УДК (656.22+656.212):656.2.08

Я.В.БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ, канд. техн. наук (Львівська філія ДНУЗТу, Львівський НДІ судових експертиз), С.С.ДОВГАНЮК, канд. техн. наук (Львівська філія ДНУЗТу)

Гальмування маневрового состава при низьких значеннях коефіцієнта зчеплення коліс з рейками

Ключові слова: залізнично-транспортна пригода, судова експер-тиза, тягові розрахунки, гальмівний шлях, состав, профіль колії, коефіцієнт тертя, коефіцієнт зчеплення, юз.

Постановка задачі

З метою встановлення технічної можливості запобігання залізнично-транспортних пригод, пов'язаних із зіткненнями румого складу виникає необхідність розрахунку гальмівного шляху керованих трасннортних засобів [1, 2].

Розвиток механізму більшості вказаних залізничнотранспортних пригод характеризується нетиповими умовами гальмування [5,6]. Це унеможливлює пряме застосування загальнопоширених методів теорії тяги поїздів та гальмівних розрахунків [3, 4].

У той же час, на коліях з важкими умовами руху, наприклад, на під'їзних коліях промислових підприємств зі значними ухилами (20‰ і більше), великою кількістю кривих малого радіуса та стрілочних переводів а також внаслідок забруднення рейок реалізуються низькі значення коефіцієнта зчеплення коліс з рейками [7]. Останнє призводить до зменшення сили зчеплення коліс з рейками і, відповідно, до зменшення гальмівної сили, яка може бути реалізована при умові без'юзового гальмування.

Необхідно також враховувати, що при гальмуванні маневового состава, який рухається з невеликою швидкістю, його зупинка може відбутися ще до повного наповнення гальмівних циліндрів стиснутим повітрям.

Задача полягає у тому, щоб визначити гальмівний шлях маневрового состава, який рухається по крутому спуску в умовах забруднення рейок та перевірити умову без'юзового гальмування при різних режимах та умовах руху.

Метод розв'язування задачі

Загальні положення розрахунку гальмівного шляху

В роботі [8] передбачено два методи розрахунку гальмівного шляху — за інтервалами швидкості та за інтервалами часу.

© Я.В. Болжеларський, С.С. Довганюк, 2010.

Метод розрахунку гальмівного шляху за інтервалами швидкості загальновідомий [3, 4, 11]. Однак при гальмуванні маневрового состава, що рухається з невеликою швидкістю, зупинка состава може відбутися до повного наповнення гальмівних циліндрів повітрям. У такому випадку метод розрахунку гальмівного шляху за інтервалами швидкості є неприйнятним і застосовується метод розрахунку гальмівного шляху за інтервалами часу.

Шлях, який проходить маневровий состав у кожному інтервалі часу, визначається як:

$$\Delta s_{\text{г}} = \frac{\Delta t \cdot \upsilon_{\text{ср}}}{3{,}6}, \qquad (1)$$

де Δt — інтервал часу, с; $\upsilon_{\text{ср}} = (\upsilon_{\text{п}} + \upsilon_{\text{к}})/2$ — середня швидкість у інтервалі, км/год.

Кінцева швидкість у інтервалі визначиться як:

$$\upsilon_{\text{к}} = \upsilon_{\text{п}} + \Delta\upsilon, \qquad (2)$$

де $\Delta\upsilon$ — приріст швидкості у інтервалі, км/год.

$$\Delta\upsilon = \frac{\varsigma\left(1000\phi_{\text{кр}} \cdot \vartheta_{\text{р}} + \omega_{0\text{х}} + i_{\text{с}}\right) \cdot \Delta t}{3600}, \qquad (3)$$

де $\upsilon_{\text{п}}$ та $\upsilon_{\text{к}}$ — початкова та кінцева швидкості у інтервалі, км/год; ς — сповільнення поїзда внаслідок дії одиничної питомої сповільнюючої сили, км/год^2; $\vartheta_{\text{р}}$ — розрахунковий гальмівний коефіцієнт поїзда; $\phi_{\text{кр}}$ — розрахунковий коефіцієнт тертя гальмівних колодок у інтервалі швидкостей; $\omega_{0\text{х}}$ — основний питомий опір руху поїзда при холостому ході локомотива, Н/кН (кгс/тс); $i_{\text{с}}$ — питомий опір від спрямленого (у профілі та у плані) ухилу, для якого проводяться розрахунки, Н/кН (кгс/тс).

Розрахунок за формулою (1) проводиться до досягнення значення кінцевої швидкості $\upsilon_{\text{к}}$=0 км/год. Загальний гальмівний шлях визначається як сума усіх $\Delta s_{\text{г}}$.

При виконанні гальмівних розрахунків застосовується розрахунковий гальмівний коефіцієнт, який визначається як відношення сумарної розрахункової сили натиснення гальмівних колодок поїзда до ваги екіпажа (локомотива, вагона, чи усього состава), та у загальному випадку може бути визначений, як

$$\vartheta_{\text{р}} = \frac{\sum K_{\text{р}}}{Q}, \qquad (4)$$

де $\sum K_{\text{р}}$ — розрахункова сумарна сила натиснення на осі екіпажа, кН (тс); Q — вага екіпажа, кН (тс).

