

# РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

УДК 629.463.629.4-592

DOI: 10.47675/2304-6309-2021-23-101-110

## *A.M. Сафронов\**

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»  
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина  
Телефон: (05366) 6-03-24

## *Ю.Я. Водянников*

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»  
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина  
Телефон: (05366) 6-20-43

## *Е.Г. Макеева*

Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт вагоностроения»  
ул. И. Приходько 33, г. Кременчуг, Полтавская обл., 39621, Украина  
Телефон: (05366) 6-02-50

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗА ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПО ЗАДАННЫМ КРИТЕРИЯМ ТОРМОЗНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЕЗДА

*(четырехосные полувагоны, крытые вагоны, платформы, думпкары)*

*Отсутствие нормативных значений действительных коэффициентов в новых правилах ГОСТ 34434-2018 не позволяет осуществлять и определять оптимальные характеристики тормоза по заранее принятым условиям тормозной эффективности (тормозному пути), что вызывает неопределенность в решении указанной задачи. Неопределенность состоит в том, что выбор характеристик тормозной системы грузового вагона приходится осуществлять методом перебора большого количества вариантов. В этой связи, в статье приведен инструментарий для определения действительного коэффициента силы нажатия тормозных колодок на колеса, удовлетворяющего заданной тормозной эффективности грузового поезда. В качестве инструментария используются универсальные формулы в виде степенной зависимости между действительным коэффициентом силы нажатия тормозных колодок и тормозным путем грузового поезда. Коэффициенты универсальных формул получены на основе компьютерного моделирования. На многочисленных примерах показано, что погрешность использования универсальных формул при расчетных исследованиях не превышает 1 % по сравнению с расчетными по методике ГОСТ 34434-2018. Приведены значения действительных коэффициентов в зависимости от осевой нагрузки вагона и скорости, при которых тормозные пути грузового*

© Сафронов А.М., Водянников Ю.Я., Макеева Е.Г.

## РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

*поезда соответствуют нормативным минимальным допустимым значениям.*

*Показано, что проведение расчетных исследований по универсальным формулам в среде EXCEL позволяет полностью автоматизировать процесс вычислений. Предложена методика определения передаточного числа рычажной передачи тормоза грузового вагона, при которой выполняются заданная тормозная эффективность. Предложенная методика позволяет выполнять многовариантные исследования по выбору оптимальных параметров тормозной системы грузовых вагонов, отвечающих заданным требованиям тормозной эффективности, и в значительной степени облегчает расчетные исследования.*

**Ключевые слова:** действительный коэффициент, тормозной путь, скорость, осевая нагрузка, степенная зависимость, коэффициент, передаточное число.

### **O.М. Сафронов\***

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»

вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-03-24

### **Ю.Я. Водяніков**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»  
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-20-43

### **О.Г. Макеєва**

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування»  
вул. І. Приходько 33, м. Кременчук, Полтавська обл., 39621, Україна  
Телефон: (05366) 6-02-50

## ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬМА ГРУЗОВОГО ВАГОНА ПО ЗАДАНИМ КРИТЕРІЯМ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОЇЗДА

(четиривісні напіввагони, криті вагони, платформи, думпкари)

*Відсутність нормативних значень дійсних коефіцієнтів в нових правилах ГОСТ 34434-2018 не дозволяють здійснювати і визначати оптимальні характеристики гальма по заздалегідь прийнятим умовам гальмівної ефективності (гальмівного шляху), що викликає невизначеність у вирішенні зазначеної задачі. Невизначеність полягає в тому, що вибір характеристик гальмівної системи вантажного вагона доводиться здійснювати методом перебору великої кількості варіантів. У зв'язку з цим, в статті наведено інструментарій для визначення дійсного коефіцієнта сили натиснення гальмівних колодок на колеса, що задоволяє заданий гальмівній ефективності*

