

ВЛИЯНИЕ НАСЕЛЕННОСТИ ВАГОНОВ И ТИПА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК НА ПАРАМЕТРЫ ТОРМОЗНОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОПОЕЗДА

Э. И. ГАЛАЙ

Белорусский государственный университет транспорта

Увеличение осевой нагрузки q_0 вагонов мотор-вагонного подвижного состава (МВПС), имеющих сравнительно небольшую массу тары ($Q_T = 37...40$ т), может достигать 50–55 %. Поэтому длина тормозного пути электропоезда без пассажиров примерно на 20 % меньше, чем поезда с максимальной населенностью.

Техническими требованиями на тормоза проектируемых пассажирских вагонов предусматривается применение устройств автоматического регулирования силы нажатия тормозных колодок при возможном изменении осевой нагрузки на 15 %. Следовательно, вагоны МВПС должны быть оборудованы такими устройствами. Автогрузовые регуляторы, автоматически изменяющие давление сжатого воздуха в тормозных цилиндрах – авторежимы усл. № 604, применяются на эксплуатируемых дизель-поездах серии ДР. Однако вагоны электропоездов серии ЭР-9 авторежимов не имеют. Не предусмотрена их установка и на вагонах Демиховского завода и электропоезде «Сокол», поскольку планируется оборудовать эти поезда противоюзными устройствами.

В то же время необходимость оснащения вагонов МВПС (в том числе находящихся в эксплуатации) устройствами автоматического регулирования тормозных нажатий в зависимости от загрузки очевидна.

Аналитические зависимости для расчета значений удельных тормозных сил при фиксированных значениях скорости v_i имеют вид:

удельная тормозная сила, допускаемая по условиям сцепления, Н/т,

$$[b_{тi}] = 10^3 g \psi_{ки}; \quad (1)$$

удельная тормозная сила колодочного тормоза, реализуемая при торможении, Н/т,

$$b_{тi} = \frac{10^3 n K_i \varphi_{ки}}{q_0}. \quad (2)$$

В формулах (1), (2) использованы следующие обозначения:

$\psi_{ки}$, $\varphi_{ки}$ – мгновенные значения коэффициента сцепления и коэффициента трения колодок соответственно; g – ускорение силы тяжести, м/с²; n – количество колодок, действующих на колесо; K_i – сила нажатия одной колодки, кН; q_0 – осевая нагрузка вагона, м.

Аналитические зависимости (1) и (2) являются исходными при расчетах допускаемых сил нажатия тормозных колодок $[K_i]$ для вагонов с различным числом пассажиров. Проблема заключается в том, что конструкция авторежимов предусматривает изменение загрузки электропоезда при открытых дверях, когда пассажиры заполняют вагон. На станциях с тупиковыми путями заполнение вагонов, приближенных к вокзалу, идет быстрее, а затем, уже при движении поезда, происходит перераспределение пассажиров, и часть вагонов частично обезгруживается, а вагоны, удаленные от вокзала, заполняются пассажирами на ходу поезда. Для вагонов пассажирских поездов эта проблема может быть решена с применением авторежимов типовых конструкций.

В последние годы на пассажирских вагонах и на мотор-вагонном подвижном составе все больше внедряются композиционные тормозные колодки ТИИР-303 и безасбестовые ТИИР-308, сила нажатия которых значительно меньше, чем у чугунных. Применение этих колодок обеспечивает полное использование запаса по сцеплению при постоянном давлении в тормозных цилиндрах при высокой скорости движения. В то же время возникает необходимость увеличения силы нажатия колодок (давления в тормозных цилиндрах) при малых скоростях движения (менее 30 км/ч), чтобы замедление поезда оставалось постоянным или близким к постоянному до полной остановки поезда, поскольку это касается комфорта пассажиров.

Не исключено, что в ближайшее время на пассажирских вагонах, в том числе и на вагонах электропоездов, начнут применяться тормозные колодки из более совершенных композиционных материалов.

В состав композитов, используемых при изготовлении фрикционных элементов колодочных и дисковых тормозов, в качестве наполнителя входит асбестовое волокно, которое обеспечивает необходимые эксплуатационные характеристики, прежде всего по износу элементов трущихся пар. В то же время на основе многочисленных медицинских исследований установлено, что асбестовая пыль обладает сильными канцерогенными свойствами. Доказана неизбежность риска для здоровья рабочих, занятых обработкой асбеста, при отсутствии эффективной системы пылеудаления. Фактически в композиционных материалах, применяемых для изготовления тормозных колодок, асбест находится в связанном состоянии, и при обслуживании тормозов опасность попадания асбестовой пыли в организм человека минимальна. Несмотря на это, уже с 70-х годов XX столетия разрабатываются безасбестовые композиты для железнодорожных тормозов.

Однако в ближайшие несколько лет следует оценивать тормозные системы электропоездов по применению чугунных тормозных колодок с повышенным содержанием фосфора и композиционных колодок ТИИР-303, которые широко применяются на дорогах СНГ.

УДК 629.423.077-592.527

ДИНАМИКА СИЛОВОГО ПРИВОДА ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗА

Е. Э. ГАЛАЙ

Белорусский государственный университет транспорта

Процесс работы пневматического силового привода электропневматического тормоза (ЭПТ) при торможении и отпуске можно разбить на четыре периода:

- I – время с момента запуска тормоза до начала движения поршня ТЦ;
- II – время повышения давления в ТЦ до максимальной величины;
- III – выстой поршня при фиксированном давлении в ТЦ (тормоз в положении перекрыши);
- IV – время понижения давления в ТЦ, сопровождающегося обратным ходом поршня под действием упругого сопротивления элементов рычажной передачи и возвращающей пружины.

Анализ динамики силового привода (ЭПТ) производится при следующих допущениях, касающихся термодинамического состояния воздуха в тормозной системе:

1 Процесс изменения давления в рабочем резервуаре (РР) и тормозном цилиндре (ТЦ) при истечении воздуха из объема постоянного давления – изотермический, а при истечении из глухого объема – адиабатический.

2 Атмосферное давление p_a и коэффициент расхода μ принимаются постоянными.

Рабочий ход поршня ТЦ происходит с изменением наполняемого объема $V_{\text{тц}}$. Это изменение пропорционально ходу штока $l_{\text{шт}}$. Уравнение состояния воздуха в наполняемом объеме ТЦ

$$M = \frac{p_u}{RT} (V_{\text{мп}} + l_{\text{шт}} F_u), \quad (1)$$

где M – масса воздуха, поступившего в ТЦ; R – газовая постоянная, $R = 287,14$ Дж/(кг·К); T – температура воздуха в РР; $V_{\text{мп}}$ – объем «мертвого» пространства тормозного цилиндра; F_u – площадь поршня.

Продифференцировав уравнение (1) по времени, получим массовый расход воздуха в ТЦ

$$G = \frac{dM}{dt} = \frac{1}{RT} \left[\frac{dp_u}{dt} (V_{\text{мп}} + l_{\text{шт}} F_u) + p_u F_u \frac{dl_{\text{шт}}}{dt} \right]. \quad (2)$$

Уравнение движения поршня при рабочем ходе с учетом влияния масс рычажной передачи:

$$F_u (p_u - p_0) = m \frac{d^2 l_{\text{шт}}}{dt^2} + \text{ж}_{\text{пр}} l_{\text{шт}} + P_{\text{пр}} + P_{\text{трп}} + S_{\text{тр}}, \quad (3)$$