

УДК 656.212.5:629.4.017

КОЗАЧЕНКО Д.М., д.т.н., доцент, начальник науково-дослідної частини (ДНУЗТ);
ПАСІЧНИЙ О.М., асистент (ДНУЗТ);
ІВАЩЕНКО Є.В., асистент (ДНУЗТ).

Удосконалення норм закріплення рухомого складу на станційних коліях

Вступ

В 60-80 роки двадцятого сторіччя відбувся перехід рухомого складу від підшипників ковзання до роликових підшипників. При цьому, разом з беззаперечно позитивним фактом зменшення опору руху вагонів та, відповідно, зменшенням витрат на тягу поїздів, виникла проблема утримання вагонів на станційних коліях, коли вони знаходяться без локомотивів. Задачу надійного закріплення вагонів ускладнює те, що позовжній профіль багатьох станцій був запроєктований для умов роботи вагонів на підшипниках ковзання, які мали більший опір. В сучасних умовах закріплення рухомого складу на залізницях України здійснюється в основному гальмовими башмаками. Виконання цієї операції вимагає додаткових витрат часу і, на станційних коліях зі значним ухилом, призводить до великих простоїв вагонів, локомотивів, падіння пропускної та переробної спроможності станцій. У зв'язку з цим задача вибору раціональних норм закріплення рухомого складу гальмовими башмаками є актуальною для залізничного транспорту України.

Основний матеріал

В основу діючих норм закріплення покладено вираз

$$W_y + W_b \leq W_{тр} + F_z, \quad (1)$$

де W_y , W_b – відповідно рушійне зусилля від ухилу та вітрового навантаження;

$W_{тр}$ – опір рушанню з місця;

F_z – утримуюче зусилля, що створюють гальмові башмаки.

Дослідження впливу різних факторів на величину зусиль, що діють на вагон, виконано у [1]. Результати цих досліджень дали можливість на підставі виразу (1) отримати розрахункове рівняння для визначення норм закріплення вагонів гальмовими башмаками:

$$\sum_{j=1}^{k_6} \bar{f}_6 q_{0,j} 10^3 + n \bar{w}_{тр} q_0 - t_x \sqrt{\sum_{j=1}^{k_6} \sigma_6^2 q_{0,j}^2 10^6 + n' n \sigma_{тр}^2 q_0^2} = , (2)$$

$$= n q_0 i + \frac{17,8(4C_x + (n-4)C_{xx}) F_v^2}{4(273 + t^\circ)}$$

де i – ухил елемента профілю, ‰;

t_x – довірчий інтервал;

q_0 – навантаження на вісь вагона;

C_x , C_{xx} – коефіцієнти повітряного опору відповідно першого та наступних вагонів у составі;

F – площа поперечного перетину вагону, м²;

v_b – швидкість вітру, м/с;

t° – температура навколишнього повітря, °C;

n – кількість осей у составі;

n' – кількість осей у вагонах, для яких згідно натурних спостережень визначалось значення $\sigma_{тр}$;

$\bar{w}_{тр}$, $\sigma_{тр}$ – математичне очікування та середнє квадратичне відхилення величини питомого опору руху вантажного вагона;

$\bar{f}_6, \sigma_6$ - математичне очікування та середнє квадратичне відхилення коефіцієнту гальмової дії башмака;

k_6 – кількість гальмових башмаків.

В результаті були встановлені норми закріплення рухомого складу на залізницях СРСР [2, 3], які формулювались наступним чином:

При закріпленні рухомого складу на станційних коліях необхідно керуватись наступними мінімальними нормами:

А) для підшипників ковзання:

а) на горизонтальних коліях окремі вагони та состави можуть не закріплюватися;

б) на коліях з ухилами – один гальмовий башмак на кожні 200 осей навантажених чи порожніх вагонів та на кожну 0,001 спуску;

Б) для роликових підшипників:

а) на горизонтальних коліях – по одному гальмовому башмаку для закріплення будь-якої кількості навантажених, чи порожніх вагонів;

б) на коліях з ухилами на кожні 200 вагонів норми закріплення збільшуються на 2 гальмових башмака у порівнянні з нормами, наведеними для підшипників ковзання;

в) при закріпленні порожніх вагонів до кількості башмаків, що розраховані за нормою наведеною у пункті Б-б, додається ще один башмак на кожні 200 осей.

