

ТЕПЛОВАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ ФРИКЦИОННЫХ УЗЛОВ ТОРМОЗА ПРИ РАЗЛИЧНОМ ДИАМЕТРЕ КОЛЕСНЫХ ПАР

Э. И. ГАЛАЙ, П. К. РУДОВ, Е. Э. ГАЛАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Тепловая нагруженность фрикционного узла «колодка – колесо» грузовых вагонов в последнее время исследуется при торможении с авторежимом [1], причем тормозная сила определяется с момента запуска тормоза, когда сила нажатия тормозных колодок K повышается от 0 до максимума, соответственно, тепловой поток $q(t)$ нелинейно возрастает при наполнении тормозных цилиндров сжатым воздухом, а затем уменьшается при снижении скорости в результате торможения, а сила нажатия колодок остается максимальной.

Работу фрикционного узла «тормозная колодка – колесо» принято рассматривать на груженом режиме воздухораспределителя и максимальной скорости движения, хотя, как правило, при композиционных колодках тормозную систему грузовых вагонов включают на средний режим.

Время создания максимального давления в тормозном цилиндре на груженом режиме $p_{ц} = 0,38...0,43$ МПа зависит от удаления вагона от крана машиниста и типа воздухораспределителя. По мере наполнения тормозных цилиндров изменяются сила нажатия тормозных колодок, скорость движения и, следовательно, коэффициент трения.

В тяговых расчетах [2, 3], при определении времени подготовки тормозов к действию t_n , принято считать для грузовых составов длиной от 200 до 300 осей $t_n = 7...10$ с, а более 300 осей $t_n = 12$ с, хотя фактически оно зависит от длины состава, но расчет для поезда ведется по среднему вагону при максимальной силе нажатия колодок. Следует, очевидно, учитывать, что тепловая нагруженность фрикционного узла различается при разном диаметре колес.

Удельная тормозная сила $b_r(v)$, реализуемая в процессе экстренного торможения, зависит от постоянных величин: силы нажатия тормозных колодок и осевой нагрузки, и переменной величины – расчетного коэффициента трения, который изменяется в зависимости от линейной скорости v движения экипажа (поезда).

В то же время фактически угловая скорость вращения ω колесной пары влияет на величину коэффициента трения ϕ_k и он будет разным при линейной скорости v , но разных диаметрах колес в поезде. Однако формулы для расчета коэффициента трения учитывают только линейную скорость движения.

Тормозная сила и тепловая нагруженность фрикционного узла различаются при максимальном диаметре колеса D_1 и меньшем D_2 , когда колесо делает больше оборотов, и угловая скорость ω_2 оказывается больше у изношенной колесной пары, чем у новой (рисунок 1). В процессе торможения колодка прижимается к поверхности катания колеса меньшего диаметра за больший промежуток времени, и нагрев фрикционного узла идет сильнее, что ведет к уменьшению коэффициента трения $\phi_{k2} < \phi_{k1}$ при одной и той же линейной скорости v .

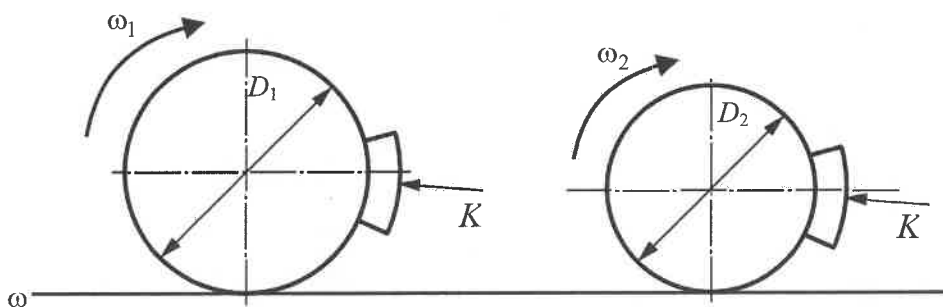


Рисунок 1 – Схема движения колесных пар разного диаметра в поезде

Фактически тепловая нагруженность определяется рядом факторов:

- начальной и конечной скоростями торможения; снижение скорости при торможении, как правило, имеет линейную временную зависимость;
- диаметром колеса и связанной с ним частотой вращения при данной скорости;
- силой трения, развиваемой в зоне фрикционного контакта.

