

УДК 629.4.017

С.В. Кукин., Ю.Я. Водяников, С.А. Павлов, А.А. Бородай

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ НЕКОТОРЫХ ТРЕБОВАНИЙ
ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПО
НОВЫМ ПРАВИЛАМ ГОСТ 34434-2018**

Приведен анализ результатов расчетных исследований тормозного пути грузового вагона по действительным и расчетным силам нажатия, который основывался на результатах ходовых тормозных испытаний зерновоза. В процессе исследования было установлено, что тормозные пути полученные по расчетным коэффициентам имеют погрешность более 5 %, а по действительным не превышают 1 % по сравнению с экспериментальными данными. Рекомендуется в качестве критерия тормозной эффективности использовать действительные коэффициенты силы нажатия.

Эффективность тормозных средств является одним из важнейших условий, определяющих возможность повышения веса и скорости движения поездов, пропускной и провозной способности железных дорог. От свойств и состояния тормозного оборудования подвижного состава в значительной степени зависит безопасность движения.

В качестве одного из стратегических направлений научно-технического развития на сети железных дорог Украины является создание принципиально новых вагонов с повышенной осевой нагрузкой 25–30 тс.

Повышение скоростей движения, осевых нагрузок и интенсивности перевозок предъявляют все более высокие требования к обеспечению эксплуатационной безопасности грузовых вагонов. В этой связи, дальнейшее углубление и развитие методов обоснования рациональной конструкции тормозов грузовых вагонов и прогнозирования их работоспособности, обуславливает актуальность работ, направленных на решение задач исследования тормозной эффективности грузовых вагонов на стадии проектирования.

Поэтому в 2018 году вышел ГОСТ 34434-2018 [1], в котором изложены новые технические требования и правила расчета тормоза, а также критерии тормозной эффективности грузовых вагонов с осевой нагрузкой до 30 тс и скоростями движения до 160 км/ч включительно.

Анализ показал, что параметры, регламентирующие тормозную эффективность грузовых поездов по новым требованиям, а также расчетные исследования существенно отличаются от ранее принятых [2-8]:

1. Впервые в критерии тормозной эффективности введены максимальные допускаемые величины тормозных путей грузового поезда на площадке в зависимости от скорости в начале торможения, причем допустимая скорость грузового поезда увеличена до 160 км/ч включительно;

© *Кукин С.В., Водяников Ю.Я., Павлов С.А., Бородай А.А., 2019*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

2. Тормозной путь грузового поезда определяется с учетом временной зависимости изменения силы нажатия тормозных колодок в процессе торможения по действительным коэффициентам силы нажатия колодок на колеса.

Одним из критериев тормозной эффективности по новым правилам [1] являются расчетные коэффициенты силы нажатия тормозных колодок на колеса (табл. 1), что обуславливает, для проверки тормозной эффективности, использовать два метода проведения расчетных исследований: по действительным и расчетным коэффициентам силы нажатия колодок на колеса.

Таблица 1. - Требования к эффективности тормозных систем грузовых Вагонов¹

Параметр		Максимальная допустимая скорость движения грузового вагона, км/ч в составе поезда						
		до 90 включ.	св. 90 до 100 включ.	св. 100 до 120 включ.	св 120 до 140 включ.		св. 140 до 160 включ.	
1		2	3	4	5	6	7	8
Тип тормоза (по принципу управления)		П	П	П	П	Э	П	Э
Тормозной путь, м. не более	для груженых вагонов	1060	1040	1200	1340	1130	1720	1470
	для порожних вагонов	720	890	1200	1340	1130	1720	1470
Расчетный коэффициент силы нажатия композиционных тормозных колодок	для груженых вагонов	0,14	0,18	0,25	0,3		—	—
	для порожних вагонов	0,22	0,22	0,25	0,28		—	—

Так как формула для определения расчетных сил получена исходя из средней действительной силы нажатия на колодку равной 1,6 тс [7], то удельные тормозные силы, вычисленные по действительным и расчетным силам нажатия, будут различными (рис. 1).

Различие удельных тормозных сил по действительным и расчетным тормозным коэффициентам обуславливает и различие тормозных путей грузовых поездов.

В этой связи возникает необходимость сравнительного анализа тормозных путей, полученных по действительным и расчетным коэффициентам. Объективная оценка тормозных путей может быть получена на основании сопоставления с результатами экспериментальных исследований на конкретном вагоне. Для такой оценки были использованы результаты ходовых тормозных испытаний вагона для перевозки зерна модели 19-4146-01.