Величина

$$b_{\text{г}} = \vartheta_{\text{р}} \cdot \phi_{\text{кр}} \qquad (5)$$

називається питомою гальмівною силою.

Основний питомий опір руху состава при холостому ході локомотива визначається з виразу:

$$\omega_{0\text{х}} = \frac{P \cdot \omega_{\text{х}} + Q \cdot \omega_0''}{P + Q}, \qquad (6)$$

де P — вага локомотива, кН (тс); Q — вага состава, кН (тс); $\omega_{\text{х}}$ — основний питомий опір руху локомотива при холостому ході, Н/кН (кгс/тс); ω_0'' — основний питомий опір руху состава Н/кН (кгс/тс).

Вирази для визначення $\phi_{\text{кр}}$, $\omega_{\text{х}}$, ω_0'', значення ς для різних умов гальмування та характеристик составів загальновідомі і наведені у [8].

Застосування машиністом ступінчатих гальмувань враховується шляхом підстановки у розрахункові фор-

Таблиця 1

Режим повітрерозподільників	Доля $\vartheta_\text{д}$ від його повного значення для ступенів службового гальмування		
	I	II	III
Ватнажний та середній	0,3	0,5	0,7
Порожній	0,5	0,65	0,8

Таблиця 2

Зростання розрахункового гальмівного коефіцієнта $\vartheta_\text{р}$ вантажного поїзда довжиною до 500 м у процесі наповнення гальмівних циліндрів

Δt, с	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	>24
$\vartheta_\text{р}$, %	0	20	45	65	80	90	95	98	100

мули не повного значення розрахункового гальмівного коефіцієнта поїзда $\vartheta_\text{р}$, а його долі [8].

Доля розрахункового гальмівного коефіцієнта поїзда для службового гальмування у залежності від ступеня гальмування та режиму повітрерозподільників наведена у табл. 1.

У [8] наведені значення гальмівного коефіцієнта поїзда в процентах від його повного значення, які необхідно приймати у процесі наповінення гальмівних циліндрів. Ці значення для состава довжиною до 500 м наведені у табл. 2.

Для підвищення точності розрахунків застосовується спрямлення профілю колії, методика якого детально описана у [3, 4]. Особливості спрямлення профілю колії при розміщені состава на елементах профіля з різними знаками розкриті у [6].

Явище юзу та умова без'юзового гальмування

Гальмівною силою називається зовнішня сила $B_\text{г}$, яка діє на колесо зі сторони рейки та напрямлена у зворотнью до руху сторону:

$$B_\text{г} = K \cdot \phi_\text{к} = K_\text{р} \cdot \phi_\text{кр},$$

де K — фактична (дійсна) сила натиснення гальмівної колодки на колесо; $\phi_\text{к}$ — фактичний (дійсний) коефіцієнт тертя між колодкою та колесом; $K_\text{р}$ — розрахункова сила натиснення гальмівної колодки на колесо; $\phi_\text{кр}$ — розрахунковий коефіцієнт тертя між колодкою та колесом.

Гальмівна сила реалізується у точках контакта коліс з рейками. Кочення колеса по рейці без проковзування відбувається за рахунок сили зчеплення $B_\text{зч}$. При цьому,

$$B_\text{зч} = P_\text{к} \cdot \psi,$$

де $P_\text{к}$ — навантаження від колеса на рейку; ψ — коефіцієнт зчеплення між колесом та рейкою.

Коефіцієнт зчеплення ψ, що дорівнює відношеню максимально можливої сили зчеплення до фактичного навантаження колеса на рейку, залежить від стану поверхонь рейок та коліс, від навантаження колеса на рейку, яке змінюється у процесі руху внаслідок нерівностей колії, розвантаження коліс і т.п., а також від швидкості руху. Для вантажних вагонів при швидкостях від 20 до 120 км/год та навантаженні від колісної пари на рейку від 60 до 120 кН коефіцієнт зчеплення змінюється від 0,13 до 0,07. Під час туману, роси, при дрібному дощі, особливо при утворенні на рейках інію та забруднених рейках, коефіцієнт зчеплення зменшується і може бути менше 0,04. При входжені коліс у криві ділянки та при виході з них коефіцієнт ψ зменшуєтья на 5...10%. Коефіцієнт зчеплення підвищується до 0,2 при підсипанні піску на рейки [9,10,11].

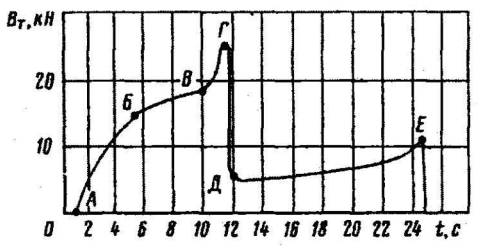

Рис. 1. Зміна гальмівної сили $B_\text{г}$ при заклинюванні колісних пар (юзі).

