

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ТОРМОЗНОМ ДИСКЕ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА ПРИ ЭКСТРЕННЫХ ТОРМОЖЕНИЯХ

Наведено результати дослідження температури гальмівного диска пасажирського вагона при екстремних гальмуваннях. Виміри температури диска проводилися на вході, у середній частині і виході з накладки по ходу обертання колеса. Показано, що максимальні температури виникають на виході диска з накладки. Результати дослідження можуть бути використані для оцінки міцності гальмівного диска.

Представлены результаты исследования температуры тормозного диска пассажирского вагона при экстремных торможениях. Замеры температуры диска проводились на входе, в средней части и выходе из накладки по ходу вращения колеса. Показано, что максимальные температуры возникают на выходе диска из накладки. Результаты исследования могут быть использованы для оценки прочности тормозного диска.

The results of temperature measurements in the brake disc of a passenger car within the speed range of the emergency braking (40...120 km/h) are given in the article. The temperature measurements were made at the entrance, mid-range and exit of the disc from the brake lining in the direction of rolling. The diagrams of the temperature changes which depend upon braking time and running speed are presented. It is shown that maximum temperature values are in the area of disc exit from the brake lining during the rolling. The analytical dependences of the disc heating temperature upon the speed at the beginning of the braking operation are obtained.

Принятое направление на создание высокоскоростного (до 200 км/ч и более) движения пассажирских составов локомотивной тяги невозможно без обеспечения подвижного состава высокоэффективной тормозной системой. К таким системам, в первую очередь, следует отнести тормозные системы с дисковыми тормозами и противоюзным устройством.

Важнейшей составной частью дисковой тормозной системы является тормозной диск, подвергающийся при торможении значительным силовым воздействиям, к основным из которых следует отнести температурные. Поэтому вопросы, связанные с распределением температурных полей в тормозном диске при торможении, являются актуальными.

Исследования распределения температуры в тормозном диске при экстремных торможениях проводились на пассажирском вагоне Крюковского вагоностроительного завода, оборудованного дисковыми тормозами, на магистральных железнодорожных путях путем многократных последовательных экстремных торможениях в диапазоне скоростей в начале торможения 40...120 км/ч. Температуры в диске замерялись в области накладки: на входе, средней части и выходе диска из накладки по направлению вращения колеса (рис. 1).

Анализ результатов замеров температуры в диске свидетельствует (рис. 1–3) о неоднородном распределении температуры диска в

зоне накладки. Повышение температуры, в зависимости от скорости в начале торможения, представлено на рис. 4–6.

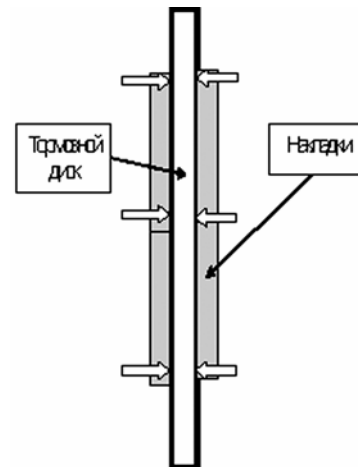


Рис. 1. Схема расстановки термодатчиков

Анализ полученных результатов показывает, что максимальная температура диска при экстремных торможениях возникает на выходе диска из накладки и достигает своего наибольшего значения за время равное половине общего времени торможения, причем максимальная скорость повышения температуры составила 34,67 °C/c; изменения температуры диска в средней части накладки имеет более равномерный характер и характеризуется максимальным градиентом температуры –6,8 °C/c; на входе в накладку градиент температуры составил 2,45 °C/c.