Испытания грузового вагона проводились методом бросания, при котором испы-

¹ (Таблица 2.1[8]) ГОСТ 34434-2018. ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ. Технические требования и правила расчета. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС), принят 30 октября 2018 г. (протокол № 113-П), Москва, Стандартинформ, 2018.;

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

туемый вагон автоматически отцепляется от опытного поезда при достижении им заданной начальной скорости торможения.

Результаты измеренных тормозных путей и уравнение линии тренда тормозных путей при ходовых тормозных испытаниях вагона в груженом состоянии приведены на рис. 2.

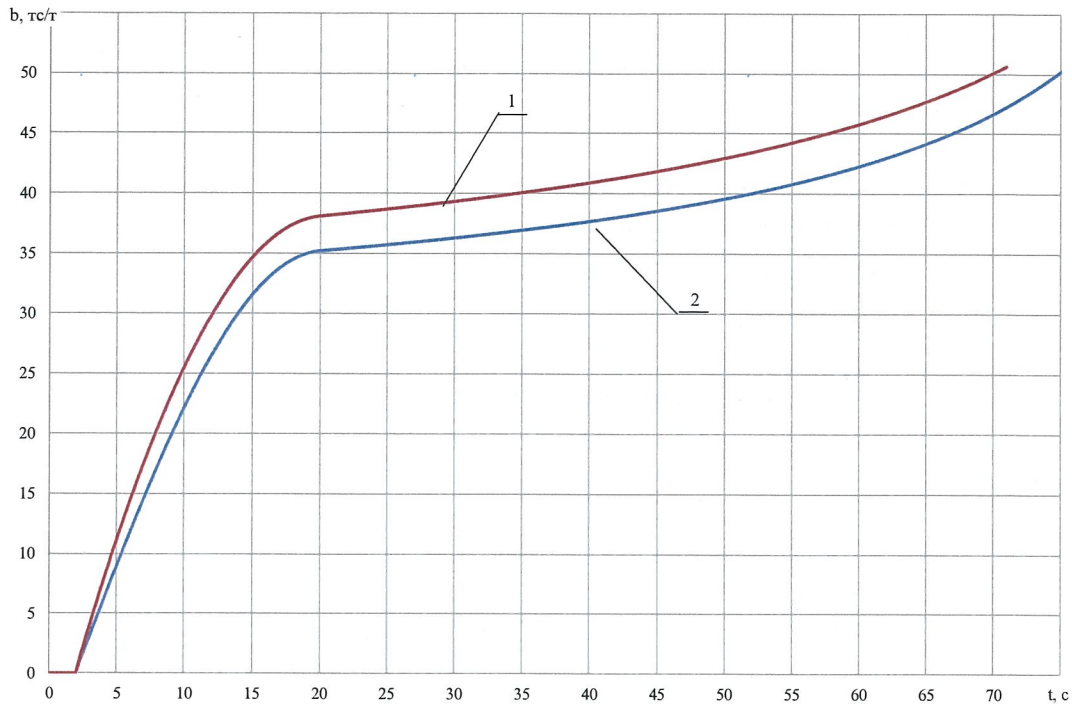


Рис. 1. Удельные тормозные силы (1 – полученные по действительным силам нажатия, 2 – полученные по расчетным силам нажатия)

Характеристики тормозного процесса зерновоза определялись методом компьютерного моделирования [9]. Различие параметров, используемых для компьютерных моделей по действительным и расчетным тормозным коэффициентам приведены в таблице 2.

Таблица 2. - Математические параметры компьютерных моделей

Наименование параметра	Математическая функция	
	Компьютерная модель с учетом расчетных сил нажатия колодок	Компьютерная модель с учетом действительных сил нажатия колодок
1	2	3
Коэффициент трения	$\varphi_p = 0,36 \cdot \frac{V + 150}{2 \cdot V + 150}$	$\varphi_o = 0,44 \cdot \frac{0,1 \cdot K_o + 20}{0,4 \cdot K_o + 20} \cdot \frac{V + 150}{2 \cdot V + 150}$
Удельное сопротивление движению	$W_{op} = 0,7 + \frac{3 + 0,09 \cdot V + 0,002 \cdot V^2}{q_0}$	$W_{oo} = 6,3 + \frac{27,9 + 0,436 V + 0,022 V^2}{q_0}$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Окончание таблицы 2