Явище, коли колесо перестає обертатись та ковзає по рейці при русі поїзда, називається *заклинюванням* чи *юзом*. Внаслідок тертя колеса по рейці у точці їх контакта виникають високі температури, які привзодять до пластичного зсуву метала на поверхні кочення колеса (навар) при проковзуванні, утворенні на ньому повзуна (овальної площадки) при ковзані, а у деяких випадках — до викришування метала колеса та утворенню вищербин [11].

Для того, щоб кочення по рейці при гальмуванні відбувалося без проковзування чи юза, необхідно, щоб гальмівна сила не перевищувала силу зчеплення коліс з рейками, тобто

$$\phi_\text{кр} \cdot \sum K_\text{р} \le \psi_\text{р} \cdot Q.$$

Дану умову можна записати у вигляді

$$\vartheta_\text{р} \le \frac{\psi_\text{р}}{\phi_\text{кр}}, \qquad (7)$$

чи

$$b_\text{г} = \phi_\text{кр} \cdot \vartheta_\text{р} \le \psi_\text{р}.$$

Таким чином, максимальна питома гальмівна сила, яка може бути реалізована при гальмуванні, обмежена величиною коефіцієнта зчеплення коліс з рейками.

На рис. 1, запозиченому з [11], наведена крива зміни гальмівної сили при заклинені колісної пари. На ділянці *АБ* гальмівна сила наростає внаслідок збільшення сили натиснення колодок на колесо, а на ділянці *БВ* — внаслідок збільшення $\phi_\text{к}$ зі зменшенням швидкості (при постійній силі натисненя колодок).

В точці *В* вналіdок порушення зчеплення з рейкою швидкість обертання колеса зменшується, збільшується $\phi_\text{к}$, що призводить до різкого зростання гальмівної сили до максимального значення, яке позначене на рис. 2 буквою *Г*. У цей момент обертання колеса припиняється, наступає юз і гальмівна сила різко падає до величини, що позначена буквою *Д*. Оскільки обертання колеса припинилось, гальмівною силою (ділянка *ДЕ*) стає сила тертя ковзання коліс по рейках. Коефіцієнт тертя ковзання коліс по рейках значно менший за коефіцієнт зчеплення, тому при коченні колеса по рейці може бути реалізована значно більша гальмівна сила, ніж при ковзанні. Це є причиною збільшення гальмівного шляху при юзі. Деяке збільшення гальмівної сили перед зупинкою (точка *Е*) пояснюється ростом коефіцієнта тертя заклиненого колеса при зниженні швидкості і утворенням повзуна [11].

Визначимо діапазон значень коефіцієнта зчеплення коліс з рейками.

Графічні залежності коефіцієнта зчеплення від швидкості руху при різних умовах гальмування для різних типів рухомого складу наведені у [9] і показані на рис. 2.

Розрахунковий коефіцієнт зчеплення (при нормальному стані рейок) для локомотивів визначається за формулою:

$$\psi_к = 0{,}118 + \frac{5}{27{,}5 + v}.$$

Розрахунковий коефіцієнт зчеплення при посипанні рейок піском приймається рівним $\psi_к = 0{,}2$. В умовах зволожених, але чистих поверхонь кочення рейки та колеса при швидкостях, що близькі до нуля реалізується коефіцієнт зчеплення $\psi_к = 0{,}14$.

Вплив явища юзу на можливість зупинки маневрового сотава на спуску

Як уже було відзначено, коефіцієнт тертя ковзання коліс по рейках є значно меншим коефіцієнта зчепления, що призводить до збільшення гальмівного шляху. При русі юзом гальмівна сила стає рівною силі тертя коліс по рейках і може бути визначена як

$$B_{тр} = \sum P \cdot \phi_{тр}, \qquad (8)$$

де $\sum P$ — навантаження від коліс, які рухаються юзом, на рейки; $\phi_{тр}$ — коефіцієнт тертя ковзання колеса по рейці.

Величина коефіцієнта тертя ковзання колеса по рейці залежить від багатьох факторів — стану поверхні, швидкості, навантаження на вісь, наявності кривих і т.і. Коефіцієнт тертя ковзання колеса по рейках значно менший за коефіцінт зчеплення. У [9, 10] при проведенні гальмівних випробувань в експлуатації було отримано значення $\phi_{тр} = 0{,}01...0{,}02$.

Для умов руху юзом, враховуючи (5) і те, що $\omega_{0x} = 0$, оскільки немає кочення, вираз для визначення пройденого шляху при зміні швидкості від $v_п$ до $v_к$ (7) можна записати у вигляді

$$s = \sum \frac{500(v_п^2 - v_к^2)}{\zeta(b_{тр} + i_c)}, \qquad (9)$$

де $b_{тр}$ — питома гальмівна сила при русі юзом,

$$b_{тр} = \frac{B_{тр}}{P + Q}. \qquad (10)$$

Аналізуючи вираз (9), приходимо до висновку, що якщо на спуску буде виконуватись умова

$$b_{тр} \le |i_c|, \qquad (11)$$

то маневровий состав, рухаючись юзом, на спуску крутизною i_c не зупиниться.

