

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛ ТОРМОЗНОГО НАЖАТИЯ КОЛОДОК НА КОЛЕСА ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Представлено результати дослідження розподілу сил натиснення гальмівних колодок на колеса при гальмуванні в залежності від розташування колісної пари на вантажному вагоні. Отримані статистичні характеристики величин сил натиснення для навантаженого і порожнього вагонів, а також імовірність появи повзунів на поверхні коліс. Показано, що найбільш навантаженими є внутрішні колісні пари.

Представлены результаты исследования распределения сил нажатия тормозных колодок на колеса при торможении в зависимости от расположения колесной пары на грузовом вагоне. Получены статистические характеристики величин сил нажатия для груженого и порожнего вагонов, а также вероятность появления ползун на поверхности колес. Показано, что наиболее нагруженными являются внутренние колесные пары.

Results of research of distribution of pressure forces of the brake blocks on wheels during braking in dependence on arrangement of the wheel pair on a freight car are presented. Statistical characteristics of values of the pressure forces for loaded and empty cars, and also probability of appearance of defects on a wheel surfaces are obtained. It is shown that internal wheel pairs are the most loaded.

При проведении расчетных исследований тормозных характеристик и тормозной эффективности грузового вагона принимается, что силы нажатия колодок на колеса распределяются равномерно, а максимальная величина передаточного отношения тормозной рычажной передачи определяется, исходя из выполнения условий недопущения юза во всем диапазоне скоростей в начале торможения. Однако, как показывает опыт эксплуатации, ползуны на поверхности колесных пар являются одним из основных видов повреждений.

Многочисленные экспериментальные исследования свидетельствуют, что силы нажатия тормозных колодок на колеса распределяются неравномерно не только по осям вагона, но и в границах одной колесной пары. Такая неравномерность обусловлена особенностью передачи усилий с помощью системы тяг и рычагов.

Измерения сил нажатия тормозных колодок на колеса проводились для груженого и порожнего грузовых вагонов (рис. 1) (полувагоны, цистерны, платформы и т.д.) с использованием динамометров. В качестве статистического закона распределения величин действительных сил нажатия принимался нормальный закон.

Доверительные интервалы для математического ожидания определялись по формуле [2]:

$$\bar{x} - z_{p_1} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} < a < \bar{x} + z_{p_2} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \quad (1)$$

где  $\bar{x}$  – выборочное среднее из  $n$  независимых опытов;

$a$  и  $\sigma^2$  – математическое ожидание и дисперсия случайной величины  $x$ ;

$z_p$  – квантиль нормированного нормального распределения.

Результаты статистической обработки измерений действительных сил нажатия колодок на колесные пары (рис. 2 и 3) свидетельствуют, что наиболее нагруженными при торможении являются внутренние колесные пары, а силы нажатия с вероятностью 0.9983 изменяются в пределах для порожнего вагона от 0.432 тс до 1.121 тс, для груженого – от 1.429 тс до 2.502 тс.

Для определения вероятности появления юза, вызванного неравномерным распределением сил осевого нажатия колодок на колеса при торможении, используется основное условие отсутствия юза [3]:

$$\delta_p \cdot \varphi_{кр} \leq [\psi_r], \quad (2)$$

где  $\delta_p$  – расчетный тормозной коэффициент;

$\varphi_{кр}$  – расчетный коэффициент трения тормозных колодок, который определяется по формуле

$$\varphi_{кр} = 0,36 \cdot \frac{V + 150}{2 \cdot V + 150}, \quad (3)$$

где  $V$  – скорость, км/ч;

$[\psi_r]$  – расчетный предельный коэффициент сцепления колес с рельсами при торможении, обусловленный из выражения:

$$[\psi_r] = \psi(q_0) \cdot \psi(V), \quad (4)$$

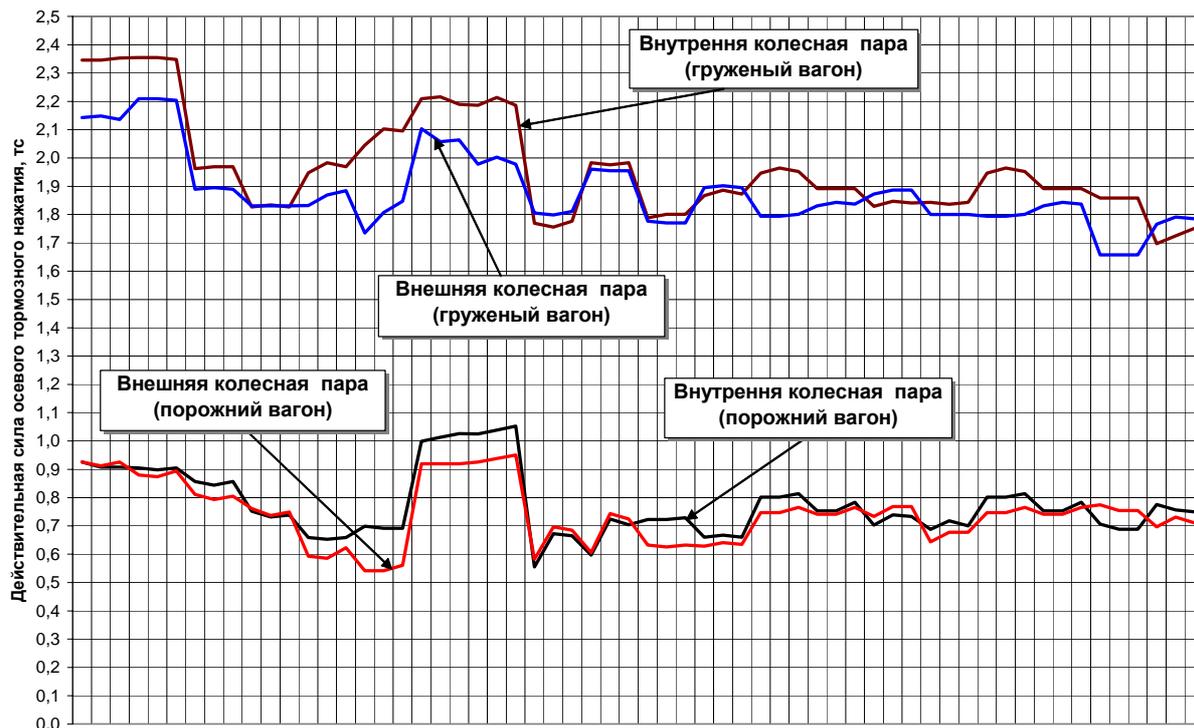


Рис. 1. Распределение действительных сил тормозного нажатия колодок на внешние и внутренние колесные пары для грузового вагона

