

Ю.Я. Водяников, Т.В. Шелейко, А.М. Сафронов

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ СТЕНДОВЫХ
ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНОГО БЛОКА ДИСКОВОГО ТОРМОЗА**

Предложены математические зависимости для определения коэффициентов трения диск-накладка по результатам стендовых испытаний, которые базируются на основных принципах математической статистики.

Одной из важнейших задач испытаний является получение достоверных результатов, которые адекватно характеризуют исследуемый объект. Достоверность результатов исследования определяется математическим аппаратом, используемым для интерпретации измеряемых величин. Поэтому вопросы, связанные с обработкой испытаний, в том числе и стендовых, являются актуальными.

В процессе стендовых испытаний тормозного блока измерению и регистрации подлежат параметры, указанные на рис. 1.:

Для обработки результатов испытаний используются статистические методы [1].

Среднее значение коэффициента трения μ_m определяется путем интегрирования мгновенного значения коэффициента трения μ_a по тормозному пути S_2 (путь от момента достижения силы нажатия F_b величины 95 % F_b - максимальной силы нажатия) до остановки:

$$\mu_m = \frac{1}{S_2} \cdot \int_0^{S_2} \mu_a \cdot dS \quad (1)$$

Мгновенное значение коэффициента трения μ_a в любой момент времени торможения определяется отношением силы торможения F_t , которая соответствует этому моменту, к силе нажатия F_b :

$$\mu_a = \frac{F_t}{F_b}; \quad (2)$$

Среднее значение коэффициента трения $\bar{\mu}_{m,i}$ для скорости V_i определяется по формуле:

$$\bar{\mu}_{m,i} = \frac{\sum_{j=1}^k S_{2,j} \cdot \overline{\mu_{a,j}}}{\sum_{j=1}^k S_{2,j}}; \quad (3)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