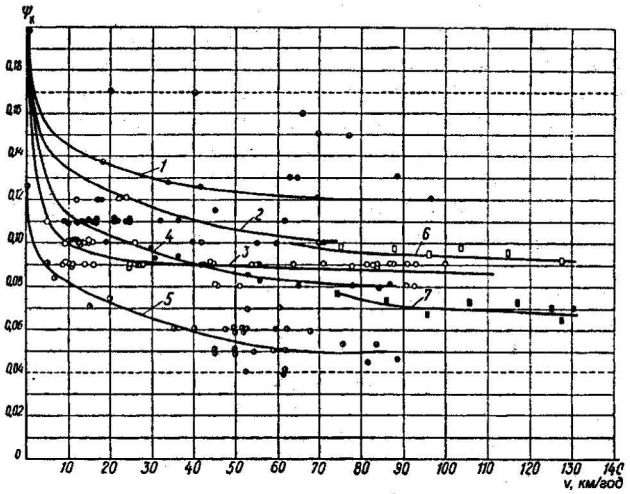

Рис. 2. Залежність коефіцієнта зчеплення коліс з рейками від швидкості руху при гальмуванні: 1 — порожнього вагона з композиційними колодками; 2 — порожнього вагона з чавунними колодками; 3 — завантаженого вагона з композиційними колодками; 4 — завантаженого вагона з чавунними колодками; 5 — порожнього та завантаженого вагонів на забруднених (политих мастилом) рейках; 6 — порожнього вагона ЦМВ на чистих сухих рейках; 7 – порожнього вагонах на вологих рейках, що забрудені торфовим пилом.

Послідовність розв'язання задачі

Приклад. 12.06.09 р. на під'їзних коліях підприємства «Агротранссервіс» маневровим тепловозом серії ЧМЭ3 проводилась подача вагонів на фронт вивантаження шляхом осаджування по першій під'їзній колії, профіль якої наведений на рис.3. Поверхня кочення рейок вказаної колії була забруднена мастильними матеріалами. Маневровий состав довжиною 96,9 м складався з тепловоза ЧМЭ3 (вага 123 тс, 6 осей, чавунні гальмівні колодки, розрахункова сила натиснення на вісь — 11 тс.) та шести піввагонів (вага 508 тс, 24 осі, композиційні гальмівні колодки). У хвостовому вагоні состава була технічна несправність гальмівного обладнання, яка полягала у самовільному відпуску гальм при службовому гальмуванні.

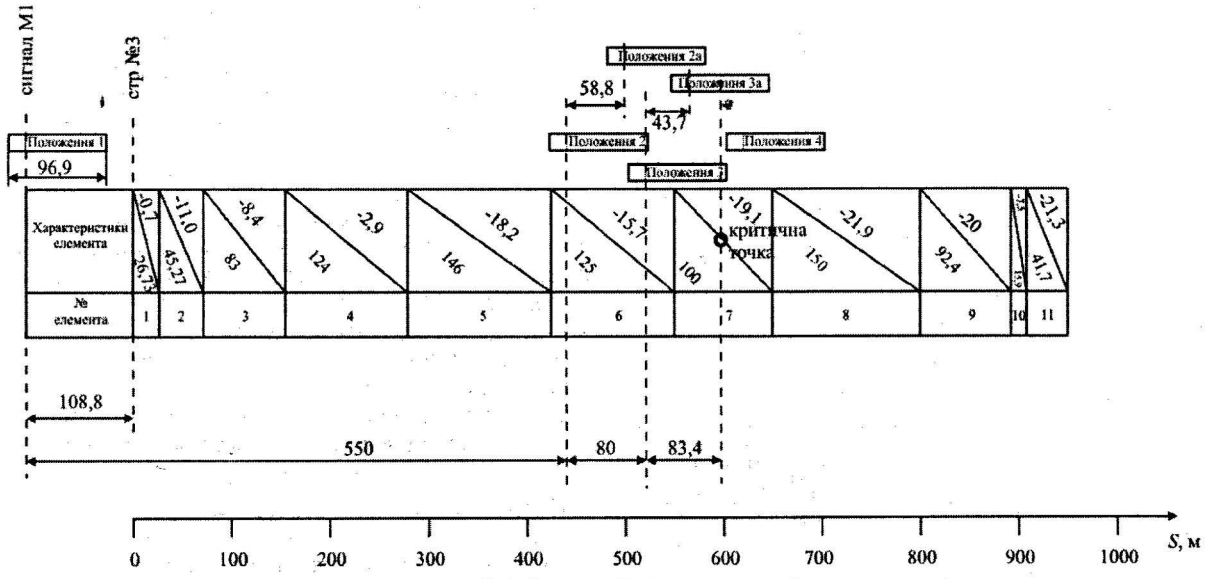

Рис. 3. Профіль першої під'їзної колії підприємства «Агротранссервіс».