---

*вантажного поїзда. В якості інструментарію використовуються універсальні формули у вигляді степенної залежності між дійсним коефіцієнтом сили натискання гальмівних колодок і гальмівного шляху вантажного поїзда. Коефіцієнти універсальних формул отримані на основі комп'ютерного моделювання. На численних прикладах показано, що похибка використання універсальних формул при розрахункових дослідженнях не перевищує 1% у порівнянні з розрахунковими за методикою ГОСТ 34434-2018. Наведені значення дійсних коефіцієнтів в залежності від осьового навантаження вагона і швидкості, за яких гальмівні шляхи вантажного поїзда відповідають нормативним мінімальним допустимим значенням. Показано, що проведення розрахункових досліджень за універсальними формулами в середовищі EXCEL дозволяє повністю автоматизувати процес обчислень. Запропоновано методику визначення передаточного числа важільної передачі гальма вантажного вагона, за якою виконуються задана гальмівна ефективність. Запропонована методика дозволяє виконувати різноманітні дослідження з вибору оптимальних параметрів гальмівної системи вантажних вагонів, що відповідають заданим вимогам гальмівної ефективності, і в значній мірі полегшує розрахункові дослідження.*

**Ключові слова:** дійсний коефіцієнт, гальмівний шлях, швидкість, осьове навантаження, степенна залежність, коефіцієнт, передаточне число.

**Введение.** До принятия ГОСТ 34434-2018, проектирование и расчет тормозных систем грузовых вагонов осуществлялся в соответствии с методиками и правилами [1-4], в которых также изложены основные регламентирующие показатели по обеспечению тормозной эффективности грузовых вагонов с осевой нагрузкой до 23,5 тс включительно. Тормозная эффективность грузовых вагонов с композиционными и чугунными тормозными колодками оценивалась по минимально допускаемым величинам расчетного коэффициента силы нажатия тормозных колодок, а также по расчетным силам нажатия композиционных колодок на ось в пересчете на чугунные [1, 2, 5]. Кроме того максимальные допустимые скорости движения грузовых поездов ограничивались единственным наименьшим тормозным нажатием композиционных колодок в пересчете на чугунные на каждые 100 тс веса [6].

Параметры тормоза выбирались, в зависимости от типа грузового вагона, в соответствии с инструкцией [7]. Для ориентировочного определения тормозного пути грузовых поездов, в зависимости от величины расчетных коэффициентов, использовались таблицы и номограммы [2, 5].

**Аналіз попередніх дослідженням і постановка проблеми.** Дальнейшее развитие грузового вагоностроения по пути создания грузовых вагонов с повышенными осевыми нагрузками до 25–30 тс и с допустимыми скоростями движения до 160 км/ч включительно обусловило принятие ГОСТ 34434-2018, в котором изложены новые правила расчета тормозов и требования к тормозной эффективности грузовых поездов [8].

Основная особенность требований к тормозной эффективности [8] состоит в том, что в критерии тормозной эффективности впервые введены максимальные допускаемые тормозные пути грузового поезда на ровной площадке в зависимости от скорости в начале торможения, причем допустимая скорость грузового поезда увеличена до 160 км/ч включительно. Кроме того, допустимые значения тормоз-

## РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

ных путей являются едиными для всего диапазона осевых нагрузок (230, - 294,3) кН (табл. 1).

*Таблица 1. - Максимальные допустимые значения тормозных путей грузовых поездов при максимальной загрузке (230,5-245,3-264,9-294,3 кН/ось)*

V, км/ч	до 90 включ.	св. 90 до 100 включ.	св. 100 до 120 включ.	св. 120 до 140 включ.	св. 140 до 160 включ.
S, м	1060	1040	1200	1340	1720

Изложенные в [8] правила тормозных расчетов грузовых вагонов, имеют принципиальные отличия от правил расчета [1 - 4]. Основные отличия состоят в том, что тормозной путь грузового поезда расчитывается по действительным силам нажатия тормозных колодок и действительным коэффициентом трения с учетом аналитической зависимости нарастания действительной силы нажатия тормозных колодок вдоль поезда при торможении.

Поэтому, целью расчетных исследований тормозов грузовых вагонов по новым правилам [8], является подтверждение соответствия тормозной системы нормативным требованиям, основными из которых являются максимальные допустимые значения тормозных путей грузового поезда на ровной площадке.

Вместе с тем, следует отметить, что тормозные пути грузового поезда представляют оценочную характеристику критерия, который обеспечивает нормативные значения тормозных путей. Таким критерием является действительный коэффициент силы нажатия композиционных колодок.

**Цель и задачи исследования.** Важнейшая составная часть проектирования тормозной системы грузового вагона заключается в выборе параметров тормоза, при которых обеспечивается тормозная эффективность [8].

