

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

К 629.45 – 592 : 001.891.5

Водянніков Ю.Я.

Кіницька Г.П.

Яланський М.І.,

Сафронов О.М.

### МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА ЗІ ЗМІШАНИМИ ГАЛЬМІВНИМИ (КОМПОЗИЦІЙНИМИ ТА ЧАВУННИМИ) КОЛОДКАМИ

Викладена методика визначення гальмівної ефективності пасажирських вагонів зі змішаними гальмівними колодками, показала, що чавунні колодки, установлені на колісній парі з приводом генератора від середньої частини осі, знижують розрахунковий гальмівний коефіцієнт близько 13 %, при екстремому гальмуванні та максимальному тиску у гальмівному циліндрі 0,42 МПа. Висновки та рекомендації будуть використані виробниками пасажирських вагонів для перспективних вагонів нового покоління.

Відповідно до інструкції [1] розрахункова сила натиснення композиційних колодок на колісну пару пасажирського вагона з тарою 53 т і вище в перерахунку на чавунні приймається рівною 10 тс при швидкості руху до 120 км/год (табл. Д.2.1 [1]), а для швидкостей руху (120-140) км/год і (140-160) км/год збільшується відповідно на 25 % і 30 % (п.10 додаток 2 [1]).

Разом з тим, як показують результати гальмівних поїзних випробувань пасажирських вагонів із приводом генератора від середньої частини осі їх гальмівна ефективність нижче розрахункової і не відповідає гальмівному натисненню, наведеному в інструкції [1]. Про це свідчать результати гальмівних поїзних випробувань дослідного пасажирського вагона при швидкості 160 км/год, що наведені в таблиці 1.

Табл. 1. Результати визначення розрахункового коефіцієнта сили натиснення колодок пасажирського вагона з масою бруто 64 т

Тиск повітря в гальмівних циліндрах, МПа	Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок в перерахунку на чавунні			Відхилення від дослідних значень, %	
	За результатами випробувань	За типовими залежностями	Згідно з додатком 2 інструкції [1]	Визначених за типовими залежностями	Визначених згідно з додатком 2 інструкції [1]
0,445	0,684875	0,823681	0,8125	20,27%	18,63%
0,46	0,769902	0,85224	0,8125	10,69%	5,53%

Основним показником ефективності гальмівної системи вагонів є розрахунковий гальмівний коефіцієнт ( $\delta_p$ ), який визначається за формулою:

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$d_{\delta} = \frac{\sum \hat{E}_{\delta}}{P_{\text{в}} + T} \quad (1)$$

де  $P_{\text{в}}$  - вага вантажу, тс;

$T$  - тара вагона, тс;

$K_p$  - розрахункова сила натиснення гальмівних колодок на колеса, що залежить від дійсної сили натиснення  $K_{K(\psi)}$ , визначається по формулі [2]:

- для чавунних колодок

$$\hat{E}_{\delta}^+ = 2,22 \cdot \hat{E}_{\pm} \cdot \frac{16 \cdot \hat{E}_{\pm} + 100}{80 \cdot \hat{E}_{\pm} + 100} \quad (2)$$

- для композиційних колодок

$$\hat{E}_{\delta}^{\varepsilon} = 1,22 \cdot \hat{E}_{\varepsilon} \cdot \frac{\hat{E}_{\varepsilon} + 20}{4 \cdot \hat{E}_{\varepsilon} + 20} \quad (3)$$

Для допустимих максимальних швидкостей руху поїздів установлюється єдине найменше гальмівне натиснення в перерахуванні на чавунні колодки на кожні 100 тс ваги поїзда (табл. 2).

Тому, як основний критерій, для оцінки гальмівної ефективності пасажирського вагона приймається гальмівне натиснення (або розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок) у перерахунку на чавунні колодки.

Табл.2. Єдине найменше гальмівне натиснення для пасажирських поїздів [3]

Максимальна швидкість руху, км/год	Найменше гальмівне натиснення на 100 тс ваги поїзда, тс	Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення в перерахунку на чавунні колодки
до 120 км/год включно	60	0,6
від 120 км/год до 130 км/год включно	68	0,68
від 130 км/год до 140 км/год включно	78	0,78
від 140 км/год до 160 км/год включно	80	0,80

З метою врахування різних типів гальмівних колодок, встановлених на вагоні, розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок у перерахунку на чавунні колодки ( $d_{\delta}^*$ ) пропонується визначати за формулою:

$$d_{\delta}^* = \frac{n_k \cdot d_{\delta}^{\varepsilon \rightarrow +} + n_{\pm} \cdot d_{\delta}^+}{n_k + n_{\pm}} \quad (4)$$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

де:  $n_k$  - кількість осей з композиційними колодками;  
 $n_c$  - кількість осей з чавунними колодками;  
 $\delta_p^{k \rightarrow c}$  - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення у перерахунку на чавунні колодки;  
 $\delta_p^c$  - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення чавунних колодок;

Коефіцієнти сили натиснення композиційних ( $\delta_p^k$ ) та чавунних ( $\delta_p^c$ ) колодок визначаються за типовими залежностями [2]. Для визначення розрахункового гальмівного коефіцієнта композиційних колодок у перерахуванні на чавунні для максимальної конструкційної швидкості ( $V_0$ ) використовується рекуррентна формула, що отримана з рівності гальмівного шляху вагона при композиційних і чавунних колодках:

$$d_{\delta(i+1)}^{\varepsilon \rightarrow +} = \frac{1}{[S_\varepsilon]} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{4,17 \cdot (V_i^2 - V_{i+1}^2)}{(1000 \cdot j_{\varepsilon\delta}^+ + \frac{W_{i\delta}}{d_{\delta i}^{\varepsilon \rightarrow +}})} \quad (5)$$

