УДК 629.4.017
ГРНТИ 73.29.17

РАСЧЕТ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ПРИ ЭКСТРЕННОМ ТОРМОЖЕНИИ

Миронов Дмитрий Олегович
Соискатель,
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ»,
г. Москва, ул. Образцова, д. 9.

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является определение эффективности тормозной системы электропоезда через расчет длины его тормозного пути при экстренном торможении. Использованы общелогические методы и методы математического моделирования. В результате получены значения длины тормозного пути для отдельных вагонов электропоезда ЭП2Д и для 10-вагонного электропоезда ЭП2Д с типовой тормозной системой с колодочным тормозом и с измененной тормозной системой с дисковым тормозом. Расчеты выполнены для подвижного состава без учета веса пассажиров и переменных пассажиропотоков (учитывалась только тара вагонов). Установлено, что применение дискового тормоза вместо колодочного способствует существенному сокращению длины тормозного пути, в частности, на мотор-вагонном подвижном составе с противоюзной системой благодаря большему коэффициенту трения композиционных тормозных накладок по сравнению с чугунными тормозными колодками.

ABSTRACT

The purpose of the study is to determine the effectiveness of the braking system of an electric train by calculating the length of its braking distance during emergency braking. General logical methods and methods of mathematical modeling are used. As a result, the values of the braking distance for individual cars of the EP2D electric train and for a 10-car EP2D electric train with a standard brake system with a pad brake and a modified brake system with a disc brake are obtained. The calculations were made for rolling stock without taking into account the weight of passengers and variable passenger flows (only the container of cars was taken into account). The use of disc brakes instead of drum greatly reduces the stopping distance, in particular, motor-wagon rolling stock with antiskid system due to the greater coefficient of friction of composite brake lining compared with cast iron brake blocks.

Ключевые слова: электропоезд, экстренное торможение, фрикционный тормоз, длина тормозного пути, дисковый тормоз.

Keywords: electric train, emergency braking, friction brake, brake path length, disc brake.

На скоростных электропоездах применяется автоматический пневматический фрикционный дисковый тормоз, который является резервным и, как правило, используется только для полной остановки электропоезда. В междугородном и пригородном сообщении используются и электропоезда городского типа такие, как ЭП2Д [3], которые часто эксплуатируются в качестве экспрессов. Такие электропоезда имеют автоматический пневматический фрикционный колодочный тормоз, выполненный по стандартной для отечественных электропоездов схеме. На скоростных пассажирских вагонах дисковый тормоз стал уже привычным, типовым, а на отечественном мотор-вагонном подвижном составе, рассчитанном на скорости эксплуатации до 120 км/ч, применяется колодочный тормоз. При экстренном торможении для быстрой остановки транспортного средства одновременно применяются все имеющиеся тормозные системы, для фрикционного тормоза экстренное торможение означает максимально возможное давление сжатого воздуха в тормозных цилиндрах и максимально возможное нажатие тормозных колодок (накладок) на ось, что вызывает повышенный нагрев в парах трения фрикционного тормоза.

Эффективность фрикционного тормоза зависит от множества параметров, которые изменяются во времени нелинейно (нажатие колодок (накладок), коэффициент трения, коэффициент сцепления). Подвижной состав с дисковым тормозом обязательно оснащается противоюзной системой, что предотвращает заклинивание колесных пар и существенное снижение тормозного эффекта.

Известно, что скоростной мотор-вагонный подвижной состав типа ЭС-2Г «Ласточка» [4] имеет по два тормозных диска на колесных парах моторных вагонов (с тяговыми электродвигателями) и по три тормозных диска на колесных парах прицепных вагонов (без тяговых электродвигателей). Однако имеется ограничение по суммарному нажатию тормозных накладок на ось, соответственно, под разными вагонами (моторными и прицепными) максимальные давления сжатого воздуха в тормозных блоках различны.

Также в эксплуатации находятся электропоезда типа ЭГ-2Тв «Иволга» [2], которые имеют по 4 тормозных блока фирмы Knorr-Bremse и по 4 тормозных диска на каждой тележке (по 2 на каждой колесной паре), в отличие от электропоездов типа «Ласточка», у которых разное

количество тормозных блоков и тормозных дисков под вагонами разного типа.

Известна формула для определения тормозного пути поезда по интервалам скорости [1], согласно которой тормозной путь определяется как сумма подготовительного тормозного пути $S_п$ и действительного пути торможения $S_д$:

$$S_т = S_п + S_д$$

Подготовительный тормозной путь можно определить по формуле:

$$S_п = 0{,}278 \cdot V_н \cdot t_н,$$

где $V_н$ – начальная скорость торможения, км/ч;

$t_н$ – время подготовки тормозов к действию, с.

Действительный тормозной путь определяется по формуле:

$$S_д = \frac{500 \cdot (V_н^2 - V_к^2)}{\xi \cdot (b_т + \omega_о + i_с)},$$

где $V_к$ – конечная скорость вагона, км/ч;

ξ – замедление экипажа, км/ч;

$b_т$ – удельная тормозная сила, Н/кН;

$\omega_о$ – основное удельное сопротивление движению вагона, Н/кН;

$i_с$ – удельное ускоряющее усилие на поезд от уклона пути.

Удельная тормозная сила является функцией нажатия тормозных колодок (накладок) и коэффициента трения. Важным условием выбора нажатия тормозных колодок или накладок является недопущение юза. Подвижной состав с дисковым тормозом в обязательном порядке оснащается противоюзной системой в отличие от подвижного состава с колодочным тормозом. При использовании колодочного тормоза возможное нажатие тормозных колодок не используется полностью, т.к. может привести к заклиниванию колесных пар при торможении. Одним из преимуществ дискового тормоза является более эффективное использование нажатия тормозных накладок.