Перед початком руху (осаджування вагонів) на першу під'їзну колію маневровий состав знаходився перед стрілочним переводом №3 у районі маневрового світлофора М1 (положення 1, рис. 3). Під час руху по спуску машиністом тепловоза у положені 2, (рис. 3) було застосоване допоміжне гальмо локомотива та перша ступінь гальмування шляхом розрядки гальмівної магістралі краном машиніста на 0,3 кгс/см². Вказані дії не відповідали вимогам Інструкції [12], у якій передбачено зниження тиску при першій ступені гальмування для цих умов на 0,5...0,9 кгс/см². Маневровий состав знизив швидкість, машиніст тепловоза відпустив допоміжне гальмо локомотива, відчувши, що гальмівного ефекту немає і застосував повне службове гальмування шляхом розрядки гальмівної магістралі краном машиніста на 1,3 кгс/см² через 80 м після застосування першої ступені гальмування (положення 3 на рис. 3). Швидкість маневрового состава практично не знизилась і через 100 м машиністом тепловоза було застосоване екстрене гальмування (положення 4, рис. 3). Маневровий состав на крутому спуску став некерованим і зіткнувся з тупиковою призмою, внаслідок чого відбулося руйнування вагонів та втрата вантажу.

Для вихідних даних наведеного прикладу необхідно розрахувати гальмівний шлях при застосуванні лише допоміжного гальма локомотива, при застосуванні повного службового гальмування, виконати перевірку умови без'юзового гальмування при цих режимах та оцінити вплив явища юзу на можливість зупинки маневрового состава на крутому ухилі.

Таблиця 3

Результати розрахунку гальмівного шляху маневрового состава при гальмуванні допоміжним гальмом локомотива

Δt, с	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27
$\vartheta_р$, %	0	20	45	65	80	90	95	98	100
$\vartheta_р$	0	0,021	0,047	0,068	0,084	0,094	0,099	0,102	0,105
$v_н$, км/год	10,00	11,22	12,04	12,37	12,31	11,96	11,40	10,71	9,94
$v_к$, км/год	11,22	12,04	12,37	12,31	11,96	11,40	10,71	9,94	0,00
$v_{ср}$, км/год	10,61	11,63	12,20	12,34	12,14	11,68	11,06	10,33	4,97
$\omega_с$, кгс/тс	2,55	2,57	2,58	2,59	2,59	2,58	2,57	2,56	2,54
ω_0, кгс/тс	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90
$\omega_{0к}$, кгс/тс	1,22	1,23	1,24	1,24	1,24	1,24	1,23	1,23	1,22
$\phi_{кр}$	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,23
Δv, км/год	1,22	0,82	0,33	-0,06	-0,35	-0,56	-0,68	-0,78	-0,85
Δs, м	8,84	9,69	10,17	10,28	10,11	9,73	9,21	8,61	4,14

Таблиця 4

Δt, с	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15
$\vartheta_р$, %	0	20	45	65	80
$\vartheta_{р\,сост}$	0	0,0652	0,1467	0,2119	0,2608
$v_н$, км/год	14,00	15,57	15,00	11,73	6,20
$v_к$, км/год	15,57	15,00	11,73	6,20	0,00
$v_{ср}$, км/год	14,79	15,29	13,37	8,96	3,10
$\omega_с$, кгс/тс	2,62	2,66	2,64	2,58	2,48
ω_0, кгс/тс	0,93	0,94	0,94	0,91	0,88
$\omega_{0с}$, кгс/тс	1,26	1,28	1,27	1,24	1,19
$\phi_{кр}$	0,33	0,33	0,33	0,34	0,35
Δv, км/год	1,57	-0,57	-3,27	-5,54	-7,45
Δs, м	12,32	12,74	11,14	7,47	2,58

Розрахунок гальмівного шляху маневрового состава при дії лише допоміжного гальма локомотива

Положення маневрового состава, які показані на рис. 3., дозволяють визначити питомі сили від ухилів, що діють на маневровий состав у момент застосування гальмувань.

В положенні 2 на состав будуть діяти сили від ухилів №6, №7, при спрямлені яких отримуємо сумарну крутизну спрямленої ділянки $i_с = -13{,}43‰$.

Розрахуємо гальмівний шлях маневрового состава при умові застосування лише допоміжного гальма локомотива, приймаючи, що при зниженні тиску у гальмівній магістралі на 0,3 кгс/см² та несправному повітрерозподільнику у одному вагоні гальма у составі не спрацювали.

Використовуючи вираз (4) визначимо розрахунковий гальмівний коефіцієнт маневрового состава при умові, що діють лише гальма локомотива. Сумарна сила натиснення на колодки при умові увімкнення гальм локомотива на вантажний режим гальмування

$$\sum K_р = 11{\cdot}6 = 66 \text{ тс}.$$

Повне значення розрахункового гальмівного коефіцієнта у цьому випадку:

$$\vartheta_р = \frac{66}{123+508} = 0{,}1046.$$

Подальші розрахунки проведемо з використанням виразів (1), (2), (3), (6) та зведемо до табл. 3.

Сума відстаней, пройдених маневровим составом в кожному інтервалі являє собою гальмівний шях маневрового состава

$$s_г = 80{,}7 \text{ м}.$$

Розрахунок гальмівного шляху маневрового состава при застосуванні повного службового гальмування

Визначимо чисельне значення гальмівного шляху маневрового состава, що знаходиться у третьому положенні (див. рис.3) на елементах профіля № 7,8 при швидкості руху состава 14 км/год. Для підвищення точності розрахунків спрямимо указані елементи і отримаємо значення приведеного ухилу $i_с = -17‰$.

