

$$[K] = \frac{g\psi_k k_c q_0}{n_k \phi_k},$$

где  $g$  – ускорение свободного падения;  $\psi_k$  – коэффициент сцепления колеса и рельса;  $k_c$  – коэффициент использования запаса по сцеплению при экстренном торможении;  $q_0$  – вертикальная нагрузка от колесной пары, т;  $n_k$  – число тормозных колодок на оси;  $\phi_k$  – коэффициент трения колодки.

В перспективе планируется повышение скорости грузовых поездов на отдельных участках до 140 км/ч и больше. При этом возникает проблема тепловой нагруженности колесных пар. Интенсивность тепловыделения в зоне фрикционного взаимодействия тормозных колодок и колеса – плотность теплового потока в зоне фрикционного контакта – зависит от силы нажатия тормозных колодок, скорости движения и длины тормозного пути.

Допускаемая сила  $[K]$  изменяется в зависимости от скорости при изменении коэффициента  $\psi_k$ . Однако тормозная система грузового вагона при полном служебном и экстренном торможениях обеспечивает постоянную силу нажатия. В данном случае при расчетах должна применяться фактическая сила нажатия колодок, не изменяющаяся в процессе торможения и зависящая от осевой нагрузки  $q_0$ .

Остановочное торможение вагонов характеризуется значительной тепловой нагруженностью фрикционных пар, особенно при торможении с повышенных скоростей. Оно осуществляется при постоянной силе нажатия тормозных колодок, однако коэффициент трения фрикционных материалов ТИИР-300 и ТИИР-303 нелинейно изменяется, возрастает с уменьшением скорости, что приводит к усложнению тепловых расчетов.

УДК 629.4.077

## РАСЧЕТ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ПО МЕТОДУ МСЖД (UIC) <sup>Ye</sup>

Э. И. ГАЛАЙ, П. К. РУДОВ, Е. Э. ГАЛАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В последние годы на дорогах Беларуси все большее распространение получает подвижной состав с тормозами западноевропейского типа. В частности, мощные двухсекционные электровозы китайского производства оснащены тормозным оборудованием системы *Knorr*, усовершенствованным для вождения грузовых поездов с воздухораспределителями № 483, относящимися к разряду мягких при включении равнинного режима и полужестких на горном режиме отпуска.

Мягкие тормоза при небольшом повышении давления (примерно 0,020–0,025 МПа) после торможения полностью растормаживают, то есть имеют равнинный режим отпуска. Полужесткий тормоз с горным режимом отпуска, применяемый практически на всех дорогах Западной Европы, отличается тем, что для полного растормаживания необходимо повышение давления в магистрали почти до зарядной величины (ниже  $p_M$  на 0,01–0,02 МПа). Наибольшее распространение получили тормозные воздухораспределители типов *Knorr-Bremse*, *Oerlikon* и *DAKO*.

Горный режим отпуска не применяется на участках железных дорог, где имеются уклоны 0,018 и более.

На тепловозах маневрового парка, которые изготавливает локомотивное депо Лида, применяются воздухораспределители системы *DAKO-CV1*, обеспечивающие ступенчатый отпуск тормоза. Эти воздухораспределители различных модификаций применяются на дорогах Чехии и Словакии на пассажирских и грузовых вагонах, а с некоторыми приспособлениями – и на скоростном подвижном составе, и обеспечивают скорость тормозной волны до 280 м/с. В корпусе прибора имеется переключательный клапан с положениями «Грузовой-Пассажирский» или «Пассажирский-Скорый», а также крышка с калиброванными отверстиями, которые соответствуют различным положениям «Грузовой», «Пассажирский», «Скорый».

Методы расчета длины тормозного пути и обеспеченности поезда тормозами отличаются от принятых на железных дорогах СНГ. Эффективность тормозов оценивается величиной **тормозной массы**, выраженной в тоннах, а определение тормозных путей производится в зависимости от типа тормозного оборудования, в частности характеристик диаграммы наполнения тормозных цилиндров сжатым воздухом, и вида поезда по тормозной массе и скорости, с которой начинается торможение. Грузовые поезда со скоростями до 90 км/ч относятся к категории *G*, пассажирские – категории *P*, скорые со скоростями до 200 км/ч – категории *R*, пассажирские и скорые с магниторельсовыми тормозами – *P+Mg* и *R+Mg*.

При рабочей скорости поездов более 200 км/ч расчеты тормозного пути производятся по интервалам скорости.

Тормозную массу пассажирских вагонов можно определять расчетами или при проведении испытаний в пределах расчетной скорости при экстренном торможении от 120 км/ч до максимально допустимой, равной 140, 160, 180, 200 км/ч.

Тормозная масса – условное понятие, определяющее величину тормозной силы вагона, локомотива или поезда в целом. Она характеризует силу нажатия тормозных элементов (колодок или накладок) при торможении с определенной скорости *v* на прямом участке пути на площадке без уклона.

Расчет параметров торможения состоит из двух этапов:

– расчет тормозного пути с учетом силы нажатия *K* и коэффициента трения тормозных элементов  $\varphi_k$ ;

– определение выраженного в процентном отношении значения тормозной массы с учетом рассчитанных значений тормозного пути *s* и с применением расчетного графика (графики приводятся в Правилах МСЖД (*УИС*)). Данные расчетных графиков для поездов в положениях торможения *P*, *R*, *R + Mg* могут определяться по формулам

$$s = \frac{C}{\lambda + D} \text{ или } \lambda = \frac{C}{s} - D,$$

где *s* – тормозной путь при экстренном торможении, м;  $\lambda$  – значение тормозной массы, %; *C*, *D* – коэффициенты, зависящие от силы нажатия колодок *K* и коэффициента трения  $\varphi_k$ ;

<i>v</i> , км/ч	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>v</i> , км/ч	<i>C</i>	<i>D</i>
100	61300	8,9	160	176714	11,6
120	91633	11,6	180	228219	11,6
140	130995	11,6	200	287620	11,6
150	152640	11,6			

Аналогичный метод применяется при расчете тормозных параметров отдельных единиц подвижного состава, в том числе для вагонов с дисковыми тормозами.

В зависимости от величины тормозной массы, заданной в процентах для различных уклонов, определяется длина тормозного пути по специальным номограммам. При расчете тормозного пути должны учитываться следующие параметры:

- масса единицы подвижного состава, порожней и с номинальной загрузкой;
- момент инерции и инерционная масса;
- основное удельное сопротивление движению поезда или вагона.

С развитием железнодорожного транспорта совершенствуются и методы тормозных расчетов. Для некоторых видов подвижного состава должно учитываться расчетное время подготовки тормозов к действию и изменение коэффициента трения фрикционных материалов в зависимости от скорости.