Перенос теплоты от зоны трения в глубь колодки и в колесо осуществляется упругими тепловыми колебаниями микрочастиц и тепловым движением электронов проводимости [4–8]. Фронт нагрева распространяется по контактирующим элементам с некоторой конечной скоростью. Температурный режим фрикционного узла зависит от плотности входящего в него теплового потока. При уменьшении скорости движения поезда при экстренном торможении до полной остановки тепловые потоки также снижаются. Тормозные колодки при торможении находятся в контакте с колесами на длине дуги l , а нагреваемая поверхность катания колеса на длине $2\pi R - l$ при одностороннем или $2\pi R - 2l$ при двухстороннем нажатии путем конвекции передает часть тепла в окружающую среду. Эта часть тепла в реальных условиях является трудноопределяемой величиной, поскольку зависит от ряда объективных факторов (скорость движения, материал тормозных колодок) и чисто случайных условий (загрязненность элементов фрикционного узла, атмосферные условия).

Для реальных условий экстренного торможения конвективная теплоотдача с тыловых поверхностей фрикционного узла при остановочных торможениях композиционными колодками не оказывает существенного влияния на его температурный режим.

Когда колодка прижимается к колесу с силой K , поток тепла идет в колесо и после окончания процесса торможения. Колодка нагрета значительно больше, чем колесо. Затем силу K убирают, и постепенно остывают и колесо, и колодка.

Для расчета тепловой нагруженности нужно установить, какой нагрев следует принимать для материального пространства, включающего в себя поверхности катания колеса и тормозной колодки. Можно предположить, что будет идти нагрев неограниченных пластин – контактных поверхностей колеса и композиционной тормозной колодки. Колесо вращается, причем в начале скорость вращения максимальная, а по мере остановочного торможения уменьшается до нуля. Колодка композиционная, поэтому теплопроводность ее незначительная, и тепло в колодку проникает на малую глубину за весь период торможения. Это неограниченная теплоизолированная со стороны $z_1 = h_1$ пластина (h_1 – толщина колодки), нагреваемая тепловым потоком, вначале возрастающим, а затем, по мере снижения скорости до нуля, убывающим.

Такое же явление имеет место и при нагреве обода колеса для реальных условий экстренного торможения, и можно допустить, что изменяющийся тепловой поток, который нагревает колесо, также имеет нелинейный характер.

Градиент температур во фрикционном узле можно выразить следующими зависимостями:

– для тормозной колодки

$$\frac{\partial \vartheta_1(h_1, t)}{\partial z_1} = 0; \quad (2)$$

– для колеса

$$\frac{\partial \vartheta_2(h_2, t)}{\partial z_2} = 0, \quad (3)$$

где ϑ_1, ϑ_2 – температура тормозной колодки и колеса; z_1, z_2 – глубина прогрева колодки и колеса; h_1, h_2 – толщина тормозной колодки и обода колеса; t – время действия теплового потока.

Представление колодки и колеса в виде неограниченных пластин является условным и рассматривается как возможность решения тепловой задачи с некоторым приближением к реальной характеристике.

Список литературы

- 1 Галай, Е. Э. Повышение эффективности автоматических регуляторов режимов торможения грузовых вагонов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.07 / Е. Э. Галай ; БелГУТ. – Гомель, 2018. – 22 с.
- 2 Гребенюк, П. Т. Правила тормозных расчетов / П. Т. Гребенюк // Труды ВНИИЖТ. – М. : Интекст, 2004. – 112 с.
- 3 Гребенюк, П. Т. Тяговые расчеты : справ. / П. Т. Гребенюк, А. Н. Долганов, А. И. Скворцова ; под ред. П. Т. Гребенюка. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
- 4 Мышкин, Н. К. Трибология. Принципы и приложения / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – Гомель : ИММС НАНБ, 2002. – 310 с.
- 5 Свириденко, А. И. Механика дискретного фрикционного контакта / А. И. Свириденко, С. А. Чижик, М. И. Петроковец. – Минск : Наука і тэхніка, 1990. – 272 с.
- 6 Богданович, П. Н. Трение, смазка и износ в машинах : учеб. для вузов / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак, С. П. Богданович. – Минск : Тэхналогія, 2011. – 527 с.
- 7 Балакин, В. А. Тепловой режим фрикционного тормоза электропоезда при скоростном регулировании силы нажатия колодок / В. А. Балакин, Э. И. Галай // Трение и износ. – 1997. – № 5. – С. 636–642.
- 8 Асадченко, В. Р. Совершенствование тормозных устройств / В. Р. Асадченко, Д. С. Ряхов // Транспорт Урала. – 2005. – № 3 (6). – С. 45–53.