Встановимо повне значення розрахункового гальмівного коефіцієнта згідно формули (4). Для маневрового состава, з врахуванням несправності гальмівного обладнання одного вагона (4 осі) він буде становити:

$$\vartheta_{р\,сост}^{100\%} = \frac{6{\cdot}11+20{\cdot}7}{508+123} = 0{,}326.$$

Розрахунок гальмівного шляху проведемо по інтервалах часу з використанням виразів (1), (2), (3), (6) та врахуванням збільшення гальмівного коефіцієнта вантажного поїзда у процесі наповнення циліндрів (табл.2) аналогічно до розрахунку для умов гальмування допоміжним гальмом локомотива (див. вище). Результати розрахунку зведено до табл. 4.

Гальмівний шлях маневрового состава є сумою відстаней, що пройдені составом у кожному інтервалі:

$$s_г = 46{,}25 \text{ м}.$$

Перевірка умови безюзного гальмування при використанні допоміжного гальма локомотива

Перевірим виконання умови (7) для усіх інтервалів часу. Значення розрахункового гальмівного коефіцієнта

локомотива $\vartheta_p^{лок}$ приймемо з врахуванням збільшення його по інтервалах часу. Повне значення гальмівного коефіцієнта у цьому випадку буде становити:

$$\vartheta_{p\,лок}^{100\%} = \frac{11 \cdot 6}{123} = 0{,}537.$$

Значення коефіцієнта тертя $\phi_{кр}$ для локомотивних чавунних колодок визначимо за рекомендаціями [8] в залежності від середньої швидкості руху в інтервалі. Значення коефіцієнта зчеплення приймемо згідно рис. 2 для умов руху на забруднених (политих мастилом) рейках. Результати розрахунків зведені до табл. 5.

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що при застосуванні лише допоміжного гальма локомотива через 18 с після початку дії гальм при швидкості 11,4 км/год розпочнеться юз колісних пар локомотива. Від початку гальмування маневровий состав пройде 58,8 м (положення 2*а*, рис.3).

Виникнення юзу колісних пар локомотива у процесі першої ступені гальмування на 6,7 елементах профіля було підтверджено при відтворенні обстановки та обставин події. Необхідно відзначити, що в умовах фактичної залізнично-транспортної пригоди могло відбутися дещо більше зниження швидкості внаслідок короткочасного спрацювання гальм окремих вагонів з наступним самовільним відпуском гальм чи внаслідок реалізації більшого значення коефіцієнта зчеплення коліс з рейками. Але у будь-якому випадку, на І-ій під'їзній колії виникає юз колісних пар локомотива при застосуванні допоміжного гальма без подачі піску під колеса.

Перевірка умови без'юзового гальмування вагонів при повному службовому гальмуванні

Перевіримо виконання умови (7) для усіх інтервалів часу. Значення розрахункового гальмівного коефіцієнта вагонів $\vartheta_p^{ваг}$ приймемо з врахуванням збільшення його значень по інтервалах часу. Повне значення гальмівного коефіцієнта у цьому випадку буде становити

$$\vartheta_{p\,ваг}^{100\%} = \frac{24 \cdot 7}{508} = 0{,}331.$$

Значення коефіцієнта тертя $\phi_{кр}$ вагонних композиційних колодок визначимо у залежності від середньої швидкості в інтервалі за рекомендаціями [8]. Значення коефіцієнта зчеплення приймемо згідно рис. 2 для умов руху на забруднених (политих мастилом) рейках. Результати розрахунків наведені у табл. 6.

Результати розрахунків показують, що юз вагонів розпочнеться на 12-ій секунді гальмування при швидкості маневрового состава близько 6 км/год. Від початку службового гальмування состав пройде 43,7 м (положення 3а, рис.3).

Вплив явища юза на можливість зупинки маневрового сотава на ухилі

Навантаження від коліс, що рухаються юзом, з врахуванням недіючих у одному вагоні гальм, визначиться як

$$\sum P = P + Q - P_{ваг},$$

де $P_{ваг}$ — вага вагона з недіючими гальмами, $P_{ваг} = 84{,}7$ тс.