Таким чином, норма кількості башмаків для закріплення навантажених вагонів на роликових підшипниках згідно з [2, 3] виглядала як

$$k_6 = \frac{n(i+2)}{200}, \quad (3)$$

а для порожніх вагонів

$$k_6 = \frac{n(i+3)}{200}, \quad (4)$$

У 1993 році у Російській Федерації та у 1995 році в Україні були введені в дію нові «Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи» [4, 5] (ІРП), згідно з якими норми закріплення рухомого складу формулюються наступним чином:

При закріпленні вагонів на станційних коліях необхідно керуватись наступними мінімальними нормами:

а) на горизонтальних коліях і коліях з ухилами до 0,0005 – по одному гальмовому башмаку для закріплення будь-якої кількості вагонів;

б) на коліях з ухилами на кожні 200 осей змішаної групи вагонів, що закріплюються, яка складається із навантажених та порожніх або різних за вагою навантажених вагонів, під час укладання гальмових башмаків під порожні вагони, або вагони з невідомим навантаженням на вісь кількість башмаків має бути рівною величині ухилу в тисячних, помноженій на 4, з додаванням одного башмака;

в) при закріпленні на коліях з ухилами порожніх маршрутів або навантажених маршрутів з однорідними за вагою (брутто) вагонами, а також змішаних груп вагонів за умови укладання гальмових башмаків під навантажені вагони з навантаженням на вісь не менше 15 т (або під вагони з меншим навантаженням на вісь, але максимальним для групи вагонів, що закріплюється) кількість башмаків на кожні 200 осей має бути рівною ухилу в тисячних, помноженій на 1,5 з додаванням одного башмака.

Наведені норми діють і до теперішнього часу [6].

Таким чином при закріпленні составів з однорідних за вагою вагонів, або при укладанні башмаків під вагони з навантаженням на вісь понад 15 т кількість гальмових башмаків визначається за формулою

$$k_6 = \frac{n(1,5i+1)}{200}, \quad (5)$$

а для составів з різнорідних вагонів при укладанні башмаків під вагони з навантаженням на вісь менше 15 т

$$k_6 = \frac{n(4i+1)}{200}. \quad (6)$$

Дослідження виразів (3) та (5) показало, що суттєвої різниці при визначенні норм закріплення составів, для умов, коли гальмові башмаки укладаються під завантажені вагони з навантаженням на вісь понад 15 т, або при закріпленні однорідних составів немає. В той же час, дослідження виразів (4) та (6) показало, що у новій методиці [6] норми закріплення суттєво збільшені і для ухилів 2-3‰ необхідно укладання 5-8 додаткових гальмових башмаків. В результаті суттєво збільшилися простої рухомого складу під операцією закріплення.

Для аналізу обґрунтованості методики визначення потрібної кількості гальмових башмаків, що укладаються під змішаний состав з невідомим навантаженням на вісь, розглянемо процес закріплення состава, що складається трьох порожніх та 54 завантажених вагонів на ухилі 2,5 ‰. Маса такого состава буде складати 5142 т. Рушійне зусилля від ухилу – 12,86 т. Для закріплення такого состава, згідно з методикою ІРП СРСР [3] необхідно 7 гальмових башмаків. Коефіцієнт гальмової дії башмака повинен складати 0,26 – 0,33, що суттєво перевищує фактичне значення. Тобто підвищення норм закріплення в ІРП України [6] є обґрунтованим, так як в експлуатаційній діяльності можуть зустрічатись состави, для яких методика, що викладена в ІРП СРСР [3], не забезпечує надійного закріплення. Необхідно відмітити зміну умов експлуатації залізничного транспорту при його функціонуванні в СРСР та в Україні. Період 70-х – 80-х років характеризується переходом від рухомого складу на підшипниках ковзання до роликів підшипників. В цей час до составів поїздів входили вагони на різних підшипниках. Зважаючи на те, що опір рушан-