Однако, отсутствие нормативных значений действительных коэффициентов в новых правилах [8] не позволяют осуществлять и определять оптимальные характеристики тормоза по заранее принятым условиям тормозной эффективности (тормозному пути), что вызывает неопределенность в решении указанной задачи.

Неопределенность состоит в том, что выбор характеристик тормозной системы грузового вагона приходится осуществлять методом перебора большого количества вариантов.

В этой связи, целью работы является разработка инструментария для определения действительного коэффициента силы нажатия тормозных колодок на колеса, удовлетворяющего заданной тормозной эффективности грузового поезда.

**Материалы и методы исследования.** Известно, что тормозной путь и определяющие его величину параметры (расчетные коэффициенты, удельные тормозные силы, коэффициенты трения, коэффициенты сцепления колеса с рельсом и др.) находятся в обратной зависимости гиперболического типа, что позволяет получить зависимость между действительным коэффициентом и величиной тормозного пути при фиксированной скорости в начале торможения в виде формулы (1), а также для тормозного пути – в виде формулы (2) [9]:

## РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

$$\delta_o(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V_0)}, \quad (1)$$

$$S(V_0) = c(V_0) \cdot \delta_o(V_0)^{d(V_0)}, \quad (2)$$

где коэффициенты  $c$  и  $d$  подлежащие определению.

Формулы (1) могут быть представлены в упрощенном виде:

$$\delta_o(V_0) = \exp(\ln c(V_0) + d \cdot \ln S(V_0)), \quad (3)$$

$$S(V_0) = \exp(\ln c(V_0) + d \cdot \ln \delta_o(V_0)) \quad (4)$$

где  $V_0$  - скорость в начале торможения, км/ч;

$\delta_o$  - действительный коэффициент силы нажатия тормозных колодок на колеса;

$S$  - тормозной путь, м;

$c(V_0)$  и  $d(V_0)$  - коэффициенты уравнений.

Коэффициенты  $c(V_0)$  и  $d(V_0)$  определяются статистическим методом [9] путем компьютерного моделирования [10]:

$$c_k = \exp \left( \frac{\sum_{i=1}^n \ln(\delta_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n (\ln(S_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)) \cdot \ln(\delta_i(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k))}{n \cdot (\sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n (\ln(S_i(V_k)))^2} \right), \quad (5)$$

$$d_k = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \ln(S(V_k)) \cdot \ln(\delta(V_k)) - \sum_{i=1}^n \ln(S(V_k)) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(\delta(V_k))}{n \cdot (\sum_{i=1}^n \ln(S_i(V_k)))^2 - \sum_{i=1}^n (\ln(S_i(V_k)))^2} \quad (6)$$

где  $S(V_k)$  и  $\delta_i(V_k)$  - тормозной путь и действительный коэффициент при скорости  $V_k$ .

На рис. 1 приведены допустимые минимальные значения действительных коэффициентов сил нажатия тормозных колодок, при которых тормозные пути грузового поезда соответствуют максимальным допустимым значениям (табл. 1).

Для иллюстрации метода, рассмотрим задачу определения действительного коэффициента силы нажатия композиционных колодок для грузового поезда: тормозной путь - 950 м; скорость в начале торможения 90 км/ч; осевая нагрузка 245,3 кН с использованием коэффициентов, приведенных на рис. 1.

Коэффициенты уравнения (3) определяются по первой таблице (рис. 1):  $c(90) = 78657,7$ ;  $d(90) = -1,5798$  при этом действительный коэффициент силы нажатия составит:

$$\delta_d = \exp(\ln(78657,7) + (-1,5798) * \ln(950)) = 1,554 \text{ кН/т.}$$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

Универсальные формулы также позволяют определять тормозные пути грузового поезда по действительному коэффициенту. Для этого коэффициенты уравнения (4) выбираются из второй половины таблицы рис. 1:  $c(90) = 1253,9425$ ;  $d(90) = (-0,62893)$ ):