Тоді

$$\sum P = 123 + 508 - 84{,}7 = 546{,}3 \text{ тс}.$$

Приймаючи $\phi_{тр} = 0{,}015$ за виразом (8) отримаємо

$$B_{тр} = 546{,}3 \cdot 0{,}015 = 8{,}19 \text{ тс}.$$

З виразу (10) отримаємо

$$b_{тр} = \frac{8{,}19 \cdot 10^3}{123 + 508} = 12{,}98 \text{ кгс/тс}.$$

Таблиця 5

Δt, с	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27
ϑ_p, %	0	20	45	65	80	90	95	98	100
$\upsilon_{сер}$, км/год	10,61	11,63	12,20	12,34	12,14	11,68	11,06	10,33	4,97
$\phi_{кр}$	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,20	0,23
$\psi_к$	0,08	0,08	0,08	0,08	0,082	0,083	0,086	0,092	0,11
$\psi_к/\phi_{кр}$	0,41	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,47	0,48
$\vartheta_{p\,лок}$	0,00	0,11	0,24	0,35	0,43	0,48	0,51	0,53	0,537

Таблиця 6

Δt, с	0-3	3-6	6-9	9-12	12-13
ϑ_p, %	0	20	45	65	80
$\upsilon_{сер}$, км/год	14,79	15,29	13,37	8,96	6
$\phi_{кр}$	0,33	0,33	0,33	0,34	0,35
$\psi_к$	0,076	0,076	0,078	0,082	0,084
$\psi_к/\phi_{кр}$	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24
$\vartheta_{p\,ваг}$	0,00	0,07	0,15	0,22	0,26

Аналізуючи елементи профіля першої під'їзної колії (рис.3) на виконання умови (11), робимо висновок, що при виникнені юза на елементах профіля №5...№15 маневровий состав стає некерованим (елемент профіля №10 можна не враховувати, оскільки його довжина (15,9 м) набагато менша довжини маневрового состава).

Отримані результати

У статті визначено гальмівний шлях маневрового состава який рухається по крутому спуску в умовах забруднення рейок та здійснена перевірка умови безюзового гальмування.

Встановлено умови, при яких маневровий состав розпочинає рух юзом і на заданих елементах профілю колії стає некерованим.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Сокол Э.Н.* Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики) — К.: Транспорт України, 2004. — 368 с.

2. *Сокол Э.Н.* Момент опасности и угроза безопасности в поездной и маневровой работе // Залізничн. транспорт України. — 2005. — № 5. — С. 6—12.

3. *Деев В.В., Ильин Г.А., Афонин Г.С.* Тяга поездов: Учебное пособие для вузов. — М.: Транспорт, 1987. — 264 с.

4. *Бабичков А.М., Гурский П.А., Новиков А.П.* Тяга поездов и тяговые расчеты. — М.: Транспорт, 1971. — 280 с.

5. *Сокол Э.Н., Болжеларский Я.В.* Сход с рельсов поезда в условиях управления опасностью // Залізничн. транспорт України. — 2008. — № 3. — С. 32—36.

6. *Болжеларський Я.В.* Тягові розрахунки при нетипових умовах гальмування // Залізничн. транспорт України. — 2008. — № 2. — С. 36—40.

7. *Тепловозы* промышленного железнодорожного транспорта / Н.Е. Иванов, Э.З. Воскобойник, В.У. Варфоломеев и др. — Киев; Донецк: Вища шк. Головное изд-во, 1987. — 359 с.

8. *Правила* тяговых расчетов для поездной работы. — М.: Транспорт, 1985. — 287 с.

9. *Казаринов В.М., Карвацкий Б.Л.* Расчет и исследование автотормозов. — М.: Трансжелдориздат, 1961. — 232 с.

10. *Казаринов В.М., Иноземцев В.Г. Ясенцев В.Ф.* Теоретические основы проектирования и эксплуатации автотормозов. — М.: Транспорт, 1968. — 400 с.

11. *Крылов В.И., Крылов В.В.* Автоматические тормоза подвижного состава: Учебник для учащихся техникумов ж.-д. трансп. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1983. — 360 с.

12. *Інструкція* з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України. / Затверджено наказом Укрзалізниці №264-Ц від 28 жовтня 1997 р. Зі змінами та доповненнями згідно з наказом №312-Ц від 07.06.2001 р.

UDC 629.477.4

Building and reconstruction of the railway system of Ukraine is for the increase of carrying capacity and introduction of speed motion of trains/ Aleynik V.S., Kozak V.V., Kostyuk M.D., Yakovlev V.O., Danilenko E.I., Mazur O.A., Shvets' Yu.V., Mikitin Ya.I., Dubnevich Ya.V., Taranenko N. A. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 3—12.

In the articles lighted up key positions of long-term work, executed the collective of authors during working out the scientific and technical problems of building, reconstruction, modernization of network of railways of Ukraine, with the purpose of increase of them carrying capacity and introduction of speed motion of trains. This work is pulled out on the receipt of the State bonus of Ukraine in the area of scitech for 2009.

UDC 629.4.06

About influence of relative location of hauling reducing gears and axes of wheelpairs of locomotives on character of dynamic processes in the systems a «crew is a hauling electromechanic - a wheelpair is a claotype way»/Snitko N.P., Pavlenko A.P., Klipakov N.V. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss.5. — P. 13—17.

The methodological aspects of construction of mathematical models of the system «crew — railway motor — railway track» are considered, the quality and quantitative estimation of possible differences of dynamic processes is given in the railway motors of 2th and 1th classes with the different location of traction gear box in relation to wheel pairs are moved in specified direction for the quasi-stationary modes of traction and slipping modes.

UDC 621.332.3:621.336.2

Criteria are qualities removal of current, determining economy of resource / Kornienko V.V., Domanskiy I.V. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss.5. — P. 18—21.

