

УДК 629.463.001.63

О.В. Фомін, П.М. Прокопенко

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РУХУ ВАГОНА ПЛАТФОРМИ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В даній статті описані особливості процесу проведення ходових динамічних випробувань вагона-платформи в порожньому стані. Практичне визначення коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок вагона дозволить визначити безпечну швидкість руху вагона - платформи. Проведені теоретичні та практичні дослідження з визначенням та оцінкою показників динамічних та ходових якостей вагона-платформи що в свою чергу, дозволить визначити безпечну швидкість руху вагона-платформи в порожньому стані.

Постановка проблеми. За результатами проведеного аналізу особливостей експлуатації встановлено, що більшість ходових динамічних показників платформи: коефіцієнти вертикальної і горизонтальної динаміки, відношення бокової сили до статичного навантаження на вісь, значення вертикального і горизонтального прискорень, коефіцієнт стійкості від бокового перекидання задовільняють вимоги діючих нормативних документів. Винятком є показник коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок вагона-платформи у порожньому режимі на прямих і кривих ділянках залізничної колії у діапазоні експлуатаційних швидкостей, який не відповідає вимогам нормативної документації [1-15].

Для вирішення питання з визначення безпечної швидкості руху вагона-платформи моделі 13-401-17 необхідно розробити методику проведення ходових динамічних випробувань з визначенням коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок в порожньому стані.

Мета роботи. Метою ходових динамічних випробувань є визначення та оцінка показників ходових динамічних якостей вагона-платформи моделі 13-401-17 під час руху з різними швидкостями по характерних ділянках залізничної колії, а також визначення умов експлуатації на залізницях колії 1520 мм .

Матеріал і результати досліджень. Об'єктом досліджень є вагон-платформа моделі 13-401-17 (рис. 1) в порожньому стані, виготовлена у відповідності до вимог нормативної технічної документації.

Перед початком підготовчих робіт до проведення ходових динамічних випробувань, проводиться технічне діагностування несучих металевих конструкцій вагона-платформи, особу увагу приділяють несучим елементам конструкції, а саме хребтовій та шворневій балкам та повній комплектності вагона.

В процесі скидання платформи з клинів визначаються величини частот коливань і напружень в окремих елементах платформи в залежності від кількості використання клинів і місць їх розташування під відповідними колесами візків.

© *О.В. Фомін, П.М. Прокопенко*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД



Рис. 1. Вагон-платформа моделі 13-401-17

У процесі ходових динамічних випробувань вагона-платформи вимірюються, аналізуються і оцінюються наступні величини і показники:

- динамічні і статичні прогини ресорного підвішування візка;
- вертикальні і горизонтальні (поперечні) прискорення обресорених мас вагону в зоні підп'ятника вагона;
- коефіцієнти вертикальної динаміки по надресорній балці і бічним рамам візка;
- динамічні бічні (рамні) сили, що діють на букси колісних пар;
- коефіцієнт стійкості колеса від сходу з рейок;
- швидкості руху.

На рисунках 2, 3, 4 наведені схеми встановлення тензорезисторів та прогиноміра на елементи візків дослідного вагона-платформи.

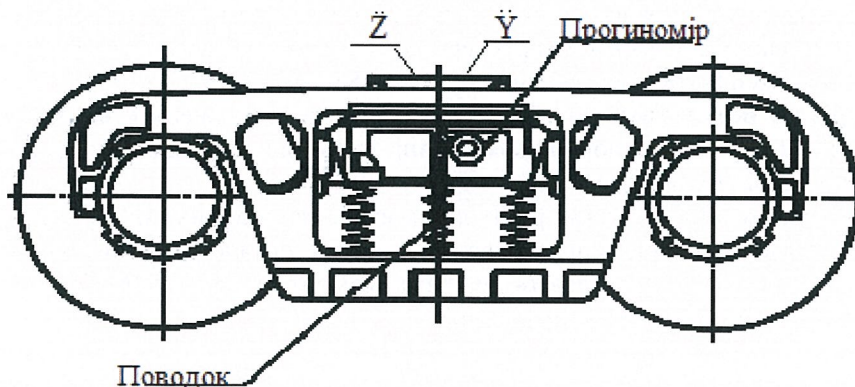


Рис. 2. Установка прогиноміра для вимірювання вертикальних прогинів ресорного підвішування