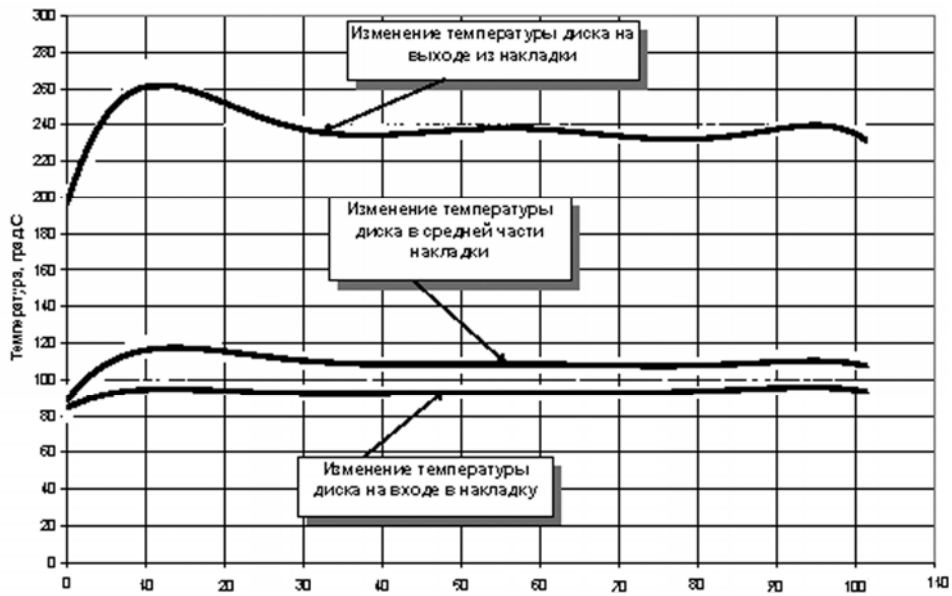


Рис. 2. Изменение температуры диска в зоне накладки при скорости 40 км/ч

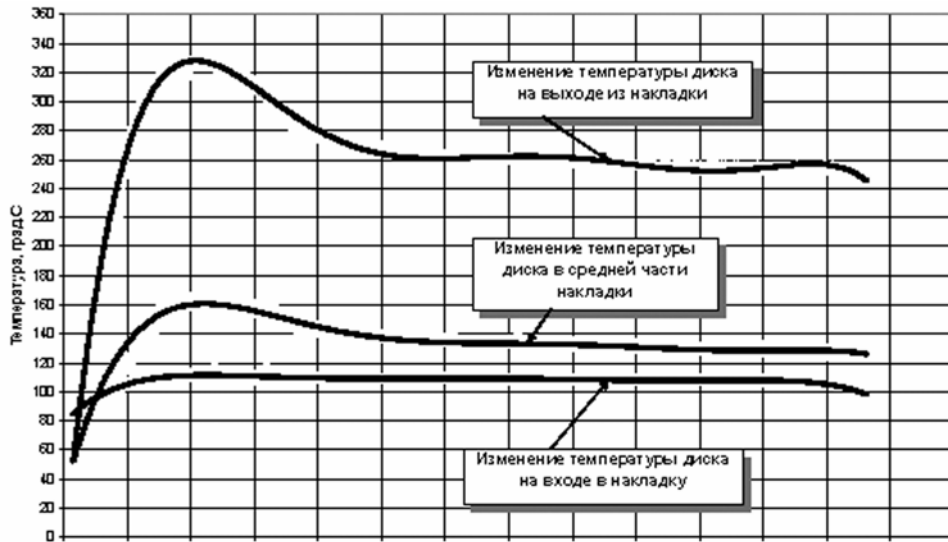


Рис. 3. Изменение температуры диска в зоне накладки при скорости 80 км/ч

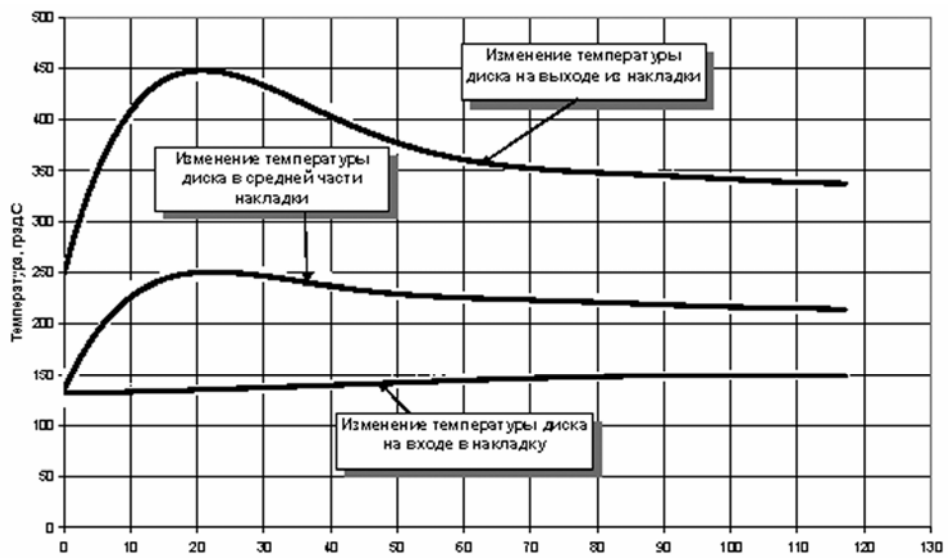