1	2	3
Сила нажатия	$K_p = 1,22 \cdot K_\delta \cdot \frac{K_\delta + 20}{4 \cdot K_\delta + 20}$	K_δ
Расчетный тормозной коэффициент	$\delta_p = \frac{K_p \cdot n}{Q_{зр} + T}, \text{ мс} / \text{ м}$	$\delta_\delta = \frac{K_\delta \cdot n}{Q_{зр} + T}, \text{ кН} / \text{ м}$

где V - скорость движения поезда, км/ч;

K_δ - действительная сила нажатия колодок, полученная при испытаниях, тс;

q_0 - осевая нагрузка, т;

$Q_{зр}$ - грузоподъемность вагона, т;

T - тара вагона, т;

n - количество колодок на вагоне, шт.

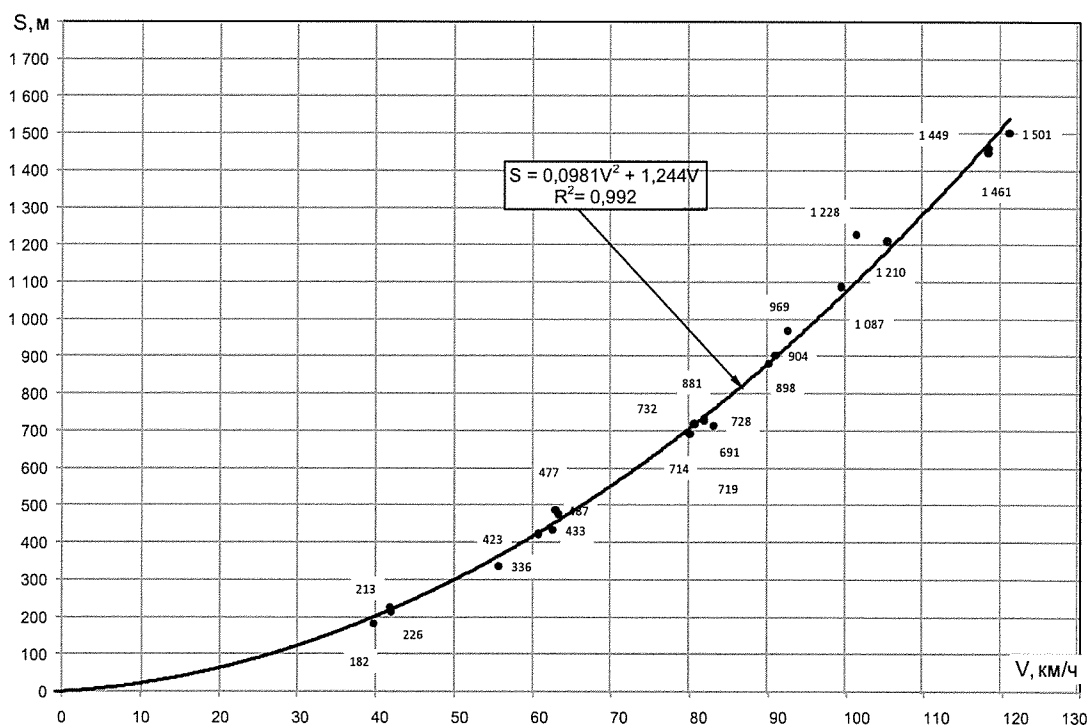


Рис.2. Уравнение линии тренда тормозных путей

При моделировании использовалась диаграмма нарастания относительной силы нажатия колодок на колеса при экстренном пневматическом торможении, полученная при стационарных испытаниях тормоза (рис. 3).

Погрешность определения тормозных коэффициентов по компьютерной модели, представленная в таблицах 3 и 4 свидетельствует, что она не превышает 0,5 %.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Расчеты тормозных путей осуществлялись по методике [8], согласно которой тормозной путь (S_T , м) экстренного торможения определяется как сумма приращения (ΔS_T , м) тормозного пути по интервалам времени (Δt , с), по формуле:

$$\Delta S_T = \frac{V_{cp} \cdot \Delta t}{3,6}, \quad (1)$$

а, изменение скорости в каждом интервале Δt по формуле:

$$\Delta V = \frac{\zeta \cdot (b_T + W_0)}{3600}, \text{ км / ч} \quad (2)$$

где V_{cp} – средняя скорость в расчетном интервале Δt ;

ζ - замедление поезда под действием удельной замедляющей силы;

b_T - удельная тормозная сила при средней скорости в расчетном интервале времени Δt ;

W_0 - основное удельное сопротивление движению поезда при средней скорости в расчетном интервале времени Δt .