$$S = \exp(\ln(1253,9) + (-0,6289)*\ln(1,554)) = 950,3 \text{ м.}$$

$\delta_d(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^d(V_0)$										$S(V_0)_{\text{зкл}} = c(V_0) \cdot \delta_d(V_0)^d(V_0)$	
V, км/ч	[S]	c(V)	d(v)	$\delta_d$	V, км/ч	$\delta_d$	c(V)	d(v)	S	[S]	$\Delta$
Осевая нагрузка 230,5 кН (23,5 тс)											
90	<b>1060</b>	66556,7	-1,5579	<b>1,289</b>	90	<b>1,289</b>	1246,7	-0,6400	<b>1059,8</b>	1060	0,015%
100	<b>1040</b>	149113,1	-1,6283	<b>1,823</b>	100	<b>1,823</b>	1498,7	-0,6080	<b>1040,1</b>	1040	0,011%
120	<b>1200</b>	624339,9	-1,7496	<b>2,558</b>	120	<b>2,558</b>	2053,8	-0,5720	<b>1200,0</b>	1200	0,001%
Осевая нагрузка 245,3 кН (25 тс)											
90	<b>1060</b>	78657,7	-1,5798	<b>1,307</b>	90	<b>1,307</b>	1253,9	-0,6289	<b>1059,6</b>	1060	0,042%
100	<b>1040</b>	182576,3	-1,6548	<b>1,857</b>	100	<b>1,857</b>	1511,9	-0,6044	<b>1040,0</b>	1040	0,000%
120	<b>1200</b>	612987,6	-1,7438	<b>2,617</b>	120	<b>2,617</b>	2061,5	-0,5623	<b>1200,1</b>	1200	0,011%
Осевая нагрузка 264,9 кН (27 тс)											
90	<b>1060</b>	61709,6	-1,5422	<b>1,333</b>	90	<b>1,333</b>	1275,8	-0,6447	<b>1060,1</b>	1060	0,012%
100	<b>1040</b>	209969,7	-1,6715	<b>1,902</b>	100	<b>1,902</b>	1520,2	-0,5902	<b>1040,0</b>	1040	0,005%
120	<b>1200</b>	916865,9	-1,7964	<b>2,697</b>	120	<b>2,697</b>	2076,8	-0,5529	<b>1200,0</b>	1200	0,003%
Осевая нагрузка 294,3 кН (30 тс)											
90	<b>1060</b>	75973,8	-1,5681	<b>1,370</b>	90	<b>1,370</b>	1295,8	-0,6381	<b>1060,0</b>	1060	0,002%
100	<b>1040</b>	317759,9	-1,7260	<b>1,971</b>	100	<b>1,971</b>	1540,0	-0,5788	<b>1040,0</b>	1040	0,001%
120	<b>1200</b>	1528367,4	-1,8623	<b>2,817</b>	120	<b>2,817</b>	2102,8	-0,5417	<b>1200,0</b>	1200	0,004%

**Рис. 1. Допустимые минимальные значения действительных коэффициентов сил нажатия тормозных колодок**

Для сравнительного анализа изложенной методики с расчетными исследованиями по методике [8], был выполнен расчет тормозного пути грузового поезда с осевой нагрузкой 245,3 кН (25 тс) для скорости в начале торможения 100 км/ч.

Результаты расчета показали, что при действительном коэффициенте силы нажатия композиционных колодок 1,452 кН/т, тормозной путь грузового поезда в груженом состоянии составил 1214,2 м. (рис. 2).

С применением универсальных формул, тормозной путь грузового поезда и действительный тормозной коэффициент составили 1207 м и 1,437 кН/т:

$$S = \exp(\ln(1511,9) + (-0,6044)*\ln(1,452)) = 1207 \text{ м},$$

$$\delta_d = \exp(\ln(182576,3) + (-1,6548)*\ln(1214)) = 1,437 \text{ кН/т}.$$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

При этом разница между значениями тормозных путей составила  $(1214 - 1207) = 7$  м (0,61 %), для действительного тормозного коэффициента разница составила:  $1,452 - 1,437 = 0,015$  (1,0 %).