Рис. 4. Изменение температуры диска в зоне накладки при скорости 120 км/ч

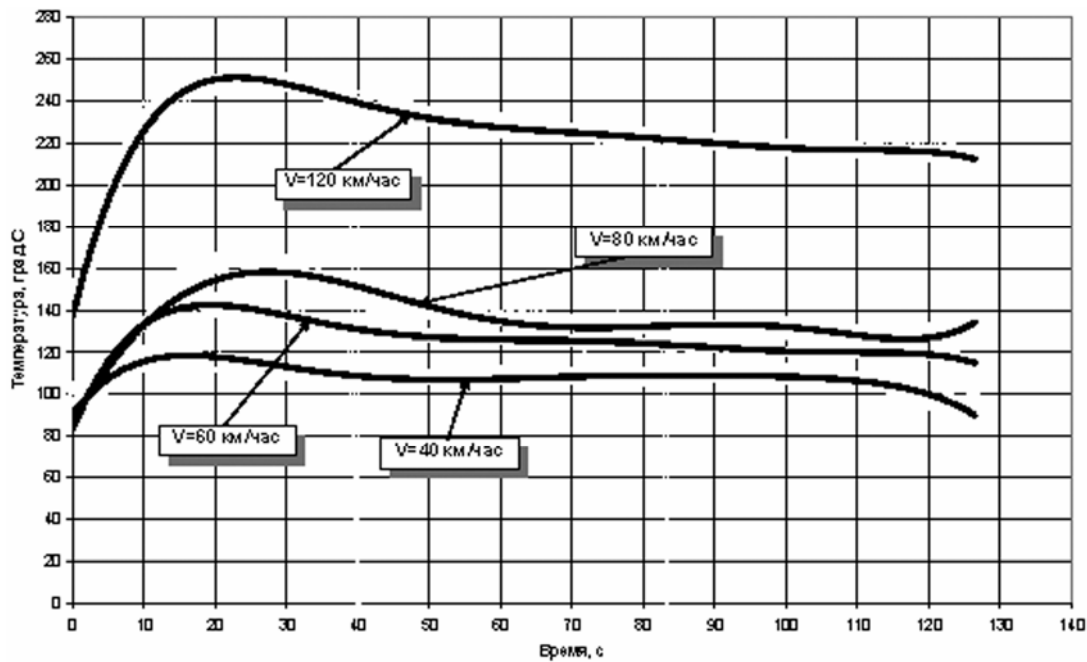


Рис. 5. Изменение температуры диска от скорости в начале торможения в области входа в накладку по направлению вращения колеса