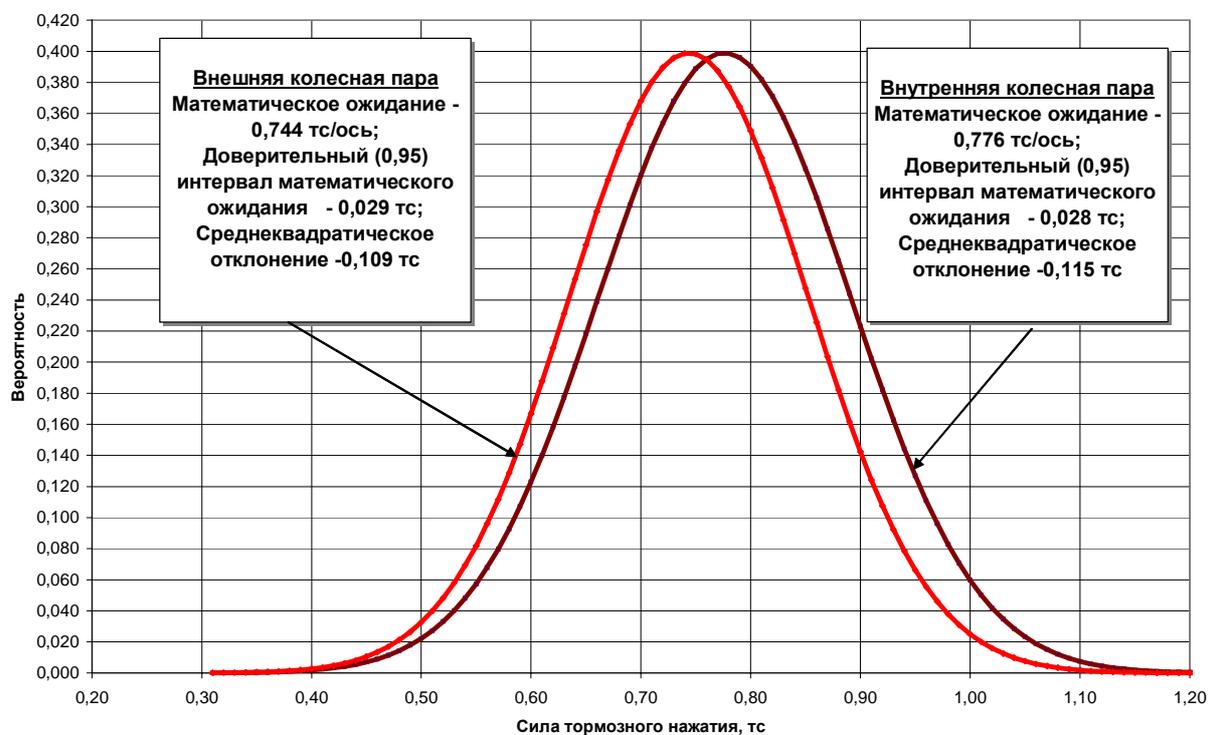


Рис. 2. Плотность распределения действительных сил нажатия тормозных колодок для порожнего вагона

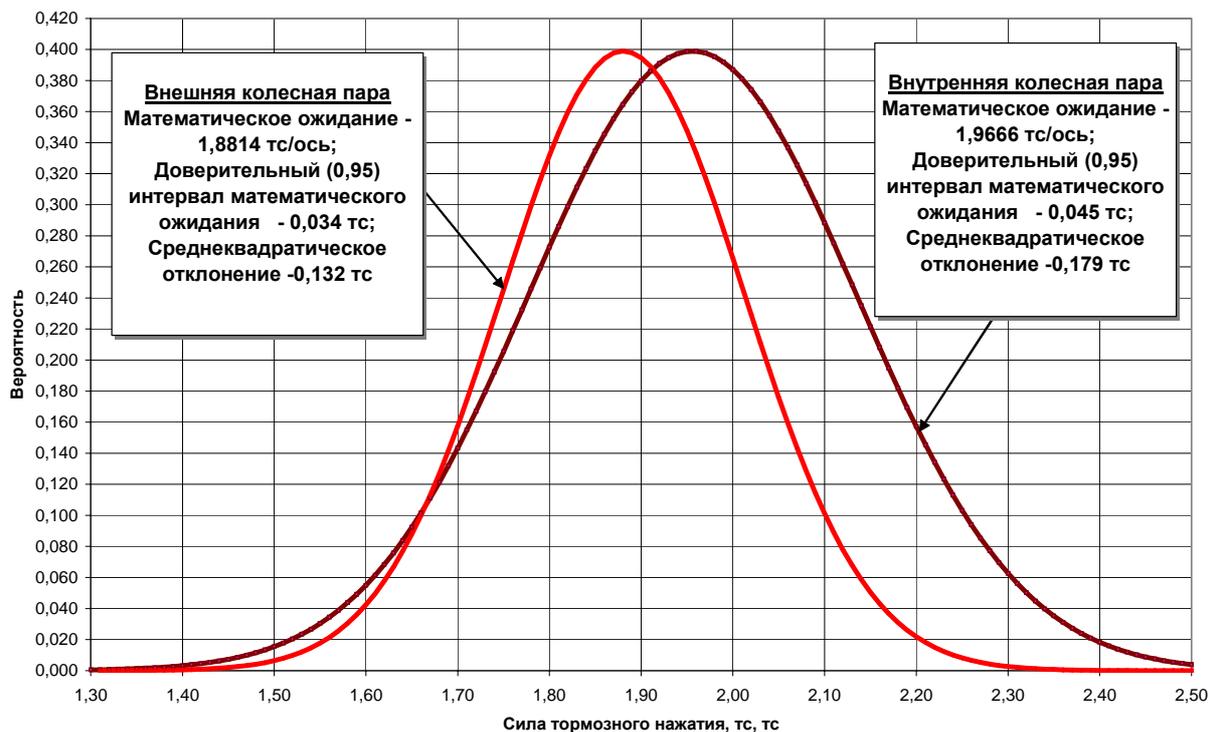


Рис. 3. Плотность распределения действительных сил нажатия тормозных колодок для груженого вагона