Исходные данные		Результаты расчета		
		Вычисленные по новым правилам		Композиционные
		Порожний	Груженый	
Модель вагона				
интервальный шаг времени торможения	0,1			
Начальная скорость для груженого поезда, км/ч	100			
Начальная скорость для порожнего поезда, км/ч	100			
Параметры вагона				
Сила тяжести вагона, тс	24,5			
Сила тяжести груза, тс	75,100			
Число тормозных колодок на вагоне	8,000			
Число тормозных колодок колесной паре	2,000			
Число тормозных цилиндров	2,000			
Параметры тормозного цилиндра				
Диаметр поршня, м	0,254			
Жесткость пружины, кН/м	2,300			
Усилие предварительного сжатия пружины, кН	0,883			
КПД тормозного цилиндра	0,980			
Композиционные колодки				
Давление в тормозном цилиндре, кПа	груженый	300		
	порожний	130		
Передаточное отношение рычажной передачи		5,700		
Выход штока тормозного цилиндра, м	- груженый	0,065		
	порожний	0,065		
Параметры автопрегулятора				
Усилие предварительного сжатия, кН	0,883			
Жесткость пружины, кН/м	20,8			
Величина сжатия при торможении, м	0,010			
Передаточное отношение (композиционные колодки)	0,470			
Передаточное отношение (чугунные колодки)	0,560			
КПД рычажной передачи		0,950		

  

Тормозная эффективность		
Скорость в начале торможения, км/ч	100	100
Тормозной путь, м	782,1	1214,2
Расчетный коэффициент чугунных колодок	0,645	0,382
Тормозной путь при чугунных колодках, м	782,6	1214,0
в в пересчете на чугунные	3,95	9,51

  

Пересчет на чугунные колодки в груженом состоянии поезда	
Пересчет на чугунные колодки в порожнем состоянии поезда	

**Rис. 2. Результаты расчетных исследований тормозной эффективности грузового поезда по методике ГОСТ 34434-2018 [8]**

Полученные результаты свидетельствуют, что определение тормозных путей и действительных коэффициентов по универсальным формулам не превышает 1 % по сравнению с расчетными исследованиями.

Рекомендуется расчетные исследования выполнять в среде EXCEL, используя формулу «СТЕПЕНИ», что позволяет автоматизировать процесс вычисления характеристик (рис. 3).

$\delta_o(V_0) = c(V_0) \cdot S(V_0)^{d(V_0)}$		$S(V_0)_{\text{эксп}} = c(V_0) \cdot \delta_o(V_0)^{d(V_0)},$	
V, км/ч	[S]	c(V)	d(v)
Осевая нагрузка 23,5 тс			
90	<b>900</b>	66556,7	-1,5579
100		149113,1	-1,6283
120		624339,9	-1,7496
Осевая нагрузка 25 тс			
90	<b>1214</b>	78657,7	-1,5798
100		182576,3	-1,6548
120		612987,6	-1,7438
Осевая нагрузка 27 тс			
90	<b>1,119</b>	1,246,7	-0,6400
100	<b>1,452</b>	1,498,7	-0,6080
120	<b>2,061,5</b>	2,053,8	-0,5720

**Rис. 3. Использования электронных таблиц для определения характеристик**

## РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

Основные параметры тормоза грузового вагона регламентируются правилами расчета [8], за исключением передаточного числа рычажной тормозной передачи.

Поэтому, основной задачей исследования, является определение такого значения передаточного числа, при котором тормозной путь грузового поезда соответствует заданному значению.

В приведенном расчете (см. рис. 2) тормозной путь грузового поезда составил 1214 м при действительном коэффициенте 1,452 кН/т, что превышает максимальное допустимое значение 1040 м (см. табл.1) и требует изменения передаточного отношения тормозной рычажной передачи тормоза грузового вагона.

Для пересчета передаточного отношения используется формула:

$$n_2 = n_1 \cdot \delta_{d2} / \delta_{d1} = 5,7 \cdot 1,452 / 1,857 = 7,29, \quad (7)$$

где  $n_1$  и  $\delta_{d1}$  – передаточное число и тормозной коэффициент, задаваемые при расчетных исследованиях,  $n_1 = 5,7$ ;  $\delta_{d1} = 1,452$  кН/т (см. рис. 2);

$\delta_{d2}$  – тормозной коэффициент, при котором тормозной путь соответствует нормативному значению  $\delta_{d2} = 1,857$  кН/т (см. рис. 1).

Выполненные расчеты показали, что для передаточного отношения 7,29 тормозной путь грузового поезда составит 1037 м (рис. 4), что меньше максимально допустимого 1040 м.

