}, \operatorname{ctg} \mu_n = \frac{1}{Bi_2} \mu_n, A_n''' = \frac{2(\mu_n^2 + Bi_2^2)}{\mu_n^2(\mu_n^2 + Bi_2^2 + Bi_2)}.$$

2. Притормаживание автомобиля на длинном горном спуске с целью выдерживания постоянной скорости v_0 .

В этом случае часть работы проекции силы тяжести на направление движения автомобиля, равную $(1 - \beta) S_T m g \sin \alpha$, гасят силы трения в кинематических парах трансмиссии. Чем выше передача, тем больше значение β . Каждый же тормоз поглощает энергию, соответствующую величине $\beta S_T m g \sin \alpha$.

Тогда интенсивность фрикционного тепловыделения в зоне трения

$$q_0 = q_{\text{ср}} = \frac{\beta S_T m g \sin \alpha}{n A_a t_T} = \text{const},$$

где $t_T = \frac{S_T}{v_0}$.

Формулы для расчета средних приращений температур на поверхностях трения диска (барабана) при $q_2 = (1 - \alpha_T) q_0 = \text{const}$ имеют вид:

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta_2'(0, Fo_2); \quad (5)$$

- для сплошного диска

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta_2'''(0, Fo_2); \quad (6)$$

- для “вентилируемого” диска и барабана.

3. Притормаживание автомобиля со скорости v_0 до v_1 на длинном горном спуске.

В условиях притормаживания автомобиля с $T = \text{const}$ скорость изменяется по линейной зависимости

$$v(t) = v_0 \left(1 - \frac{v_0 - v_1}{v_0} \cdot \frac{t}{t_T} \right),$$

где $t_T = \frac{2S_T}{v_0 + v_1}$.

Выражение для расчета средних приращений температур поверхностей трения в тормозах в этом случае принимает вид:

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta_2'(0, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} q_0 (v_0 - v_1) h_2^3}{v_0 t_T \lambda_2 a_2} \Theta_2''(0, Fo_2); \quad (7)$$

- для сплошного диска

$$\vartheta_2(0, Fo_2) - \vartheta_0 = \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} q_0 h_2}{\lambda_2} \Theta_2'''(0, Fo_2) - \frac{(1 - \alpha_T) K_{\text{вз}} q_0 (v_0 - v_1) h_2^3}{v_0 t_T \lambda_2 a_2} \Theta_2''(0, Fo_2); \quad (8)$$

- для “вентилируемого” диска и барабана.

Сравнительный анализ теплового режима работы тормозных механизмов автомобилей при движении на горном спуске показал, что средние приращения температур в зоне трения зависят от технико-эксплуатационных параметров автомобилей, теплофизических свойств материалов фрикционной накладки и тормозного диска, а также конструктивных особенностей тормозных механизмов. Результаты теплового расчета позволяют выявить наиболее теплонагруженные конструкции тормозов и являются основанием для их совершенствования.

Обозначения:

$A_{a_{1,2}}$ – номинальные площади контакта фрикционной накладки и диска (барабана); $Bi_{1,2}$ – число Био; $Fo_{1,2}$ – число Фурье; g – ускорение свободного падения тела; h_2 – толщина “вентилируемого” диска и полутолщина сплошного диска; $K_{\text{вз}}$ – коэффициент взаимного перекрытия; m – полная масса; m^* – масса, приходящаяся на один тормоз; n – количество фрикционных накладок; q – интенсивность фрикционного тепловыделения; $q_{\text{ср}}$ – средняя интенсивность фрикционного тепловыделения;

q_0 – начальная интенсивность фрикционного тепловыделения; q_1, q_2 – тепловые потоки в фрикционную накладку и диск (барабан); S_T – тормозной путь; t – время; t_T – полное время торможения; v_0 – начальная скорость торможения машины; v_1 – конечная скорость притормаживания машины; α – угол наклона дороги к горизонту; α' – коэффициент теплоотдачи со стороны $z_2 = h_2$; α_T – коэффициент распределения тепловых потоков; β – часть работы силы тяжести, приходящаяся на тормоза; φ – коэффициент сцепления; $\lambda_{1,2}, c_{1,2}, \rho_{1,2}, a_{1,2}$ – теплопроводность, теплоемкость, плотность, температуропроводность фрикционной накладки и диска (барабана); ϑ_2 – температура диска (барабана); ϑ_0 – начальная температура.

Литература

1. Балакин В.А., Сергиенко В.П. Тепловые расчеты тормозов и узлов трения. – Гомель: ИММС НАН РБ, 1999.
2. Балакин В.А., Сергиенко В.П., Родзевич П.Е., Лысенко Ю.В. Сравнительный анализ тепловой нагруженности тормозов грузовых автомобилей //Трение и износ. – 22 (2001). – № 2, С. 123-126.
3. Балакин В.А., Сергиенко В.П., Лысенко Ю.В. Тепловой режим работы тормозов карьерных самосвалов БелАЗ в условиях их экстренного торможения //Трение и износ. – 22 (2001). – № 5, С. 520-526.
4. Балакин В.А., Сергиенко В.П., Лысенко Ю.В. Теплофизические процессы в зоне фрикционного контакта //Трение и износ. – 22 (2001). – № 1. – С. 3-7.
5. Балакин В.А., Сергиенко В.П., Лысенко Ю.В. Температурные задачи трения //Трение и износ. – 23 (2002). – № 3. С. 258-267.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИОННЫХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

А.В. Кухаренко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Ю.Л. Бобарикин

В практике существует проблема точной оценки деформационных и силовых параметров холодной прокатки тр. В настоящей работе представлена методика расчета этих параметров.

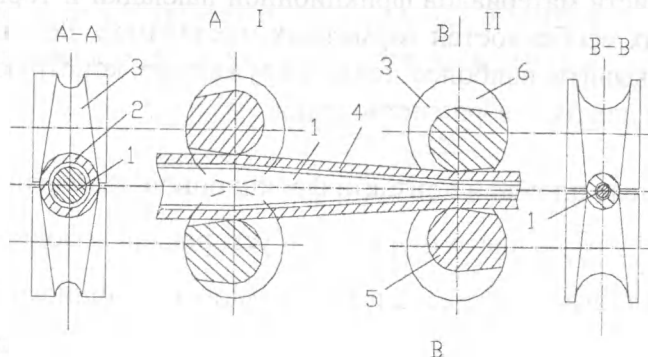


Рис. 1. Схема прокатки труб на стане ХПТ: 1 – коническая оправка; 2 – кольцевой зазор; 3 – ручей калибров; 4 – прокатываемая труба; 5 – рабочие валки (I-переднее и II-заднее положения клетки)