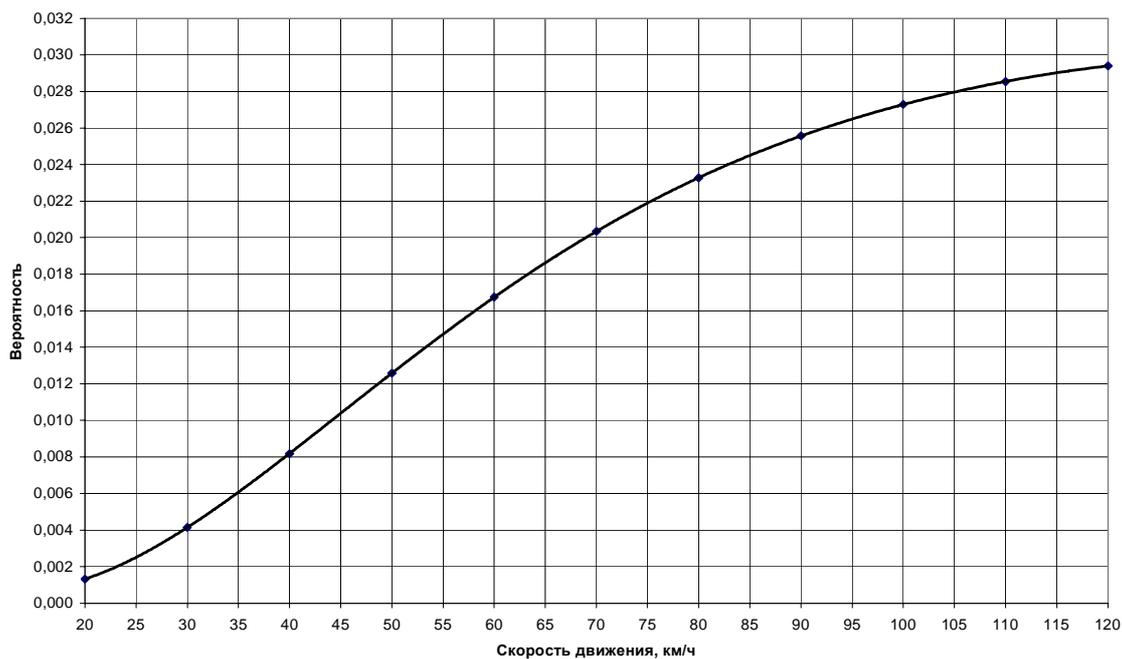


Рис. 4. Вероятность появления ползунов на колесных парах для порожнего вагона

$$\psi(q_0) = 0,17...0,0015 \cdot (q_0 - 5), \quad (5)$$

$$\psi(V) = \frac{V + 81}{2,4 \cdot V + 81}, \quad (6)$$

$q_0$  – осевая нагрузка вагона, тс.

Дальнейшие расчеты проводились относительно наиболее массового типа грузовых вагонов – полувагонов с осевой нагрузкой 23.5 тс и массой тары 23 т.

Из уравнения (2) определялся предельно допустимый расчетный тормозной коэффициент в

диапазоне скоростей 20...120 км/ч.

Исходя из полученного расчетного коэффициента тормозного нажатия, массы тары и брутто вагона, определялась допустимая расчетная сила ( $K_p$ ), а из формулы для вычисления расчетной силы нажатия – действительная сила нажатия ( $K_d$ ):

$$K_p = 1.22 \cdot K_d \frac{K_d + 20}{4 \cdot K_d + 20}. \quad (7)$$

Выполненные расчеты показали:

– силы осевого тормозного нажатия колодок на колеса при торможении распределяются неравномерно, наиболее нагруженными являются внутренние колесные пары;

– вероятность появления ползунов на поверхности колес для порожнего вагона, вызванное неравномерным осевым тормозным нажатием, увеличивается с повышением скоро-

сти движения (рис. 4).

С целью уменьшения повреждаемости колесных пар рекомендуется применять тормозные системы с отдельным торможением на каждую тележку или дисковые тормоза.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Степанов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985.
2. Львовский. Э. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высш. шк., 1988.
3. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: Гос. НИИВ-ВНИИЖТ, 1983.

Поступила в редакцию 20.11.2007.