

УДК 629.-592.:620.178.4

Ю.Я. Водянников, А.Е.Нищенко, С.А. Павлов

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА ПО ЗАДАННОМУ ЗНАЧЕНИЮ ТОРМОЗНОГО ПУТИ

Для пассажирских вагонов тормозные системы с колодочным тормозом являются идентичными (рычажная передача, тормозной цилиндр и т. д.) за исключением передаточного числа рычажной передачи, выбор которого осуществляется в соответствии с Инструкцией [1] исходя из весовых характеристик вагона, а также от типа тормозной колодки (композиционная или чугунная). Так, например, для пассажирских вагонов весов 53-65 тс передаточное число составляет для чугунных колодок 12, для композиционных – 5,3 [1].

В дисковых тормозах реализация тормозной силы осуществляется клещевыми механизмами путем прижатия накладок к дискам, расположенными на осях колесных пар.

Отсутствие методики расчета тормозной эффективности дискового тормоза пассажирских вагонов вызывает определенные трудности при выполнении расчетных исследований. Поэтому вопросы, связанные с разработкой методики определения тормозной эффективности дисковой тормозной системы пассажирских вагонов являются актуальными.

В предлагаемой методике в качестве основного критерия для оценки тормозной эффективности дискового тормоза принимается допустимый максимальный тормозной путь пассажирского поезда при наибольшей скорости движения.

Методика расчета может быть представлена в виде следующего алгоритма:

Определяется минимальная удельная тормозная сила дискового тормоза, при которой реализуется заданное значение тормозного пути пассажирского поезда;

Для полученного значения удельной тормозной силы определяется эффективная площадь тормозного цилиндра клещевого механизма;

Из ближайшего значения эффективной площади тормозного цилиндра типоразмерного ряда клещевых механизмов выбирается тип тормозного цилиндра;

Производится расчет тормозного пути пассажирского поезда для выбранного типа тормозного цилиндра;

Если расчетное значение тормозного пути поезда больше заданного, то выбирается следующий по порядку тип тормозного цилиндра, и повторяется расчет тормозного пути;

Проверяется условие отсутствия юза. В случае не выполнения условия отсутствия юза оценивается процент превышения над допустимым коэффициентом сцепления колеса с рельсом и принимается решение о снижении удельной тормозной силы с использованием дополнительного магниторельсового тормоза;

© Ю.Я. Водянников, А.Е.Нищенко, С.А. Павлов, 2012

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Производится проверка на температуру нагрева диска при торможении, которая не должна превышать рабочую температуру 350 °С;

Определяются тормозные пути на спусках 6 ‰ и 10 ‰ и сравниваются с нормированными значениями [2].

В качестве примера определим параметры дискового тормоза пассажирского вагона с тарой 57 т и брутто 61 тс при условии не превышения тормозного пути поезда на площадке при экстренном пневматическом торможении 1400 м для скорости 160 км/ч.

На первом этапе определяем удельную тормозную силу для брутто вагона 61 тс по рекуррентной формуле:

$$b_{T,i+1} = \frac{1}{V_0 \cdot \left(4 - \frac{5 \cdot i_c}{b_{T,i}}\right)} \cdot \sum_n \frac{4.17 \cdot (v_n^2 - v_{n+1}^2)}{1000 + \frac{\omega_{ox}}{b_{T,i}} + \frac{i_c}{b_{T,i}}}, \quad (1)$$

$$|S| = \frac{3.6}{b_{T,i}}$$

где:

V - скорость в начальный момент торможения, км/ч;

v_{n+1} и v - конечная и начальная скорость поезда в принятом расчетном интервале скоростей, км/ч;

$b_{T,i}$ - удельная тормозная сила i -ой итерации, т/тс;

ω_{ox} - удельное основное сопротивление, кгс/тс;

i_c - уклон, ‰, для площадки $i_c = 0$;

$|S|$ - принятое допустимое значение тормозного пути пассажирского поезда на площадке, м.

Расчет удельной тормозной силы представлен в табл. 1.