Исходные данные		Результаты расчета	
Модель вагона			
интервальный шаг времени торможения	0.1		
Начальная скорость для груженого поезда, км/ч	100		
Начальная скорость для порожнего поезда, км/ч	100		
<b>Параметры вагона</b>		<b>Результаты расчета</b>	
Сила тяжест вагона, тс	24.5	Вычисленные по новым правилам	Композиционные
Сила тяжести груза, тс	75.100	Порожний	Груженый
Число тормозных колодок на вагоне	8.000	0.033	0.033
Число тормозных колодок колесной паре	2.000	0.513	0.513
Число тормозных цилиндров	2.000	8.501	23.117
<b>Параметры тормозного цилиндра</b>		Действительная сила нажатия на колодку, кН	9.223
Диаметр поршня, м	0.254	Расчетная сила нажатия на колодку, кН	21.427
Жесткость пружины, кН/м	2.300	Расчетный тормозной коэффициент, тс/т	0.307
Усилие предварительного сжатия пружины, кН	0.883	Действительный тормозной коэффициент, кН/т	2.776
КПД тормозного цилиндра	0.980	Приведенный тормозной коэффициент, тс/т	0.283
<b>Композиционные колодки</b>		Осевая нагрузка	0.189
Давление в тормозном цилиндре, кПа	300	Тормозная эффективность	
груженый		Скорость в начале торможения, км/ч	100
порожний	130	Тормозной путь, м	672,6
Передаточное отношение рычажной передачи	7,290	Расчетный коэффициент чугунных колодок	0.812
Выход штока тормозного цилиндра, м	0.065	Тормозной путь при чугунных колодках, м	672,8
груженый	0.065	в пересчете на чугунные	1037,1
порожний			11.67
<b>Параметры авторегулятора</b>		Пересчет на чугунные колодки в груженом состоянии поезда	
Усилие предварительного сжатия, кН	0.883	Пересчет на чугунные колодки в порожнем состоянии поезда	
Жесткость пружины, кН/м	20.8		
Величина сжатия при торможении, м	0.010		
Передаточное отношение (композиционные колодки)	0.470		
Передаточное отношение (чугунные колодки)	0.560		
КПД рычажной передачи	0.950		

*Rис. 4. Расчет тормозного пути грузового поезда при передаточном отношении 7,29*

**Выводы.** Предложенная методика, с применением универсальных формул, намного упрощает выбор оптимальных параметров тормозной системы грузовых вагонов для заданных требований тормозной эффективности грузового поезда без привлечения дополнительных расчетных исследований. Погрешность расчетных

# РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

исследований по универсальным формулам по сравнению с расчетными исследованиями по методике [8] не превышает 1 %. Использование программного комплекса EXCEL позволяет автоматизировать процесс выбора оптимальных параметров тормоза грузового вагона и ускорить процесс получения результата.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 329 с.
2. Гребенюк, Долганов А.Н, Скворцова А.И. Тяговые расчеты: справочник / под ред. П. Т. Гребенюка. М: Транспорт, 1987. 272 с.
3. В.Г. Иноzemцев, П.Т.Гребенюк. Нормы и методы расчета автотормозов: М: Транспорт, 1971. 57 с.
4. Гребенюк П. Т. Правила тормозных расчетов: М: Интект, 2004. 112 с.
5. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. Київ: Транспорт України, 2002. 143 с.
6. № ЦВ-0011. Нормативи по гальмам. Київ: Транспорт України, 1998. 18 с.
7. ЦВ-ЦЛ-0013. Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів. Київ: Транспорт України, 2005. 160 с.
8. ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. [Действует с 30.10.2018]. Москва: Стандартинформ, 2018. 27 с. (Межгосударственные стандарты).
9. Сафонов А. М., Водянников Ю.Я., Макеева Е.Г. Тормозная эффективность грузовых вагонов. Методология расчетных и экспериментальных исследований с использованием математических моделей и компьютерного моделирования: монография. Кременчуг: УкрНИИВ, 2018. 173 с.;
10. Э.Н. Львовский. Статистические методы построения эмпирических формул: Высшая школа, 1988. 239 с.