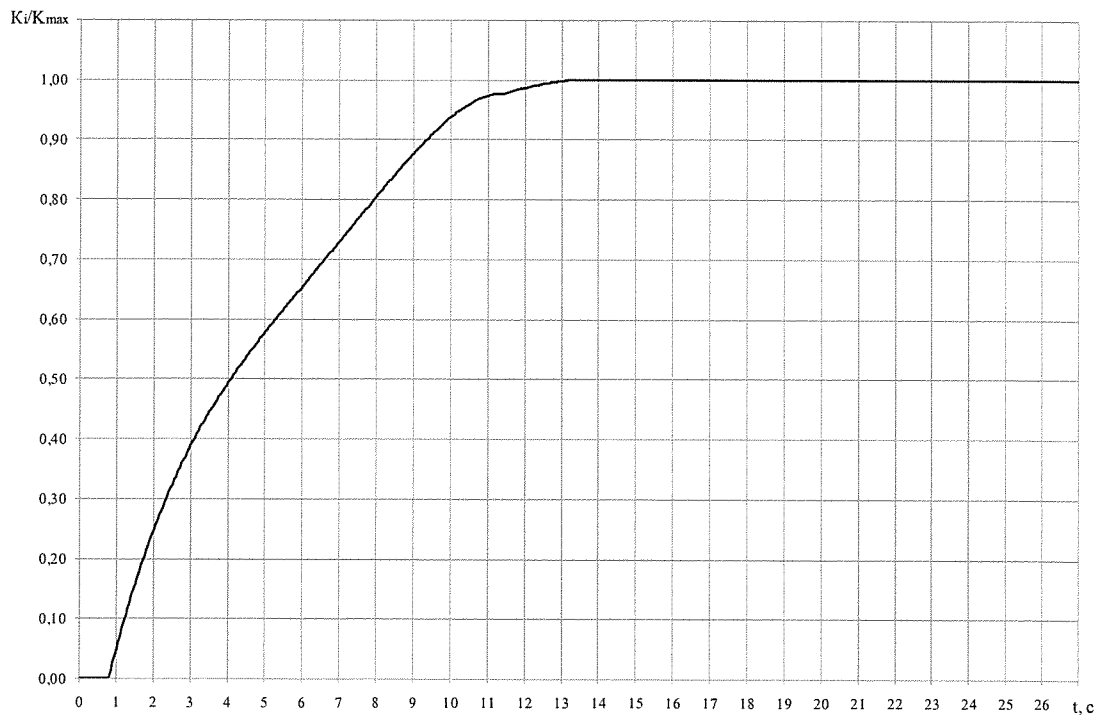


Рис. 3. Диаграмма нарастания относительной силы нажатия колодок на колеса

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблица 3. - Погрешность определения действительного тормозного коэффициента композиционных колодок

Скорость в начале торможения, км/ч	Действительные тормозные коэффициенты силы нажатия колодок, кН/т	Погрешность определения действительного тормозного коэффициента композиционных колодок		
		Тормозные пути одиночного вагона по уравнению линии тренда, м	Тормозные пути одиночного вагона, которые получены методом компьютерного моделирования, м	Погрешность, %
40	1,2848	206,7	207,8	0,54%
50	1,3289	307,4	308,4	0,34%
60	1,3670	427,7	428,5	0,18%
70	1,4005	567,7	568,1	0,08%
80	1,4305	727,2	727,2	0,00%
90	1,4574	906,4	905,8	0,06%
100	1,4817	1105,1	1104,0	0,11%
110	1,5037	1323,5	1321,4	0,16%
120	1,5225	1561,5	1559,1	0,16%

Таблица 4. - Погрешность определения расчетного тормозного коэффициента композиционных колодок