Таблица 1. *Расчет удельной тормозной силы*

Номер итерации	Удельная тормозная сила	Тормозной путь, м
1	0,08697	1361,887
2	0,083278	1401,636
3	0,083104	1404,041
4	0,083096	1399,994

Эффективная площадь тормозных цилиндров определяется по формуле:

$$F_{\text{и}} = \left(\frac{R_k}{r_{\text{мп}}} \cdot \frac{|b_T| \cdot (Q + T) \cdot m}{n \cdot i \cdot \eta \cdot \varphi_{\text{мп}}} + K_{\text{мп}} \right) \cdot \frac{10}{P_{\text{и}}}, \quad (2)$$

где:

Q - полезная нагрузка, кН, $Q = 39,24$;

T - тара вагона, кН, $T = 559,17$;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

- r_{mp} - радиус трения тормозного диска, $r_{mp} = 233$ мм;
 R_k - расчетный радиус колеса по кругу катания, для новых колес $R_k = 479$ мм;
 P_y - давление в тормозном цилиндре, $P_y = 400$ кПа;
 m - количество тормозных накладок, на которые действуют усилия от одного тормозного цилиндра, $m = 2$;
 n - количество дисков, установленных на вагоне, $n = 8$ (два диска на оси) для скорости 160 км/ч;
 I_{pn} - передаточное число рычажной передачи клещевых механизмов, $i = 11,41$;
 $\eta_{км}$ - КПД клещевого механизма, $\eta = 0,97$;
 K_{np} - усилие возвратной пружины, $K_{np} = 630$ кН;
 φ_{mp} - коэффициент трения накладки и диска, $\varphi_{mp} = 0,35$;
 $|b_T|$ - допустимое значение удельной тормозной силы, т/тс, $|b_T| = 0,083096$.

Подставляя параметры тормозной системы в формулу (2), получим:

$$F_u = \left(\frac{479}{233} \cdot \frac{0,083096 \cdot 1000 \cdot (39,24 + 559,17) \cdot 2}{16 \cdot 11,41 \cdot 0,97 \cdot 0,35} + 630 \right) \cdot \frac{10}{400} = 98,217 \text{ см}^2.$$

Окончательная эффективная площадь тормозного цилиндра выбирается из параметрического ряда тормозных цилиндров, для данного примера подходит 151 тип тормозного цилиндра ($F_u = 100,5 \text{ см}^2$).

Новое значение удельной тормозной силы определяется по формуле:

$$b_T = \frac{r_{mp}}{R_k} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{m} \cdot \left(\frac{F_u \cdot P_y}{10} - K_{np} \right) \cdot i \cdot \eta_{км} \right) \cdot \varphi_{mp}}{Q + T}, \quad (3)$$

и составляет 0,0854.

Тормозные пути пассажирского поезда на площадке и нормированных уклонах определялись по формуле [3]:

$$S_T = \frac{V_0 \cdot t_{II}}{3,6} + \sum_n \frac{4,17 \cdot (v_n^2 - v_{n+1}^2)}{b_T + \omega_{ox} + i_c}, \quad (4)$$

- V_0 - скорость в начальный момент торможения, км/ч;
 v_{n+1} и v_n - конечная и начальная скорость поезда в принятом расчетном интервале скоростей, км/ч;
 b_T - удельная тормозная сила, кг/т;
 ω_{ox} - удельное основное сопротивление, кг/т;
 i_c - уклон, ‰;
 t_{II} - время подготовки автотормозов к действию, с.

Для пассажирского поезда при пневматическом и электропневматическом торможениях определяется по формулам (2) и (3) [3]:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$t_{II} = 4 - \frac{5 \cdot i_c}{b_T}; \quad (5)$$

$$t_{II} = 2 - \frac{3 \cdot i_c}{b_T}. \quad (6)$$

Результаты расчета (рис. 1) показали, что тормозные пути пассажирского поезда на площадке и уклонах отвечают нормативным требованиям.