ню з місця вагонів на підшипниках ковзання у 7-10 разів вище, ніж у роликів підшипників, то наявність вагонів з підшипниками ковзання у составах підвищувала надійність утримання вагонів на станційних коліях. В сучасних умовах весь рухомий склад переведено на роликові підшипники, що і викликало необхідність зміни норм закріплення. В той же час для існуючої методики [6] характерними є і певні колізії. Розглянемо, наприклад, состав з 50-ти порожніх вагонів масою 1100 т, що закріплюється на ухилі 2 ‰. Згідно з [6] для надійного утримання такого состава необхідно 4 гальмових башмака. Якщо у составі поїзда буде один завантажений вагон і 49 порожніх, то він вважається змішаним. Маса такого состава буде складати 1172 т. Для його закріплення згідно з [6] необхідно 9 гальмових башмаків. Таким чином, збільшення маси состава на 6,5% викликало необхідність збільшення норм закріплення у 2,25 раз, що є необґрунтованим.

У зв'язку з цим важливою задачею є удосконалення методики нормування кількості гальмових башмаків для забезпечення безпечного утримання рухомого складу на станційних коліях.

Необхідно відмітити, що безпосередньо використовувати вираз (2) для розрахунку кількості гальмових башмаків в сучасних умовах досить складно з декількох причин. По перше, в сучасних нормативних документах відсутні відомості щодо розподілу випадкової величини гальмової дії башмака при закріпленні рухомого складу. В [7] наведено значення гальмової дії башмака для гіркових розрахунків при умові, що друге колесо ковзає юзом по рейці, яке складає $0,17 \pm 0,03$. В [1] наведено математичне очікування та середнє квадратичне відхилення коефіцієнту гальмової дії башмака, які складають відповідно $\bar{f}_0 = 0,25$ та $\sigma_f = 0,055$. В [8] вказується, що коефіцієнт гальмової дії башмака може змінюватись в межах від 0,07 (при потраплянні мастила на рейки, чи в умовах дощу) до 0,3 (якщо рейки засипані піском). По друге відсутнє нормативне значення величини довірчого інтервалу t_x . У

зв'язку з цим виконані дослідження в основному ґрунтуватись на аналізі методики [6], використання якої забезпечує надійне утримання рухомого складу, що підтверджується досвідом експлуатації протягом останніх 18 років.

Відповідно до [6] на горизонтальних коліях і коліях з ухілами до 0,0005 – безпечне утримання состава забезпечує один гальмовий башмак при закріпленні будь-якої кількості вагонів. При цьому на состав діють рушійні зусилля від вітру та від ухилу, а також утримуючі зусилля від дії гальмового башмака та опору рушанню з місця. Відповідно можна, зробити висновок, що опір рушанню з місця та гальмова дія одного гальмового башмака забезпечує компенсацію дії вітрового навантаження та рушійної сили від ухилу до 0,5 %. Виконані дослідження показали, що укладання гальмового башмака необхідно в першу чергу для утримання порожніх составів, які мають низький опір рушанню з місця, від дії вітрового навантаження. Утримання завантажених вагонів на ухілах до 0,5‰ забезпечується практично за рахунок опору рушанню з місця. Отримані висновки повністю відповідають існуючим вимогам ІРП [6] та не суперечать даним натурних спостережень.

Враховуючи, що величина опору рушанню з місця та вітрового навантаження не залежать від ухилу, то із подальших розрахунків ці складові можуть виключені із виразу (1). При збільшенні ухилу додаткове рушійне зусилля створюється лише за рахунок ухилу, а утримуюче зусилля створюється додатковими гальмовими башмаками. В цьому випадку умова надійного закріплення состава визначається виразом

$$Q(i-0,5) \leq k_{\text{бд}} f_6 q_0, \quad (7)$$

де $k_{\text{бд}}$ – кількість додаткових башмаків.

Однією з загроз для безпечного закріплення составів є те, що коефіцієнт гальмової дії башмаків є випадковою величиною і, в умовах укладання малої кількості башмаків, він може мати значення суттєво менші за середні. Розглянемо умови закріплення составів при діючій методиці [6]. В якості розрахункового состава прийнято состав з 57 чотиривісних вагонів (228 осей).