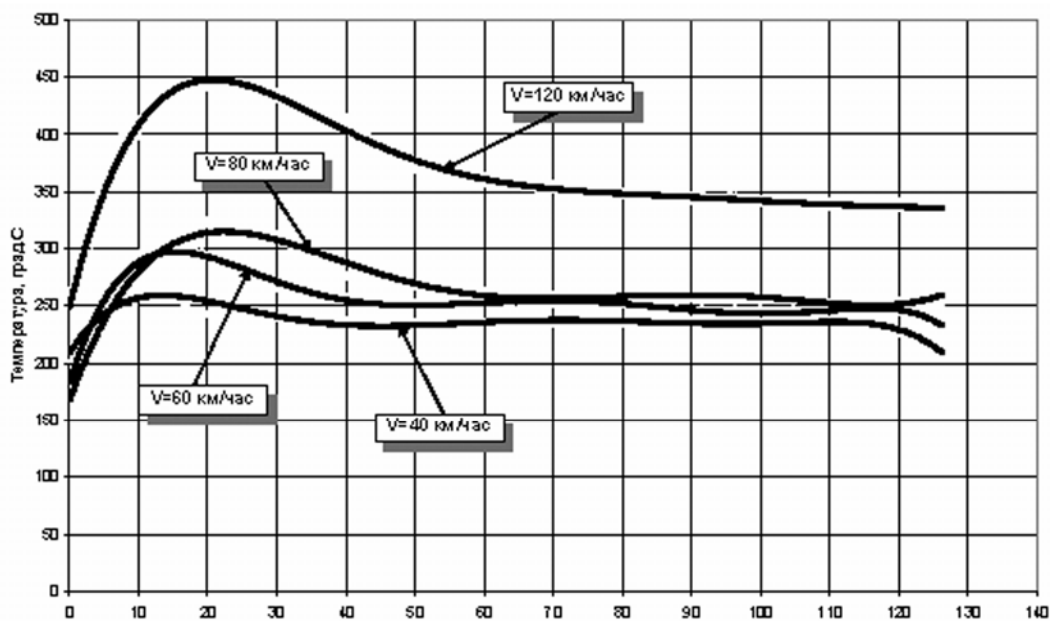


Рис. 6. Изменение температуры диска от скорости в начале торможения в средней части накладки

Данные испытаний подвергались статистической обработке с последующей аппроксимацией аналитическими зависимостями температуры в диске от скорости движения и времени торможения.

Для получения аналитической зависимости изменения температуры в диске от скорости в начале торможения использовался метод наименьших квадратов [1], при этом выбор уравнения проводился по максимальному значению  $R^2$  – достоверности аппроксимации, определяемое по формуле

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [T_i - F(V_i)]^2}{\sum_{i=1}^n T_i^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}\right)^2}, \quad (1)$$

где  $F(V_i)$  – аналитическая функция, описывающая изменение температуры диска от скорости в начале торможения;  $V_0$  – скорость в начале торможения, км/ч.

Расчеты показали, что изменение температуры в диске от скорости в начале торможения на выходе и в средней части накладки описывается логарифмической зависимостью, а на входе – квадратичной (рис. 7).

Максимальные температуры диска вдоль накладки описываются линейной зависимостью и представлены на рис. 8.

В процессе проведения поездных испытаний проводились замеры температуры диска вне зоны накладки с помощью дистанционного лазерного пирометра непосредственно после остановки вагона, которые показали, что после ряда последовательных торможений методом «бросания» максимальные температуры при скоростях 160 км/ч и выше не превысили 260 °С (рис. 9).

