

## ТРИВАЛІСТЬ ОСАДЖУВАННЯ ВАГОНІВ І ФАКТОРИ, ЩО НА НЕЇ ВПЛИВАЮТЬ

Встановлено вид рівнянь регресії, які адекватно описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і факторами, що впливають на середню тривалість осаджування у розрахунку на один перероблений вагон. Запропоновано розв'язання задачі визначення середньої тривалості осаджування у розрахунку на один состав у залежності від вагової категорії вагонів у потоці, що переробляється.

Установлен вид уравнений регрессии, адекватно описывающих связь между ошибкой торможения отцепов и факторами, влияющими на среднюю продолжительность осаживания на один переработанный вагон. Предложено решение задачи определения средней продолжительности осаживания на один состав в зависимости от весовой категории вагонов в перерабатываемом потоке.

A type of regression equations is determined, which adequately describe correlation between the error of braking of sets of cars and the factors affecting mean duration of reining in on one processed car. The solution for problem of determination of mean duration of reining in on one train depending on the weight category of cars in the stream being processed is offered.

Насущною проблемою сьогодення є зменшення тривалості знаходження вагонів на технічних станціях, що дозволяє скоротити обіг вагонів і їх робочий парк.

Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є зменшення тривалості виконання маневрових операцій, і зокрема, операцій з осаджування вагонів на коліях сортувального парку для ліквідації «вікон».

Величина «вікон» між групами вагонів на сортувальних коліях і витрати, що пов'язані з їх ліквідацією, залежать від якості прицільного регулювання швидкості скочування вагонів з сортувальної гірки.

Середня тривалість осаджування у розрахунку на один состав залежить від середньої кількості вагонів у ньому  $m_c$ , середньої кількості операцій осаджування  $P_{oc}$  і середньої довжини «вікна»  $l_{вік}$  на один перероблений вагон, тривалості піврейса заїзду на сортувальну колію (та повернення з сортувальної колії) окремого локомотива  $t_1$ , швидкостей осаджування  $v_{oc}$  і руху окремого локомотива по сортувальній колії під час його повернення в бік гірки після виконання осаджування  $v_{л}$  і згідно [1] визначається за формулою:

$$T_{oc} = m_c \left[ 2P_{oc}t_1 + 0,06l_{вік} \left( \frac{1}{v_{oc}} + \frac{1}{v_{л}} \right) \right]. \quad (1)$$

Елемент формули (1) у дужках являє собою середню тривалість осаджування у розрахунку на один вагон

$$t'_{oc} = 2P_{oc}t_1 + 0,06l_{вік} \left( \frac{1}{v_{oc}} + \frac{1}{v_{л}} \right). \quad (2)$$

Значення середньої кількості операцій осаджування  $P_{oc}$  і середньої довжини «вікна»  $l_{вік}$  на один перероблений вагон отримано на підставі імітаційного моделювання процесу розформування составів. При цьому загальна енергія відчепів, що погашається на гальмових позиціях, визначається за умови забезпечення заданої швидкості в точці прицілювання (5 км/год.). Значення швидкості виходу з паркової гальмової позиції визначається з урахуванням характеристик самого відчепів, крутизни ухилу сортувальних колій, яка становила 0,6 ‰, дальності пробігу по сортувальній колії та всіх інших факторів. Моделювання виконано для сортувальної гірки великої потужності на 32 колії.

Аналіз результатів імітаційного моделювання показав, що між похибкою гальмування відчепів (середньоквадратичним відхиленням похибки реалізації швидкості виходу відчепів з гальмової позиції  $\sigma_v$ ) і показниками роботи гірки  $l_{вік}$  і  $P_{oc}$ , а також між ваговою категорією вагонів у потоці, що підлягає переробці, та цими показниками є певний нелінійний кореляційний зв'язок.

Виконаний регресійний аналіз дозволив встановити, що зв'язок між похибкою гальмування  $\sigma_v$  і середньою довжиною «вікна»  $l_{вік}$  та середньою кількістю операцій осаджування  $P_{oc}$  на один перероблений вагон з урахуванням

впливу вагової категорії вагонів у потоці, що переробляється, можна адекватно описати рівнянням регресії виду

$$y = b_0 + b_1 \sigma_v^2. \quad (3)$$

Урахування впливу вагової категорії вагонів є можливим завдяки поділу всієї сукупності дослідних значень на частини та розгляду двох випадків:

1) коли вагони важкої та середньо-важкої вагової категорії у потоці, що переробляється, складають 65 % і більше;

2) коли вагони цих вагових категорій складають менш, ніж 65 %.