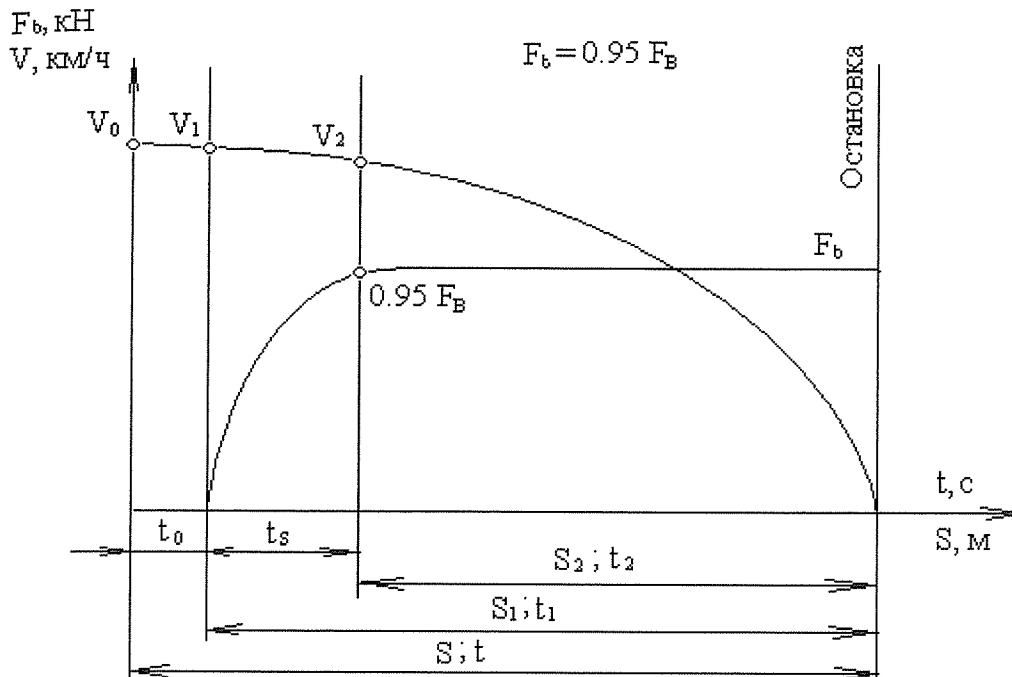


Рис. 1 Определяемые параметры

- F_B - общее номинальное контактное усилие на диск, кН;
- F_t - общее мгновенное контактное усилие на диск, кН;
- V_0 - фактическая скорость в начале торможения, км/ч;
- V_1 - скорость в начале возрастания усилия F_t , км/ч;
- V_2 - скорость в момент, когда $F_t = 0.95 F_B$, км/ч;
- S - тормозной путь от начала торможения до остановки, м;
- t - общее время торможения, с;
- S_1 - тормозной путь от начала возрастания усилия F_t до остановки, м;
- t_1 - время торможения, соответствующее S_1 , с;
- S_2 - тормозной путь от момента, когда $F_t = 0.95 F_B$ до остановки, м;
- t_2 - время торможения, соответствующее S_2 , с.

где S_{2j} - тормозной путь измеренный при j -ом торможении со скоростью V_j ;

k - количество торможений со скоростью V_j ;

$\bar{\mu}_{a,j}$ - среднее значение мгновенных коэффициентов трения, полученных для скорости V_j при j -ом торможении:

$$\bar{\mu}_{a,j} = \sum_{l=1}^{n_j} \frac{\mu_{a,l,j}}{n_j}; \quad (4)$$

$\mu_{a,l,j}$ - мгновенный коэффициент трения, соответствующий l -му измерению при j -ом торможении со скоростью V_j ;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

n_j - число измеренных значений мгновенных коэффициентов трения при j -ом торможении со скоростью V_j ;

Если собственный момент инерции стэнда I_c (кгм²) не идентичен расчетному моменту инерции, то массу, которую необходимо затормозить, необходимо откорректировать за счет изменения скорости торможения V :

$$V_k = K \cdot V,$$

где $K = \sqrt{\frac{I_p}{I_c}}$

Мгновенное значение тормозного пути S_0 (м) определяется по числу оборотов диска N_t от начала торможения до текущего момента времени (t_d):

$$S_a = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot N_t \quad (5)$$

Среднее значение коэффициента трения в исследуемом диапазоне скоростей определяется по формуле:

$$\mu_m = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{S}_{2,i} \cdot \bar{\mu}_{m,i}}{\sum_{i=1}^N \bar{S}_{2,i}} \quad (6)$$

где $\bar{S}_{2,i}$ - среднее значение тормозного пути, полученное при торможениях со скоростью V_i ;

$$\bar{S}_{2,i} = \frac{\sum_{j=1}^k S_{2,j}}{k} \quad (7)$$

$\bar{\mu}_{m,i}$ - среднее значение коэффициента трения, полученное при торможениях со скоростью V_i ;

k - общее число торможений со скоростью V_i ;

N - число диапазонов скоростей, для которых проводятся стэндовые испытания дискового тормоза.

Алгоритм определения среднего коэффициента трения, минимальных и максимальных значений при скорости V_i состоит в определении среднего значения (математического ожидания) $\bar{\mu}_{m,i}$ и стандартного отклонения $\bar{\sigma}_i$:

$$\bar{\mu}_{m,i} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \mu_{a,j}}{n_i}; \quad (8)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n_i} (\mu_{a,j} - \bar{\mu}_{m,i})^2}{(n_i - 1)}}; \quad (9)$$

где $\mu_{a,j}$ - мгновенный коэффициент трения, соответствующий j -му измерению;

n_i - общее количество измеренных мгновенных значений коэффициентов трения при скоростях V_i во всех опытах.

Интервал изменения (минимальное и максимальное) значения среднего коэффициента трения для скорости V_i определяется при доверительной вероятности 0,95 (уровень значимости 0,05) по формуле:

$$\mu_m(V_i) = \bar{\mu}_{m,i} \pm 1.96 \frac{\sigma_i}{n_i}; \quad (10)$$

Приведенные математические зависимости позволяют наиболее точно определить характеристики тормозного блока.

ЛИТЕРАТУРА

1. М.Н. Степанов. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. - М.: Машиностроение, 1985 г.