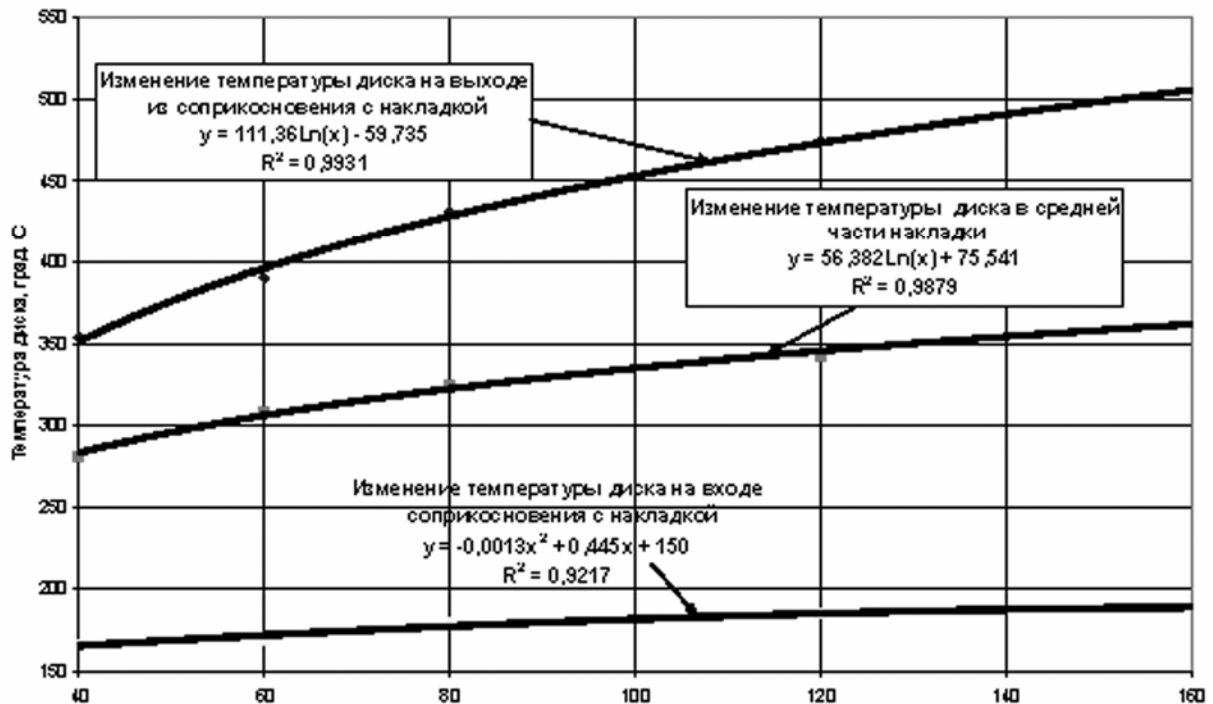


Рис. 7. Изменение температуры диска от скорости в начале торможения на выходе из накладки по ходу движения

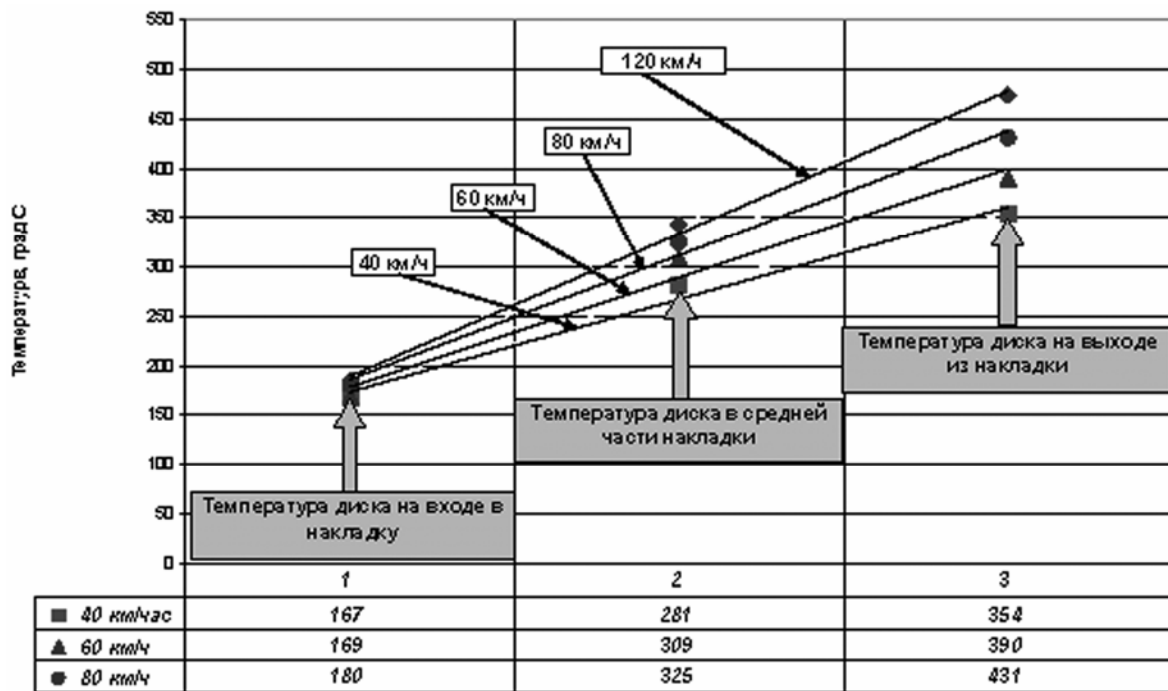


Рис. 8. Максимальные значения температуры в диске, в зависимости от скорости в начале торможения