Несприятливим випадком при закріпленні змішаного состава поїзда є випадок, коли башмаки укладаються під порожні вагони, а інші вагони є завантаженими. Гіршим є випадок, коли башмаки укладаються під кожен візок вагона. У цьому випадку маса розрахункового состава з 228 осей може бути визначена за допомогою виразу

$$Q_p = 22 \left\lceil \frac{k_{\text{бд}}}{2} \right\rceil + 94 \left(228 - 4 \left\lceil \frac{k_{\text{бд}}}{2} \right\rceil \right), \quad (8)$$

де $\lceil x \rceil$ - операція округлення числа до цілих у більшу сторону.

Мінімальний потрібний коефіцієнт гальмової дії, при якому виконується умова безпечного закріплення состава на колії, визначається як

$$f_6 = \frac{Q(i-0,5)}{1000 k_{\text{бд}} q_0}. \quad (9)$$

При аналізі коефіцієнту гальмової дії, що реалізується групою башмаків, прийнято параметри розподілу $\bar{f}_6 = 0,25$ та $\sigma_{f_6} = 0,055$ [1]. Також прийнято, що в нормальних умовах коефіцієнт гальмової дії башмака є не меншим за 0,14 [7]. При розрахунках прийнято, що значення коефіцієнту гальмової дії башмака повинен знаходитись в межах 5 середніх квадратичних відхилень. Розрахунковий коефіцієнт гальмової дії башмака визначався за формулою.

$$f_{\text{бп}} = \bar{f}_6 - 5 \frac{\sigma_{f_6}}{\sqrt{k_6}}. \quad (10)$$

Результати розрахунків представлені на рис. 1.

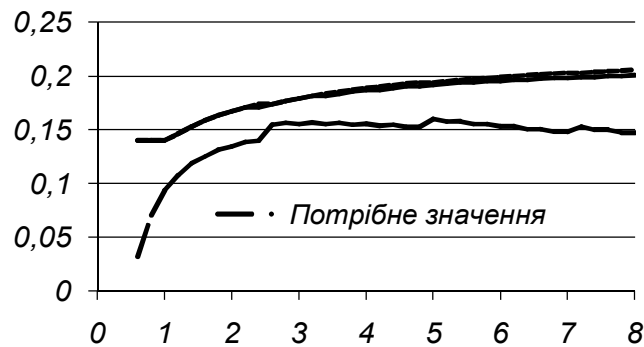


Рис.1. Потрібний та реалізуємі коефіцієнти гальмової дії башмаків

Таким чином, виконані розрахунки показують, що існуючі норми закріплення забезпечують надійне утримання составів навіть при несприятливому розташуванні у ньому вагонів.

Недоліком існуючої методики є те, що в ній враховується лише кількість осей состава. В той же час рушійне зусилля від ухилу пропорційне не кількості осей состава, а його масі. У зв'язку з цим можливим шляхом удосконалення норм закріплення є врахування у них маси состава для організованих поїздів. Встановлення норм закріплення відповідно до маси состава здійснюється, наприклад, в [9] при зупинці поїздів на перегонах та несправності у них автогальм.

В якості розрахункової формули прийнято вираз

$$n_6 = \frac{Q(i-0,5)}{1100} + \frac{3n_{oc}}{200} = \frac{Q(i-0,5) + 16,5n_{oc}}{1100}. \quad (11)$$

В даному виразі прийнято, що один гальмовий башмак з коефіцієнтом гальмової дії 0,2, який укладено під колесо з навантаженням на вісь 5,5 т спроможний забезпечити утримання состава масою 1100 т на ухилі 1 ‰. Три додаткові гальмові башмаки на кожному 200 осей забезпечують компенсацію вітрового навантаження та надійне закрі-

плення состава в умовах зменшення коефіцієнту гальмової дії башмака. Аналіз запропонованої методики, наведений на рис. 1, показує що запропонована методика також забезпечує надійне утримання составів.

Вважаючи на те, що реальна маса составів з різнорідних вагонів складає 2500-3500 т, то на ухилах 2-3 ‰ досягається зменшення кількості гальмових башмаків на 25-30%.