The generalized criteria are qualities of removal of current, determining economy of resource. Contact pressure and coefficients of unreliability and economy removal of current behave to them.

UDC 629.1.072

Influence of design-engineering parameters on linear firmness of bracer in the system of co-operation wheel-rail / Serginko N.I., Kolot A.V., Kolot V.A. // The Railway Transport of Ukraine. —2010. — Iss. 5. — P. 21—25.

In the article the ways of increase of resource of wheel pairs are considered due to adaptation of type of bracer to the railhead and upgrading of treatment of surface of rolling. The variants of optimization of linear firmness of wheel pair are offered.

UDC 656.082.001.57

Rolling into of comb of wheel on the edge of wit of pointer translation/Sokol E.N. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 26—30.

The dynamic lag of the point rail tongue and point rail that appears in the facing movement at the moment of time when the end of tongue and the line of the effect of the pressing force of the wheel flange to the point rail occur in the plane of cross section of the rail that crosses the beginning of the point rail are determined in the article.

UDC 621.89

Results of introduction and economic efficiency of the рельсосмазывающих settings are firms «Lincoln GMBH», which are exploited on the roads Ukrzaliznytsi. Prospects of introduction / Zyabrev M.A., Kapersak S.A., Shupichenko M.I., Puchkov A.I., Puchkov Yu.A. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 31—34.

Co-operation of wheel and rail is physical basis of motion of trains. This problem determines safety, and also such major technician - economic indexes, as mass of trains, speed them motion and level of running expenses. Requirement to the indexes of co-operation wheels and rails in the different areas of contact contradictory. From one side, coupling of wheels with rails must be such, that small resistance motion of train was provided. From other — for realization of the required tactile of it is necessary force to provide the high and stable level of coupling of locomotive wheels with a that surface.

UDC 621.771.29:621.78

Investigation of causes of formation of defects in tread heavy wheels in process operation / Babachenko A.I, Kononenko A.A, Dementieva. J. A., Litvinenko, P.L, Knish A.V. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 35—38.

The mechanism of formation vyscherbin in railway wheels chemically different composition (different levels of strength) in the process of their operation. As a result of physical simulation in laboratory conditions, the regularities of the influence of the chemical composition of steel for railway wheels on its resistance to the formation of defects of thermal origin.

UDC (656.22+656.212):656.2.08

Braking of mobile sostava is at the low values of coefficient of rolling friction of wheels with rails / Bolzhelarskiy Ya.V., Dovganyuk S.S. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 39—43.

The braking of shunting train under the steep descent and the pollutioned rails was analyzed. The braking distance was calculated. The condition of braking without slide and the possibility of stopping under the steep descent were checked.

UDC 629.46.027:656.212.5

Application of the upgraded brake shoes to prevent damage to the wheels of cars on the humps / Lashko A.A, Nosach A.N, Podelnikov I.V. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 44—47.

The mechanism of damage to the wheels of freight cars on the humps in the drive shoe braking. The balance of forces and moments acting on the wheel set when driving skidded. The results of the pilot introduction of brake shoes with anti-friction inserts.

UDC 621.891

On ways to reduce wheel and rail wear/ Ushkalov V.F., Pasichnik S.S., Pod'elnikov I.V.//The railway transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 47—49.

The paper reports ways to reduce wheel flange and railhead side edge wear by modifying the wheel and rail profiles and improving the truck running gear design.

UDC 629.4.023

Increase the durability of construction of a rail rolling stock with long operating / Dvoretski V.I., Javdoschyna E.F., Domin R.Yu., Chernyak A.Yu. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 50—54

It is shown that the technical condition of bearing structures locomotives with long operating transition to a qualitatively lower level that requires improvement approaches to ensure its continued operation. A methodology to extend the life of bearing structures, based on the identification of new areas to increase the resource, design and implement the most rational variant of technical solutions for the refurbishment is proposed.

UDC 625.12

Effect of moistening and leakage currents on defects and deformities of subgrade and monitoring of its moisture condition / Plugin A.A., Plugin A.M., Trikoz L.V., Gerasimenko O.S. // The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 55—59.

The effect of leakage currents on the development of defects and deformities roadbed is considered. It is shown that the leakage current causes the potential difference between the top and the foot of the embankment. This leads to a decrease in the stability of the soil in the surface layer of the embankment and waterlogging at the base. To control the humid soil conditions designed circuit monitoring system roadbed through coaxial capillary moisture sensors. This technique allows to determine the soil moisture in the middle of the objects subgrade where consider the possible emergence of strains and damage due to excessive moisture content soils.

UDC 656.25:656.256

Alarm-processor system of the centralized management pointers and signalami / Boynik A.B., Cheptsov M.M. / / The Railway Transport of Ukraine. — 2010. — Iss. 5. — P. 59—61.

In-process the resulted results of synthesis of the system of the centralized management pointers and traffic-lights. Unlike existing in developed to the alarm-processor the through dynamic mode of functioning is realized centralization at the up-diffused multiprocessor structure. It allows to provide greater vital firmness of the system and minimize probability of origin of dangerous refuses.