

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ РУХУ ВАГОНІВ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ УПОВІЛЬНЮВАЧАМИ

Описано основні чинники, які впливають на показники безпеки руху вантажних вагонів на сортувальних гірках. Розглянуто взаємодію колеса вантажного вагона та гальмівного уповільнювача. Виконано нормативні розрахунки показників стійкості колеса та визначено небезпечні режими руху вагонів на гірках.

Описаны основные факторы, влияющие на показатели безопасности движения на сортировочных горках. Рассмотрено взаимодействие колеса грузового вагона и тормозного замедлителя. Выполнены нормативные расчеты показателей устойчивости колеса и определены опасные режимы движения вагонов на горках.

The basic factors, which affect on safety indices of wagon's motion on sorting humps, and the interaction between freight wagon wheel and brake retarder are described. The normative indices of wheel stability and the dangerous modes of wagon's motion on humps are determined.

Сортувальні гірки являються найбільш завантаженою ланкою сортувальних станцій. Ефективність їх роботи є одним з основних факторів, що визначає загальні показники роботи залізниць. Разом з тим сортувальні гірки є і одними з найбільш небезпечних місць на станціях, для яких характерна значна кількість випадків травматизму, сходів вагонів, їх пошкоджень та пошкоджень вантажів [1]. Наведені обставини висувають підвищені вимоги до технічного стану гірок. В той же час технічне забезпечення сортувальних гірок на залізничних станціях України відповідає технічному рівню 70-80 рр. 20 сторіччя. Зважаючи на велику початкову вартість розробки систем управління процесом розформування составів, частина пострадянських країн іде шляхом закупівлі готових систем управління роботою сортувальних гірок, аналогічних тим, що працюють у Західній Європі. Зокрема таким шляхом пішли Литовські залізниці, що встановлюють на станції Вайдотай систему управління роботою сортувальної гірки фірми Siemens з двонитковими гідравлічними уповільнювачами TW-5F на спускній частині гірки та одноститковими гідравлічними уповільнювачами TW-5E/4.5 на сортувальних коліях. Проект вказаної сортувальної гірки виконано за європейськими нормами, які відрізняються від норм, що діють на території країн СНД та Балтії. В цих умовах забезпечити необхідний рівень безпеки сортувального процесу та заданий обсяг переробки вагонів можна лише шляхом атестації (сертифікації) сортувальних гірок та систем їх управління. Виконання цих робіт, а також робіт з аналізу причин браків у роботі сортувальних гірок вимагає створення

програмних комплексів, що дозволяють адекватно моделювати гіркові процеси.

В сучасних умовах гіркові процеси найбільш детально моделюються в програмах перевірки плану та поздовжнього профілю сортувальних гірок під час їх проектування [2]. Але, навіть у найбільш сучасних програмах моделювання роботи гірок [3] відчепи розглядаються як гнучкі нерозтяжні стержні з масою, що рівномірно розподілена по довжині вагонів; положення колій в плані і профілі задається їх осями, що складаються із прямолінійних та криволінійних ділянок. Подібні моделі не можуть визначати умови, що загрожують безпеці розпуску состава. Для розв'язання задач цього класу необхідні математичні моделі, які враховують динамічну навантаженість несучих елементів вагонів та дозволяють визначати показники безпеки їх руху. До таких показників відносяться коефіцієнти запасу стійкості вагонів [4] та коефіцієнти стійкості вантажів у вагонах [5]. Сили, що діють на рухомий склад під час скочування на сортувальних гірках, можуть досягати значних величин, співрозмірних із зусиллями, які діють у поїздах під час перехідних режимів. Ці сили викликають інтенсивні коливання вузлів конструкції вагонів. Характер цих коливань багато в чому визначається структурою та властивостями рухомого складу як динамічної системи: величинами мас, що коливаються, моментами інерції, висотою центра маси, типами зв'язків між елементами конструкції, характеристиками вантажів, які перевозяться на вагонах та ін. Моделі, які враховують наведені особливості для умов поїздного руху, розроблені у ДІТі та успішно використовуються при аналізі транспортних подій, для розра-