За формулою (2) величина  $t'_{oc}$ , крім середньої кількості операцій осаджування  $P_{oc}$  і середньої довжини «вікна»  $l_{вік}$  на один перероблений вагон, також залежить від тривалості піврейса заїзду  $t_1$  і швидкості руху окремого локомотива по сортувальній колії  $v_d$ .

Таким чином, певну цікавість являє собою питання визначення впливу цих факторів на середню тривалість осаджування у розрахунку на один вагон.

Згідно [2] під час прямування вільною колією окремого локомотива швидкість його руху може становити не більш, ніж 60 км/год. Зважаючи на те, що згідно [3] допустима швидкість руху кривими радіусом 200 м, які застосовуються у гірковій горловині, становить 40 км/год., значення  $v_d$  варіювалося в межах від 5 до 40 км/год., а саме:

- 1) 5 км/год.;
- 2) 7 км/год.;
- 3) 10 км/год.;
- 4) 15 км/год.;
- 5) 20 км/год.;
- 6) 25 км/год.;
- 7) 30 км/год.;
- 8) 35 км/год.;
- 9) 40 км/год.

При цьому, швидкість осаджування вагонів  $v_{oc} = 5$  км/год. [2].

Довжина піврейса заїзду на сортувальну колію окремого локомотива  $l_1$  варіювалася в межах від 140 до 400 м, а саме:

- 1) 140 м;
- 2) 190 м;
- 3) 240 м;
- 4) 290 м;
- 5) 340 м;
- 6) 400 м.

Тривалість виконання піврейса заїзду визначено згідно [4].

Результати розрахунків  $t'_{oc}$  за формулою (2) при  $l_1 = 140 \dots 400$  м і  $v_d = 5$  км/год., для прикладу, наведено на рис. 1. При цьому, значення  $P_{oc}$  і  $l_{вік}$  визначено в залежності від похибки гальмування відчепів за рівнянням (3).

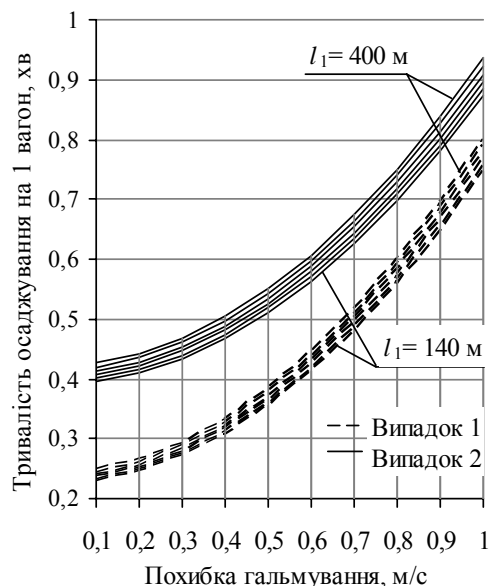


Рис. 1. Криві залежності середньої тривалості осаджування у розрахунку на один вагон від похибки гальмування відчепів

Аналіз отриманих результатів дозволив зробити висновок про незначний вплив довжини  $l_1$  і тривалості  $t_1$  піврейса заїзду на сортувальну колію локомотива на середню тривалість осаджування у розрахунку на один вагон.

Такий висновок дозволив встановити вид рівнянь регресії, що описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон при відповідній швидкості руху окремого локомотива  $v_d$ , коефіцієнти яких визначаються за методом найменших квадратів [5].

Рівняння для розгляду обиралися за принципом найменшої залишкової дисперсії (або дисперсії відносно лінії регресії)  $D_3$  [6].

Для перевірки адекватності опису результатів експериментів рівнянням регресії використано  $F$ -критерій Фішера [7] і відносне відхилення  $v$  дійсних значень  $y_i$  від прогнозних [8]. Прийнято, що рівняння регресії є адекватним, якщо розраховане значення  $F$ -критерію більше табличного  $F_{табл}$  при ймовірності помилки 5 %, а також відносне відхилення  $v \leq 10$  %.