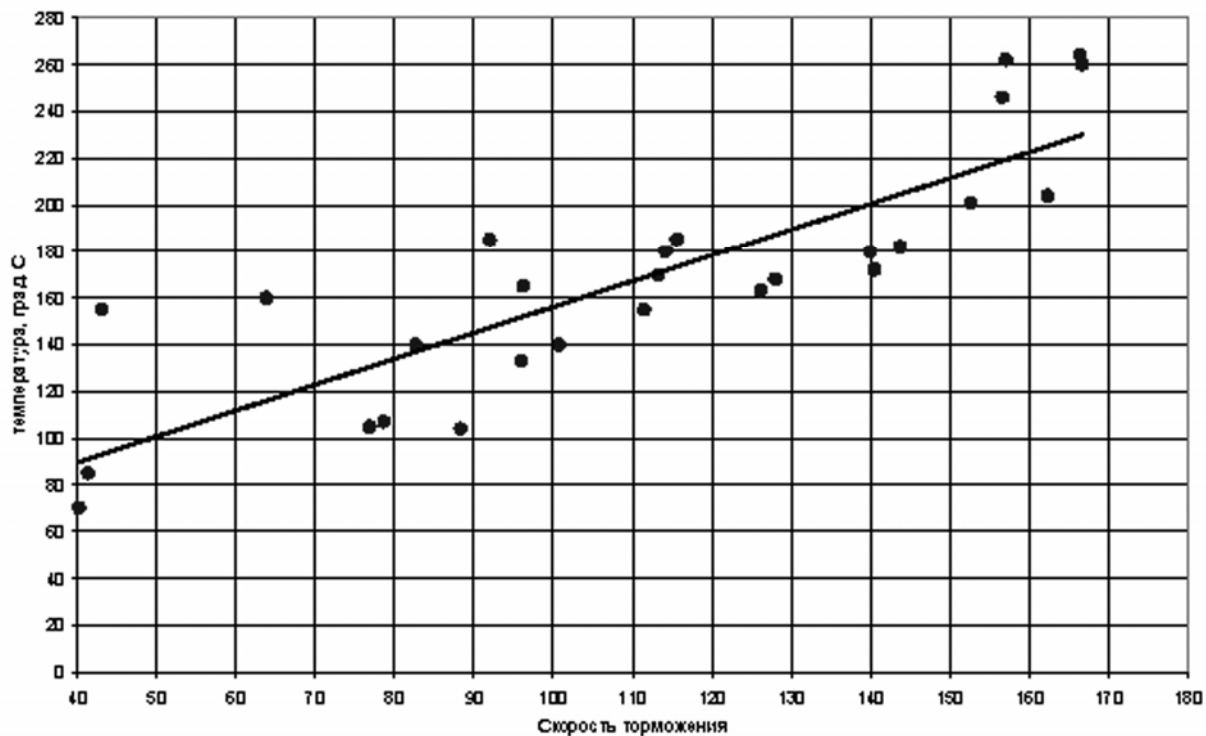


Рис. 9. Изменение температур диска вдоль накладки

На основании выполненных исследований установлено:

1. Температура диска вдоль накладки изменяется по линейному закону от минимального значения на входе до максимального на выходе по ходу вращения колеса.

2. Максимальные значения температуры диска достигаются на выходе из накладки.

3. Изменение температуры диска от скорости в начале торможения в средней части накладки и на выходе из накладки описывается логарифмической зависимостью, на входе в накладку – квадратичной.

4. Максимальная температура диска при скорости 160 км/ч может составить 196, 362 и

505 °С соответственно на входе, в средней части и выходе из накладки.

5. Температуры в диске достигают максимального значения за время равное половине времени от начала торможения до полной остановки вагона.

6. Вне зоны накладки температура диска не превышает 200 °С.

7. Результаты исследования могут быть использованы для оценки прочности диска.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Е. Н. Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высш. шк., 1988.

Поступила в редколлегию 09.02.2006.