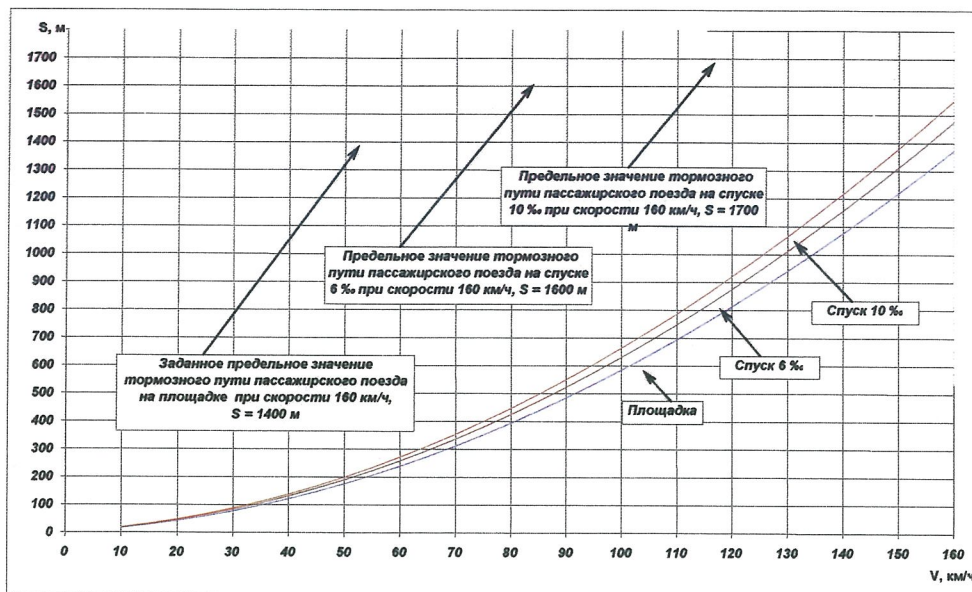


Рис. 1. Тормозные пути пассажирского поезда на площадке и спусках

Проверка на возникновение юза проводилась для тары вагона 57 тс, которой соответствует удельная тормозная сила 0,0914.

Условие отсутствия юза определяется неравенством [4]:

$$b_T \leq [\Psi_K], \quad (7)$$

$[\Psi_K]$ - расчетный предельный коэффициент сцепления колеса с рельсом при торможении:

$$[\Psi_K] = \Psi(q_o) \cdot \Psi(V); \quad (8)$$

здесь $\Psi(q_o)$ - коэффициент, зависящий от осевой нагрузки на колесную пару:

$$\Psi(q_o) = 0,17 - 0,0015 \cdot (q_o - 5) \quad , \quad (9)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$\Psi(V)$ - коефіцієнт, зависящий от скорости движения:

$$\Psi(V) = \frac{V + 576}{4 \cdot V + 576}, \quad (10)$$

q_o - нагрузка на колесную пару вагона (осевая нагрузка), тс;

V - скорость, км/ч.

Результаты расчета свидетельствует, что условие на недопущение юза выполняется во всем диапазоне скоростей движения (рис. 2).

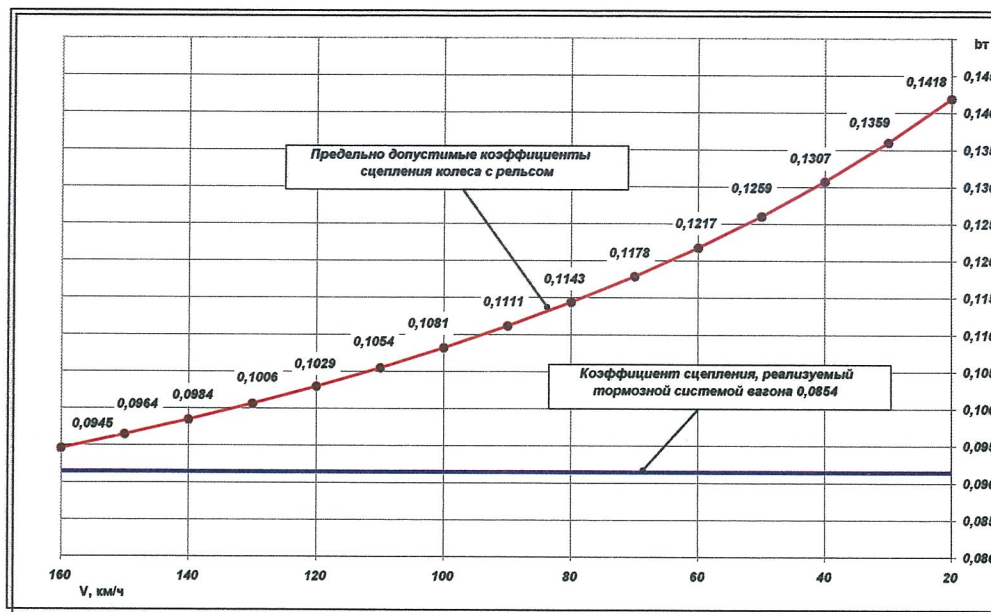


Рис. 2. Коефіцієнти сцеплення колеса с рельсом

Температура диска при торможении определялась по номограммам, отображающим температуру нагрева диска в зависимости от удельной тормозной силы. Для исследуемого пассажирского вагона максимальная температура диска составила 344 °С, что меньше рабочей температуры.

Выводы

Предложенная методика и алгоритм расчета позволяют получить наиболее рациональные параметры тормозной системы дискового тормоза, реализующие заданную тормозную эффективность пассажирского поезда при максимальной скорости движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЦВ-ЦЛ-0013. Инструкция з ремонту гальмівного обладнання вагонів, Київ-205.
2. ЦШ-0001. Инструкция з сигналізації на залізницях України. Київ 2008.
3. П.Т.Гребенюк. Правила тормозных расчетов. – М.: Интекст, 2004 г. - 114 с.
4. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). Гос.НИИВ-ВНИИЖТ. Г.,1983.