хунків конструкції рухомого складу і окремих його елементів [6]. В той же час безпосереднє використання програмних реалізацій цих моделей для аналізу гіркових процесів також неможливо, через відмінність характеру, величини та тривалості дії сил, що мають місце у поїзду русі та при скочуванні відчепів. Для аналізу задач, що пов'язані із забезпеченням безпеки сортувального процесу, в ДІТі виконуються дослідження, спрямовані на вдосконалення імітаційної моделі скочування відчепів з сортувальної гірки [7]. В цій моделі окремий відчеп розглядається як динамічна система. В ній враховуються наступні фактори: конструктивні особливості вагонів; характеристики поглинаючих апаратів; розташування вантажів на вагонах; нерівності колій, розташування на них стрілочних переводів і кривих малого радіусу в плані та профілі, зміна ширини колії; нестабільність руху вагонів у відчепях, що пов'язана зі зміною розтягнутого та стисненого станів під впливом профілю колії та дії гальмівних уповільнювачів; характеристики гальмівних позицій та ін.

Одним з найбільш небезпечних гіркових процесів, що у багатьох випадках є причиною порушення умов безпеки руху, являється гальмування відчепів гальмівними уповільнювачами. При цьому можливі такі небезпечні ситуації, як вкочування колеса вагона на шину уповільнювача та витискання вагона всередині відчепу.

Вкочування колеса на шину уповільнювача під час гальмування виникає через обертання колеса відносно точки його контакту з уповільнювачем. На рис. 1 наведено розрахункову схему визначення сил, що діють на колесо вагона при вході в односторонній уповільнювач ТW-5E/4.5, який розташований у кривій ділянці колії.

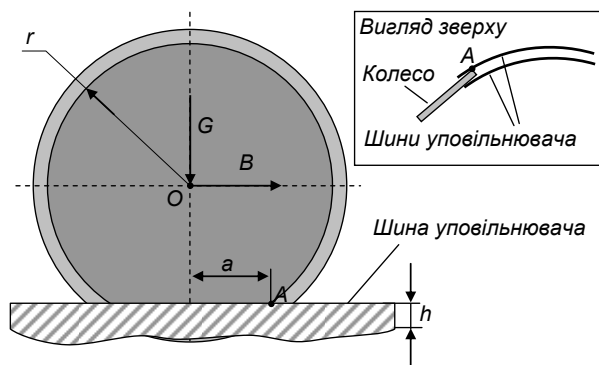


Рис. 1. Розрахункова схема визначення сил, що діють на колесо при прослідуванні гальмівного уповільнювача

В точці A на бокові поверхні колеса діє сила тиску гальмівних шин F_r . При цьому з'являється сила інерції B та гальмівний момент $B(r-h)$. Окрім цього, на колесо діє момент сили Ga , що навантажує його. Вкочування колеса на уповільнювач буде виникати у випадку, коли виконується умова

$$B(r-h) > Ga. \quad (1)$$

Враховуючи, що

$$a = \sqrt{r^2 - (r-h)^2} = \sqrt{2hr - h^2},$$

умова (1) може бути представлена виразом

$$B > G \frac{\sqrt{2rh - h^2}}{r - h}.$$

З іншої сторони

$$|\vec{B} + \vec{G}| = 2\mu\varphi_{np}F_r,$$

де φ_{np} – коефіцієнт приведення, що залежить від параметрів уповільнювача та діаметру коліс вагона;

μ – коефіцієнт тертя.

Розкривши знак модулю, отримаємо $\sqrt{B^2 + G^2} = 2\varphi_{np}\mu F_r$, або $B = \sqrt{(2\varphi_{np}\mu F_r)^2 - G^2}$. Підставляючи цей вираз у (2), остаточно отримуємо

$$\sqrt{(2\varphi_{np}\mu F_r)^2 - G^2} > G \frac{\sqrt{2rh - h^2}}{r - h};$$

$$(2\varphi_{np}\mu F_r(r-h))^2 - G^2r^2 + 2G^2rh - G^2h^2 > 2G^2hr - G^2h^2;$$

$$(2\varphi_{np}\mu F_r(r-h))^2 > G^2r^2.$$

Таким чином, умову вкочування колеса на шину уповільнювача можна представити виразом

$$F_r > \frac{Gr}{2\varphi_{np}\mu(r-h)}.$$

В результаті умова стійкого руху колеса по уповільнювачу може бути записана у вигляді

$$\frac{Gr}{2\varphi_{np}\mu F_r(r-h)} > k_c,$$

де k_c – коефіцієнт запасу стійкості.