Для примера был выполнен расчет длины тормозного пути отечественного электропоезда ЭП2Д без ограничения нажатия тормозных колодок и с ограничением нажатия из условия недопущения юза. Результаты расчета представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1.

Результаты расчета длины тормозного пути электропоезда ЭП2Д без пассажиров

№ п/п	Тип вагона (поезда)	Длина тормозного пути, м	
		Без учета юза	С учетом юза
1	Головной вагон	388,9	769,3
2	Моторный вагон	455,9	797,2
3	Немоторный вагон	378,8	760,4
4	10-вагонный поезд	421,8	782

Как видно из таблицы 1, при выполнении условия недопущения юза длина тормозного пути значительно увеличивается из-за ограничения нажатия тормозных колодок. Далее был выполнен расчет длины тормозного пути электропоезда ЭП2Д с пассажирами (по 100 человек в каждом моторном и немоторном вагонах и по 60 человек в каждом головном вагоне), результаты расчета представлены в таблице 2.

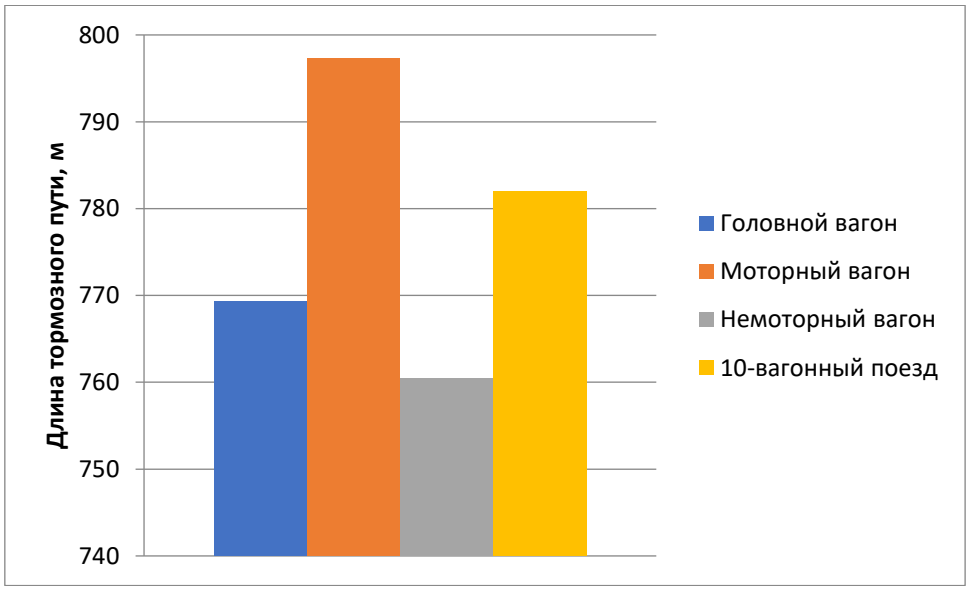

Рисунок 1. Длина тормозного пути электропоезда ЭП2Д без пассажиров

Таблица 2.

Результаты расчета длины тормозного пути электропоезда ЭП2Д с пассажирами

№ п/п	Тип вагона (поезда)	Количество пассажиров	Длина тормозного пути, м
1	Головной вагон	60	850,4
2	Моторный вагон	100	908,5
3	Немоторный вагон	100	907,5
4	10-вагонный поезд	920	896,9

При применении на электропоезде ЭП2Д дискового тормоза с противоюзным устройством можно получить больший тормозной эффект, за счет лучшего использования нажатия тормозных накладок. Применение дискового тормоза с тормозными блоками способствует снижению подготовительного тормозного пути, т.к. объем пневмоцилиндров тормозных блоков гораздо меньше объема тормозных цилиндров, больше КПД механической части тормоза и быстрее устанавливается максимальное давление сжатого воздуха в них.

Был выполнен расчет длины тормозного пути электропоезда ЭП2Д без пассажиров с дисковым тормозом, результаты расчета представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Результаты расчета длины тормозного пути электропоезда ЭП2Д без пассажиров

№ п/п	Тип вагона (поезда)	Длина тормозного пути, м	
		с колодочным тормозом	с дисковым тормозом
1	Головной вагон	769,3	662,3
2	Моторный вагон	797,2	655,9
3	Немоторный вагон	760,4	622
4	10-вагонный поезд	782	647,8

Из таблицы 3 видно, что дисковый тормоз более эффективен, чем колодочный, т.к. в нем более эффективно используется нажатие тормозных накладок. При увеличении коэффициента сцепления колес с рельсами при экстренном торможении (например, подача песка под колеса) появляется возможность лучшего использования нажатия тормозных блоков, что также приводит к сокращению длины тормозного пути.

ВЫВОДЫ.

Применение в тормозной системе противоюзного устройства способствует лучшему использованию нажатия тормозных колодок (накладок), что способствует уменьшению тормозного пути. Дисковый тормоз имеет ряд преимуществ перед колодочным. При увеличении веса подвижного состава увеличивается длина тормозного пути.

Список литературы:

1 Асадченко В.Р. Расчет пневматических тормозов железнодорожного подвижного состава / Асадченко В.Р. // Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2004. – 120 с.

2 http://www.tvz.ru/catalog/emus/

3 http://www.dmzavod.ru/products/elektropoezd-postoyannogo-toka-ep2d/

4 https://ulkm.ru/produkciya/elektropoezd-lastochka/