Скорость в начале торможения, км/ч	Расчетные тормозные коэффициенты силы нажатия колодок, кН/т	Погрешность определения расчетного тормозного коэффициента композиционных колодок		
		Тормозные пути одиночного вагона по уравнению линии тренда, м	Тормозные пути одиночного вагона, которые получены методом компьютерного моделирования, м	погрешность, %
40	0,133	206,7	206	0,34%
50	0,137	307,4	306	0,46%
60	0,139	427,7	426	0,40%
70	0,142	567,7	565	0,48%
80	0,144	727,2	724	0,44%
90	0,146	906,4	903	0,38%
100	0,148	1105,1	1101	0,37%
110	0,150	1323,5	1319	0,34%
120	0,151	1561,5	1557	0,29%

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

При расчете тормозного пути изменение силы нажатия K в зависимости от времени торможения определяется по диаграмме, представленной на рис. 3, а в качестве тормозных коэффициентов принимались значения, приведенные в таблицах 3 и 4.

Сопоставимость результатов исследования (табл. 5 и 6) показала, что погрешность тормозного пути, полученная по действительным коэффициентам не превышает 1 %, а по расчетным превышает 5 % по сравнению с ходовыми тормозными испытаниями.

Абсолютная разница расчета тормозных путей грузового вагона по двум методикам составила от 5,78 % для скорости 90 км/ч до 6,13 % для скорости 120 км/ч (табл. 7).

Таблица 5. - Результаты расчета тормозного пути грузового вагона по действительным силам нажатия

Скорость в начале торможения, км/ч	Действительный коэффициент силы нажатия колодок, кН/т	Действительный коэффициент силы нажатия колодок в безразмерных единицах, тс/т	Расчетные значения тормозных путей по действительным коэффициентам, м	Значения тормозных путей, полученных в результате ходовых испытаний, м	Погрешность
90	1,4574	0,148567	897	906	1,00 %
100	1,4817	0,151037	1094	1104	0,95 %
110	1,5037	0,153286	1310	1321	0,88 %
120	1,5225	0,155194	1546	1559	0,81 %

Таблица 6. - Результаты расчета тормозного пути грузового вагона по расчетным силам нажатия

Скорость в начале торможения, км/ч	Действительный коэффициент силы нажатия колодок, тс/т	Расчетные значения тормозных путей по расчетным коэффициентам, м	Значения тормозных путей, полученных в результате ходовых испытаний, м	Погрешность
90	0,146439	952	903	5,17 %
100	0,148275	1163	1101	5,31 %
110	0,149911	1395	1319	5,41 %
120	0,151372	1647	1557	5,47 %

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Таблиця 7. - **Различие значений тормозных путей, полученных расчетным путем по действительным и расчетным коэффициентам**

Скорость в начале торможения, км/ч	Расчетные значения тормозных путей по действительным коэффициентам, м	Расчетные значения тормозных путей по расчетным коэффициентам, м	Разница, %
90	897	952	5,78%
100	1094	1163	5,93%
110	1310	1395	6,09%
120	1546	1647	6,13%

Выводы.

1. Выполненные исследования показали, достаточно высокую погрешность определения тормозного пути грузового поезда по расчетным тормозным коэффициентам;

2. Расчетные тормозные коэффициенты, в качестве критерия тормозной эффективности, обуславливают проведение расчетных исследований, которые не соответствуют методике расчета тормозного пути по новым правилам [8];

Рекомендуется вместо расчетных тормозных коэффициентов в качестве критерия тормозной эффективности использовать действительные тормозные коэффициенты.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ34434-2018. ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ. Технические требования и правила расчета. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС), принят 30 октября 2018 г. (протокол № 113-П), Москва, Стандартинформ, 2018.;

2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 г.;

3. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України, Київ, Транспорт України 2002. -143 с.;

4. В.Г. Иноземцев, П.Т.Гребенюк. Номы и методы расчета автотормозов. Из-во «Транспорт», Москва, 1971 – 57 с.;

5. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ, 2003 – 94с;

6. Гребенюк П., Долганов А., Скворцова А. Тяговые расчеты . М. «Транспорт», 1987 – 272 с.;

7. Гребенюк П. Правила тормозных расчетов. М. «Интекст», 2004 – 112 с.;

8. Казаринов В.М. Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов. // В.М.Казаринов, В.Г.Иноземцев, В.Ф.Ясенцев Издательство «Транспорт», 1968, с 399;

9. Сафронов А. М. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования (монография):// А.М. Сафронов, Ю.Я. Водяников, Е.Г. Макеева – Кременчуг Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения (УкрНИИВ) 2018 г. – 173 с;