### **O.M. Safronov**

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "  
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-03-24

### **Yu.Ya. Vodiannikov**

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "  
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-20-43

### **O.G. Makeieva**

State Enterprise "Ukrainian Research Railway Car Bulding Institute "  
33 I. Prikhodka Str, Kremenchuk, Poltava region, 39621, Ukraine  
Tel.: (05366) 6-02-50

## DETERMINATION OF FREIGHT WAGON PARAMETERS ACCORDING TO THE SPECIFIED CRITERIA OF THE TRAIN BRAKING EFFICIENCY (four-axle gondola cars, covered cars, platforms, dump cars)

*The lack of normative values of the actual coefficients in the new rules of HOST 34434-2018 do not allow to implement and determine the optimal characteristics of the brake according to pre-accepted conditions of braking efficiency (braking distance), which causes uncertainty in solving this problem. The uncertainty is that the choice of characteristics of the braking system of the freight wagon has to be done by*

## РЕЙКОВИЙ РУХОМІЙ СКЛАД

---

*searching a large number of options. In this regard, the paper provides tools for determining the actual pressing force of the brake pads on the wheels, which complies with the specified braking performance of the freight train. As a tool, universal formulas are used in the form of a power relationship between the actual force of the brake pads and the braking distance of the freight train. The coefficients of universal formulas are obtained on the basis of computer modeling. Numerous examples show that the error in the use of universal formulas in calculation studies does not exceed 1% compared with the calculation method according to HOST 34434-2018. The values of the actual coefficients depending on the axial load of the wagon and the speed at which the braking distances of the freight train satisfy the normative minimum allowable values are given. It is shown that calculation studies performed according to the universal formulas in the EXCEL environment allows to fully automating the computational process. A method for determining the gear ratio of the brake lever of a freight wagon, according to which the specified braking efficiency is performed, is proposed. The proposed procedure allows you to perform a variety of studies to select the optimal parameters of the braking system of freight wagons that meet the specified requirements of braking efficiency, and greatly facilitates the calculation studies.*

**Key words:** *actual coefficient, braking distance, speed, axial load, power dependence, coefficients, gear ratio.*

### REFERENCES

1. Normy dlia raschieta i proiektirovaniia vahonov zhielieznikh doroh MPS kolei 1520 mm (niesamokhodnykh) [Standards for the calculation and design of railway cars of the Ministry of Railways 1520 mm (non-self-propelled)]. (1996). Moscow: HosNIIV – VNIIZhT, p. 319 [in Russian]
2. Hriebieniuk P., Dolhanov A. & Skvortsova A. (1987). Tiahovye raschiety [Traction calculations]. Moscow: "Transport", p. 272 [in Russian]
3. Inozemtsev V.G. & Grebenyuk P.T. (1971). Normy i metody raschieta avtotormozov [Standards and methods for calculating railcar brakes]. Moscow: "Transport", p. 57 [in Russian]
4. Hrebieniuk P. T. (2004). Pravila tormoznykh raschietov [Rules of brake calculations]. Moscow: "Intext", p. 112 [in Russian]
5. Tst-TsV-TsL-0015. Instruktsiia z ekspluatatsii halm rukhomoho skladu na zaliznytsiakh Ukrayiny [Instructions on the operation of rolling stock brakes on the railways of Ukraine]. (2002). Kyiv: «Transport Ukrayiny», p. 143 [in Ukrainian]
6. Yinstruktsia TsV-0011. Normatyvy po halmam. [TsV-0011. Instruction. Standards for brakes]. (1997). Kyiv: Transport Ukrayiny, p.19 [in Ukrainian]
7. TsV-TsL-0013 Instruktsiia z remontu halmivnoho obladnannia vahoniv [Instruction on repair of brake equipment of cars]. (2005). Kyiv, p. 160 [in Ukrainian]
8. Tormoznyie sistemy hruzovykh zhielieznodorozhnykh vahonov. Tiekhnicheskie triebovaniia i pravila raschieta [Brake systems of freight railway wagons. Technical requirements and calculation rules]. (2018, October 30). Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. HOST 34434-2018. Moscow: Standartinform, p.32 [in Russian]
9. Safronov A.M, Vodiannikov Y. Ya. & Makeeva E. G. (2018, October 30). Tormoznaia effektivnost hruzovykh vahonov. Metodolohiia raschietnykh i ekspierimentalnykh yssledovanii s yspolzovaniem matematicheskikh modelei y kompiuternoho modelirovaniia [Brake efficiency of freight wagons. The methodology of calculation and experimental studies using mathematical models and computer simulations]. Monograph. Kremenchuk: SE "UkrNIIV", p.173 [in Russian]
10. Lvovskii E.N. (1988). Statisticheskie metody postroeniia empiricheskikh formul [Statistical methods for constructing empirical formulas]. Vysshiaia Shkola, 239 p.