Виконані розрахунки показали, що зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон у разі довжини піврейса заїзду на сортувальну колію окремого локомотива  $l_1 = 140...400$  м при певній швидкості руху окремого локомотива  $v_{л}$ , можна адекватно описати рівнянням регресії типу

$$t'_{ос} = b_0 + b_1 \sigma_v^2. \quad (4)$$

При цьому, розраховані значення  $F$ -критерію Фішера знаходяться у діапазоні 40,8...209,7, що більше табличного значення (1,64) при ймовірності помилки 5 %. Відносні відхилення дійсних значень від прогнозних  $v$  знаходяться у діапазоні 1,7...3,6 %, що відповідає умові  $v \leq 10$  %.

Для прикладу, криві регресії, які описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон, у випадку 1, коли вагони важкої та середньо-важкої вагової категорії у потоці, що переробляється, складають 65 % і більше, наведено на рис. 2.

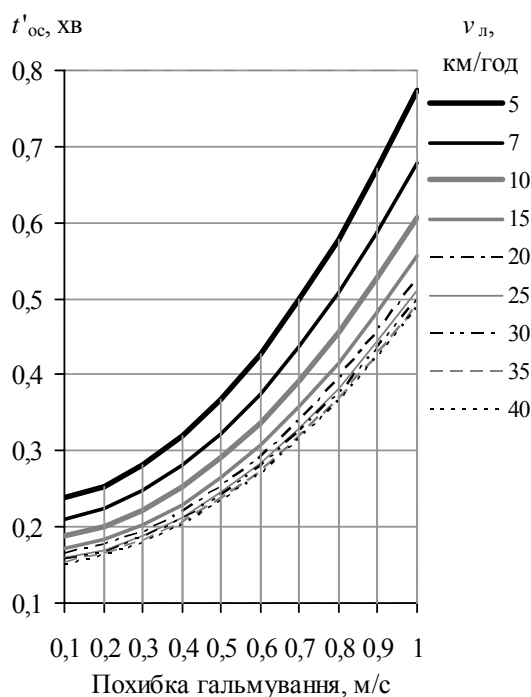


Рис. 2. Криві регресії, які описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон для випадку 1

Аналіз кривих, які представлено на рис. 2, дозволяє зробити висновок про незначний вплив швидкості руху окремого локомотива по сортувальній колії під час його повернення в

бік горба гірки після виконання осаджування на середню тривалість осаджування у розрахунку на один вагон у разі, якщо  $v_{л} \geq 15$  км/год.

Тому розглянуто можливість отримання рівнянь регресії, які описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон для наступних варіантів:

- 1)  $v_{л} = 5...7$  км/год.;
- 2)  $v_{л} = 7...10$  км/год.;
- 3)  $v_{л} = 10...15$  км/год.;
- 4)  $v_{л} = 15...40$  км/год.

Виконаний регресійний аналіз дозволив встановити, що зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон для вказаних вище варіантів швидкості руху окремого локомотива по сортувальній колії  $v_{л}$  при розгляді двох випадків – коли вагони важкої та середньо-важкої вагової категорії у потоці, що переробляється, складають 65 % і більше (1), і, коли вагони цих вагових категорій у потоці складають менш, ніж 65 % (2) – можна адекватно описати рівнянням регресії, що є аналогічним рівнянню (4). Коефіцієнти рівнянь регресії наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Параметри рівнянь регресії			
Швидкість локомотива, км/год.	Випадок	Коефіцієнти рівняння	
		$b_0$	$b_1$
5...7	1	0,219	0,508
	2	0,382	0,464
7...10	1	0,194	0,451
	2	0,339	0,413
10...15	1	0,175	0,409
	2	0,306	0,375
15...40	1	0,155	0,357
	2	0,271	0,326

Критерії перевірки адекватності рівнянь регресії наведено у табл. 2.

При цьому, розраховані значення  $F$ -критерію Фішера знаходяться у діапазоні 18,15...76,58, що більше табличного значення  $F_{табл}$  при ймовірності помилки 5 %. Відносні відхилення дійсних значень від прогнозних  $v$  знаходяться у діапазоні 2,5...7,3 %, що відповідає умові  $v \leq 10$  %.