За аналогією до (11) в якості розрахункової формули для визначення кількості гальмових башмаків при їх укладанні під завантажені вагони розглянуто можливість використання виразу

$$n_6 = \frac{Q(i-0,5)}{3000} + \frac{n_{oc}}{100} = \frac{Q(i-0,5) + 30n_{oc}}{3000}. \quad (12)$$

Дослідження ефективності запропонованої методики виконано на основі аналізу впливу зміни норм закріплення составів на роботу станцій Придніпровської залізниці.

Аналіз поїздопотоку, що прибуває у розформування на станцію Нижньодніпровськ-Вузол показує, що середнє навантаження на вісь у составі поїзда складає 11,0 т, що у 2,1 рази менше ніж розрахункове значення 23,5 т, яке використовується в діючій методиці.

В ході дослідження на підставі аналізу натурних листів поїздів визначено кількість

гальмових башмаків, що повинні бути укладені за існуючою та запропонова-

ною методикою. Результати порівняння представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Розподіл потрібної кількості башмаків для закріплення составів при різних нормах

Кількість башмаків	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Існуюча методика	3	8	35	5	7	13	9	11	22	51	36	2	2	2	2	1
Пропонуєма методика	4	12	48	15	33	38	29	21	4	1	2	2	-	-	-	-

Основний ефект від запропованої методики досягається за рахунок скорочення кількості випадків використання 11-13 башмаків для закріплення составів за рахунок збільшення випадків використання 5-7 башмаків. В цілому для станцій, що побудовані на ухилах 2-2,5% забезпечується зменшення кількості гальмових башмаків на 1,5 – 2,8 башмака в середньому на состав в залежності від характеру поїздопотуку.

Висновки

Таким чином, урахування маси вантажних поїздів дозволяє забезпечити надійне утримання составів при зменшених нормах закріплення поїздів і може бути рекомендовано для удосконалення методики визначення кількості гальмових башмаків, наведеної в ІРП.

Список літератури

1. Р.В. Рутковский, М.А. Буканов, Е.А. Сотников, В.М. Рудановский – Новые нормы и правила закрепления подвижного состава на станционных путях [Текст] // Железнодорожный транспорт, 1972, № 6.– с. 37-39.

2. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Союза ССР [Текст]. – М.: Транспорт, 1976. – 304 с.

3. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Союза ССР [Текст]. – М.: Транспорт, 1985. – 242 с.

4. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации [Текст]. – М.: Транспорт, 1993. – 170 с.

5. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України [Текст]. – К.: Транспорт України, 1995. – 506 с.

6. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України [Текст]. – К.: Транспорт України, 2005. – 506 с.

7. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР [Текст]. ВСН 207-89. – М., 1992.

8. Сулейманов, Ф.Б. Уход подвижного состава и меры по его профилактике: Методические рекомендации [Текст] / Ф.Б. Сулейманов, А.Н. Финк. – Самара: ОАО РЖД. Куйбышевская железная дорога, 2007 г.

9. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава на железных дорогах Украины [Текст]: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015. – Київ: Транспорт України, 2002. – 200 с.

Анотації:

У статті виконано аналіз методик розрахунку необхідної кількості гальмових башмаків для закріплення рухомого складу на станційних коліях, що були прийняті на залізницях СРСР та України. Доведено, що урахування маси вантажних поїздів дозволяє зменшити норми закріплення при безумовному за-

безпеченні безпеки руху. Запропоновано удосконалену методику визначення кількості гальмових башмаків.

В статті виконаний аналіз методик розрахунку необхідного кількості тормозних башмаків для закріплення подвижного складу на станційних путях, які були прийняті на залізницях СРСР і України. Доведено, що урахування маси вантажних поїздів дозволяє зменшити норми закріплення при безумовному забезпеченні безпеки руху.

Предложена усовершенствованная методика определения количества тормозных башмаков.

In this paper the analysis methods of calculating the required number of brake shoes for fixing the rolling stock on the station tracks that were taken on the railways of the USSR and Ukraine. It is shown that taking into account the weight of freight trains reduces the consolidation rules for ensuring absolute safety. An improved method for determining the amount of brake shoes is proposed.