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

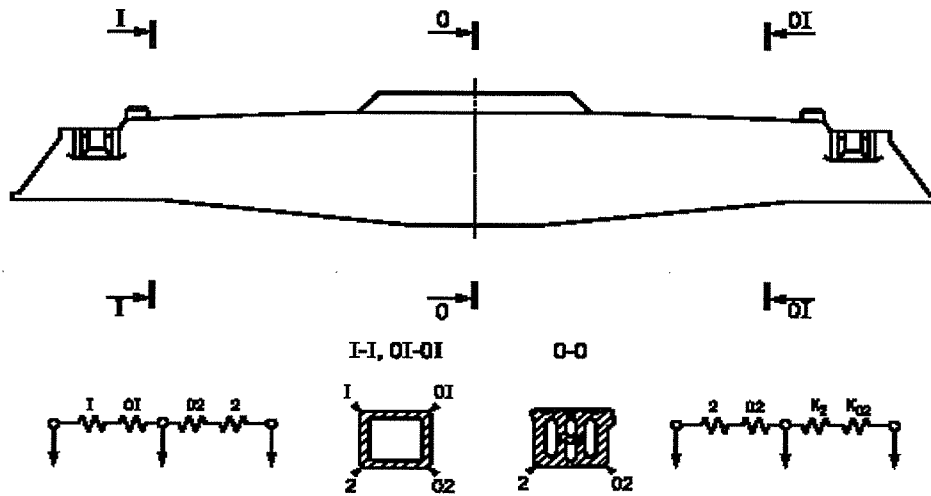


Рис. 3. Схема установки і з'єднання тензорезисторів для визначення коефіцієнтів вертикальної динаміки в перетинах надресорної балки візка вантажного вагона

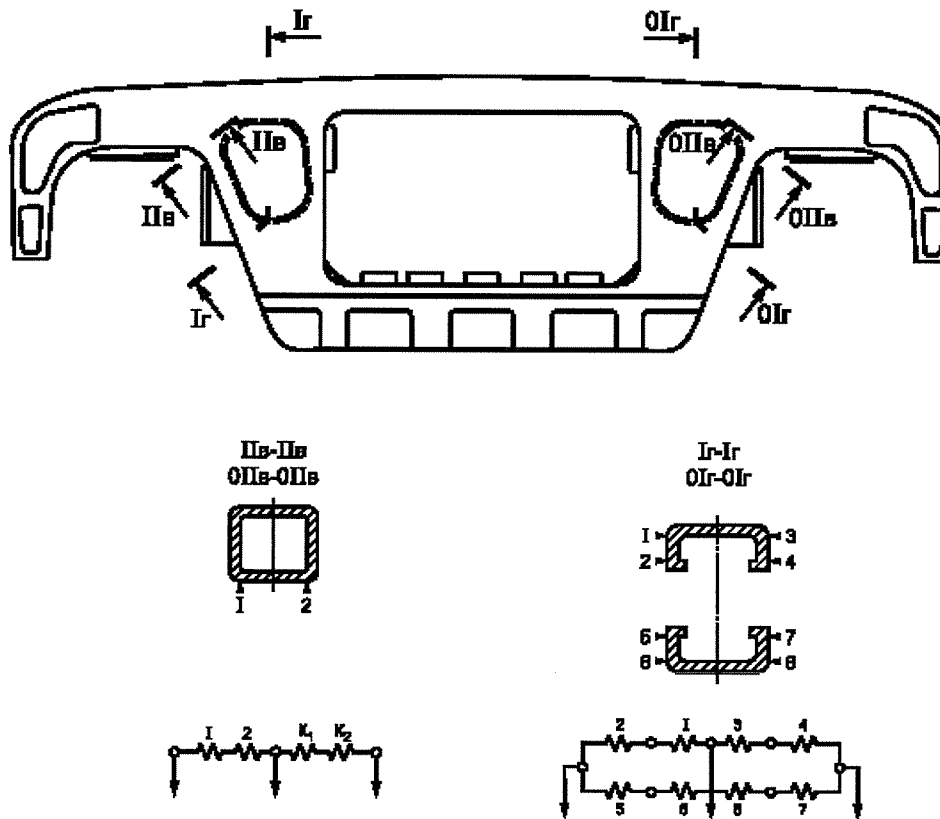


Рис. 4. Схема установки і з'єднання тензорезисторів для вимірювання горизонтальних (рамних) сил і вертикальних сил на рамі візка вантажного вагона

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Ходові динамічні випробування проводять методом реєстрації процесів у контрольних точках деталей візка під час дослідних поїздок у діапазоні експлуатаційних швидкостей, якщо це не загрожує безпеці руху. За результатами вимірювань виконують розрахунки, оцінюють ходові динамічні якості.

Реєстрацію динамічних процесів вагона здійснюють шляхом запису величин експериментальних даних на жорсткий диск комп'ютера з використанням програмно-апаратних засобів збору інформації.