Таблиця 2

## Перевірка адекватності рівнянь регресії

$v_{л},$ км/год.	Випадок	$F$	$F_{табл}$	$\nu,$ %
5...7	1	36,31	2,19	7,3
	2	18,15	2,19	7,1
7...10	1	46,45	2,19	5,4
	2	24,90	2,19	6
10...15	1	76,58	2,19	3,0
	2	33,84	2,19	4,4
15...40	1	57,03	1,64	3,5
	2	31,59	1,64	2,5

Криві регресії, які описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон, наведено на рис. 3.

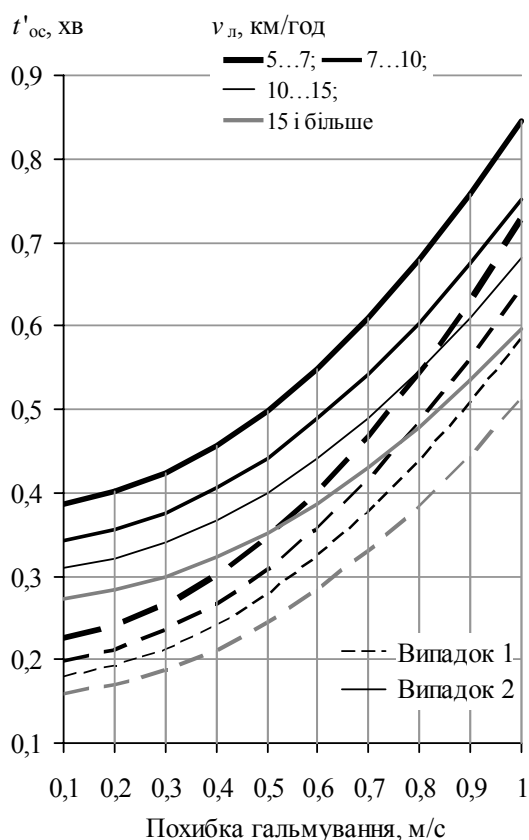


Рис. 3. Криві регресії, які описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон

## Висновки

1. Урахування впливу вагової категорії вагонів є можливим завдяки поділу всієї сукупності дослідних значень на частини та розгляду двох випадків:

1) коли вагони важкої та середньо-важкої вагової категорії у потоці, що переробляється, складають 65 % і більше;

2) коли вагони цих вагових категорій складають менш, ніж 65 %.

2. Тривалість півреїса заїзду окремого локомотива на сортувальну колію при його довжині, що коливається у межах 140...400 м, не має суттєвого впливу на середню тривалість осаджування у розрахунку на один вагон.

3. Весь діапазон можливих швидкостей руху окремого локомотива по сортувальній колії під час його повернення в бік гірки після виконання осаджування можна звести до чотирьох випадків і отримати для них рівняння регресії, що адекватно описують зв'язок між похибкою гальмування відчепів і середньою тривалістю осаджування у розрахунку на один вагон.

4. Середня тривалість осаджування у розрахунку на один состав в залежності від похибки гальмування  $\sigma_v$  може бути визначена за формулою:

$$T_{ос} = m_c [b_0 + b_1 \sigma_v^2]. \quad (5)$$

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] / Муха Ю. А. и др. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.
2. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України [Текст]. – К., 2005. – 464 с.
3. Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях Державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 (1524) мм [Текст]. – Київ, 2004. – 51 с.
4. Сотников, И. Б. Эксплуатация железных дорог: в примерах и задачах [Текст] / И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 232 с.
5. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст]: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков – М.: Транспорт, 1981, – 223 с.
6. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
7. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст]: учеб. пособие / Е. Н. Львовский. – М.: Высш. школа, 1982. – 224 с.
8. Негрей, Н. П. Прогнозирование размеров работы сортировочных станций с помощью статистических методов [Текст] / Н. П. Негрей // Проблемы проектирования станций и узлов: межвуз. сб. науч. статей / под ред. Н. В. Правдина. – Гомель: БелИИЖТ, 1984. – С. 10-21.

Надійшла до редколегії 08.10.2008.