Витискання вагонів на гірках виникає через те, що при гальмуванні першого вагона відчепу наступні за ним вагони будуть сприймати зу-

силля від вагонів, що на них набігають. Найгірші умови складаються тоді, коли відчеп складається з завантаженого, порожнього та групи завантажених вагонів. З метою визначення можливості витискання порожнього вагона при гальмуванні на парковій гальмівній позиції станції Вайдотай першого вагона повною гальмівною потужністю уповільнювача виконано моделювання подібної ситуації. Відповідно до норм [3], умова безпечного руху вагонів визначається через коефіцієнт запасу стійкості колісної пари від сходу з рейок по умові вкочування гребеня колеса на головку рейки

$$K_{ст} = \frac{P_B}{P_B} \cdot \frac{\text{tg}(\beta) - \mu}{1 + \mu \cdot \text{tg}(\beta)} > [K_{ст}],$$

де $\beta = 60^\circ$ – кут нахилу твірної конусоподібної поверхні гребня колеса з горизонталлю;

P_B – вертикальне навантаження від колеса, що набігає на рейку;

P_B – бокове зусилля взаємодії гребеня колеса, що набігає, та головки рейки;

$[K_{ст}] = 1,2$ – допустиме значення коефіцієнта стійкості.

Результати розрахунків коефіцієнтів стійкості колісних пар відчепи, який складається з завантаженого, порожнього та восьми завантажених вагонів і гальмується на парковій гальмівній позиції, наведено на рис. 2.

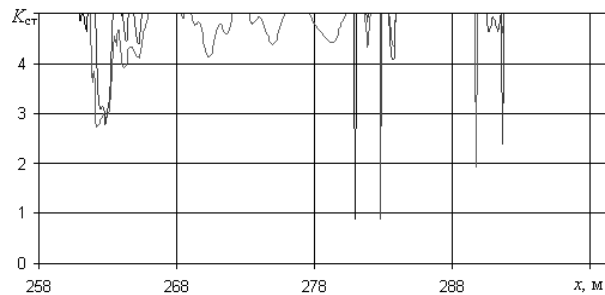


Рис. 2. Процес зміни величини $K_{ст}$ колісних пар порожнього вагона

Як видно з рис. 2, коефіцієнти стійкості 1-ої та 2-ої колісних пар порожнього вагона складають $K_{ст} = 0,89$, що значно менше допустимого значення і вказує на високу ймовірність сходу цього вагона за таких умов гальмування.

Для забезпечення безпеки процесу розформування составів подібні ситуації повинні бути враховані в алгоритмі управління гальмівними позиціями.

Запропонований підхід дозволяє оцінювати конструкції існуючих та нових сортувальних гірок, гальмівних уповільнювачів та систем їх управління з урахуванням динаміки руху вагонів та їх взаємодії з рейками і уповільнювачами. Розвиток наведених методів дасть змогу створити програмні засоби, які дозволять визначити умови безпеки руху на сортувальних гірках та підвищити ефективність їх експлуатації.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Модин, Н. К. Безопасность функционирования горочных устройств [Текст] / Н. К. Модин. – М.: Транспорт, 1994. – 173 с.
2. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207-89 [Текст]. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
3. Бобровский, В. И. Дифференциальные уравнения движения отцепа и методы их решения [Текст] / В. И. Бобровский, // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1996. – № 6. – С. 34-39.
4. Нормы для расчетов и проектирования новых и модернизированных вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 354 с.
5. Збірник № 17 Правил перевезень і тарифів залізничного транспорту України [Текст]. – К.: Укрзалізниця, 2005. – 176 с.
6. Мямлин, С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей [Текст] / С. В. Мямлин. – Д.: Новая идеология, 2002. – 240 с.
7. Расчет динамики и стабильности подвижного состава во время торможения вагонов на замедлителях, предусматриваемых смонтировать на станции Вайдотай (Литва) третьей (парковой) тормозной позиции, в кривых радиусом 200 м. Отчет по НИР. № госрегистра. 0107U011636 [Текст]. – Д.: ДИИТ, 2007.

Надійшла до редколегії 09.07.2008.