де  $[S_\varepsilon]$  - гальмівний шлях вагона при швидкості для композиційних колодок;  
 $\varphi_{kp}^c$  - розрахунковий коефіцієнт тертя для чавунних колодок при середній швидкості в кожному інтервалі, визначений за формулою [2]:

$$j_{\varepsilon\delta}^+ = 0,27 \cdot \frac{(V_i + V_{i+1})/2 + 100}{5 \cdot (V_i + V_{i+1})/2 + 100} \quad (6)$$

$\varphi_{ox}$  - основний питомий опір руху пасажирського вагона при середній швидкості в кожному інтервалі, визначений за формулою

$$w_\delta = 0,7 + \frac{8 + 0,16 \cdot (V_i + V_{i+1})/2 + 0,0023 \cdot ((V_i + V_{i+1})/2)^2}{(D_\delta + O)/(n_k + n_c)} \quad (7)$$

$\delta_p^{k \rightarrow c}$  - значення розрахункового коефіцієнта сили натиснення композиційних колодок в перерахунку на чавунні колодки, отримане при  $i$ -ій ітерації;

$P_{ep} + T$  - брутто вагона, тс.

$V_i$  і  $V_{i+1}$  - відповідно початкова та кінцева швидкість вагона в прийнятому розрахунковому інтервалі швидкостей.

Початкове значення визначається виходячи з рівності питомої гальмівної сили для композиційних і чавунних колодок при початковій швидкості по формулі:

$$d_{\delta 0}^{\varepsilon \rightarrow +} = \frac{d_\delta^{\varepsilon} \cdot j_{\varepsilon\delta}^{\varepsilon}(V_0)}{j_{\varepsilon\delta}^+(V_0)} \quad (8)$$

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

де  $\delta p^k$  - розрахунковий коефіцієнт сили натиснення композиційних колодок, визначений за типовими залежностями [2];

$\phi_{kp}^k(V_0)$  і  $\phi_{kp}^ч(V_0)$  - відповідно розрахункові коефіцієнти тертя композиційних і чавунних колодок [2]:

$$j_{\text{ед}}^*(V_0) = 0,27 \cdot \frac{V_0 + 100}{5 \cdot V_0 + 100} \quad (9)$$

$$j_{\text{ед}}^{\text{ч}}(V_0) = 0,36 \cdot \frac{V_0 + 150}{2 \cdot V_0 + 150} \quad (10)$$

За викладеною методикою виконане визначення гальмівної ефективності (розрахункового коефіцієнта сили натиснення в перерахунку на чавунні колодки) пасажирського вагона з різними типами гальмівних колодок (колісна пара з приводом від підвагонного генератора обладнана чавунними колодками, інші колісні пари – композиційними) за таких параметрів: швидкість руху – 140 км/год; брутто вагона – 64 тс; передаточне число ГВП при композиційних колодках – 5,33; тиск у гальмівному циліндрі – 0,42 МПа; вихід штока гальмівного циліндра – 150 мм.

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.

Табл. 3. Результати розрахунку

Показники	Величини характеристик за умови, що вагон обладнаний	
	композиційними колодками	чавунними колодками
1	2	3
Розрахунковий коефіцієнт сили натиснення колодок	0,2735	0,3647
Гальмівний шлях вагона без врахування часу підготовки гальм, м	1082	1005 1078 1082
Коефіцієнт сили натиснення колодок у перерахунку на чавунні: $\delta p_0^{k \rightarrow ч}$ (формула 5) $\delta p_1^{k \rightarrow ч}$ (формула 5) $\delta p_2^{k \rightarrow ч}$ (формула 5)		0,8199 0,7613 0,7586
Уточненні значення коефіцієнта сили натиснення у перерахунку на чавунні колодки (формула 4)	$d_a^* = \frac{3 \cdot 0,7586 + 1 \cdot 0,3647}{3 + 1}$ (розрахункова сила натиснення гальмівних колодок у перерахуванні на чавунні колодки – 42,2 тс)	
Уточненні значення розрахункового коефіцієнта сили натиснення у перерахунку на композиційні колодки	0,237	
Гальмівний шлях вагона без врахування часу підготовки гальм, м	1233	

## РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

---

Аналіз результатів проведених розрахункових досліджень показав, що чавунні колодки, установлені на колісній парі з приводом від підвагонного генератора, знижують розрахунковий гальмівний коефіцієнт близько 13%. Якщо прийняти, що при екстреному гальмуванні реалізується максимальний тиск у гальмівному циліндрі 0,42 МПа, то для швидкостей руху від 130 км/год до 160 км/год можуть бути допущені вагони з брутто не більше ніж 54 т (коефіцієнт гальмівного натиснення в перерахуванні на чавунні колодки для швидкості 140 км/год не менше 0,78 [3], а для швидкості 160 км/год – не менше ніж 0,80 [3]).

### Висновки

1. Для оцінки ефективності гальмівної системи пасажирських вагонів необхідно враховувати чавунні колодки, які установлені на колісній парі з приводом генератора від середньої частини осі.
2. Наявність чавунних колодок зменшує розрахунковий гальмівний коефіцієнт пасажирського вагона близько 13%.
3. Для пасажирських вагонів із брутто більше ніж 54 т, для руху зі швидкостями, що перевищують 120 км/год рекомендується використовувати дискові гальма.
4. Для пасажирських вагонів із приводом від підвагонного генератора, одна з колісних пар яких має чавунні колодки, необхідно переглянути норми єдиного гальмівного натиснення у бік його зменшення.

### ЛІТЕРАТУРА

1. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 «Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України». К.: «Транспорт України», 2002.
2. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.
- 3 Правила технічної експлуатації залізниць України, К., 2002.