Необхідний обсяг експериментальних поїздок і вимірювань визначається нормативною документацією з урахуванням конкретних завдань, ступеня новизни конструкції і висунутих до неї вимог. У загальному випадку необхідний масив експериментальної інформації по досліджуваним величинам при ходових динамічних випробуваннях утворюється шляхом послідовного набору записів (реалізацій) процесів при різних швидкостях і режимах руху дослідного поїзда як на характерних заздалегідь обраних, так і на випадкових ділянках залізничної колії загальною протяжністю не менше 50 км.

Реєстрація вимірюваних процесів ходових динамічних випробувань проводиться на прямих і кривих ділянках колії і стрілочних переводах у всьому проектному діапазоні допустимих експлуатаційних швидкостей, аж до конструкційної швидкості (120 км/год).

Сумарна тривалість записів (реалізацій) досліджуваних процесів в кожному інтервалі (10 ... 15 км/год) швидкостей руху на різних ділянках колії повинна бути не менше 300 с при реєстрації процесів за допомогою персонального комп'ютера (ПЕОМ).

Загальний обсяг тривалості вимірювань основних процесів у всьому діапазоні швидкостей повинен бути не менше 50 хв.

Під час руху в кривих і стрілочних переводах потрібно дотримуватися установлених правил технічної експлуатації і нормативних указівок щодо швидкостей руху. При цьому рекомендовано починати випробування з малих швидкостей 8,33 м/с - 11,1 м/с (30 - 40) км/год, із подальшим збільшенням швидкості руху через кожні 2,78 м/с (10 км/год). Масив експериментальної інформації по досліджуваним величинам створюється шляхом послідовного набору обсягу записів (реалізацій) процесів при різних швидкостях і режимах руху дослідного поїзда як на характерних, попередньо вибраних (намічених), так і на випадкових (що довільно чергуються) ділянках залізничної колії.

Ходові динамічні випробування можуть проводитися, як порівняльні, з використанням вагона - еталона, в якості якого використовується технічно справний вагон, який добре вивчений і перевірений в експлуатації.

Обробка та розрахунок коефіцієнту запasu стійкості колеса від сходу з рейки

Обробка даних при статичних навантаженнях виконується з використанням автоматизованих комплексів обробки дослідних даних. Величину напружень при статичних випробуваннях визначають за різницею показань засобів вимірювальної техніки до завантаження об'єкту випробувань та після нього:

$$\sigma_{\text{вер}} = (\Delta - \Delta_0) \cdot K \quad (1)$$

де: Δ - показання засобів вимірювальної техніки у завантаженому стані об'єкта випробувань:

Δ_0 - показання засобів вимірювальної техніки у порожньому стані об'єкта випробувань:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

K - калібрувальний коефіцієнт засобів вимірювальної техніки, що визначається за формулою (2):

$$K = \frac{R_d}{R_{ш}A_{ш}} \quad (2)$$

де: R_d - опір тензорезистора, Ом;

$R_{ш}$ - опір калібрувального шунта, Ом;

$A_{ш}$ - амплітуда (відхилення) процесу, виміряна при калібруванні, В.

Напруження σ МПа, в елементах конструкції у місцях установки тензорезисторів визначаються за формулою (3):

$$\sigma = a \cdot \frac{R_d}{R_{ш}A_{ш}} \cdot \frac{E}{K_{ш}} \quad (3)$$

де: a - амплітуда (відхилення) процесу, В;

R_d - опір тензорезистора, Ом;

$R_{ш}$ - опір калібрувального шунта, Ом;

$A_{ш}$ - амплітуда (відхилення) процесу, виміряна при калібруванні, В.

E - модуль пружності матеріалу досліджуваної деталі, МПа;

$K_{ш}$ - коефіцієнт чутливості тензорезистора.

Результати ходових динамічних випробувань визначають на підставі даних (вимірювань, розрахунків, контролю, візуального огляду) зафіксованих на магнітних носіях і в журналі випробувань.

Попередній перегляд і обробку даних, отриманих під час проведення ходових динамічних випробувань, проводять з використанням ПЕОМ, як у реальному режимі часу, так і після проведення випробувань з використанням стандартного програмного математичного забезпечення статистичної обробки динамічних процесів.

За даними зареєстрованих процесів обчислюють такі показники:

- коефіцієнти вертикальної динаміки обресорених та не обресорених мас візка вагона;

- коефіцієнт запасу стійкості колеса від сходу з рейки;

- рамні сили в долях осьового навантаження P_0 ;

- прискорення обресорених частин вагону.

Коефіцієнт вертикальної динаміки обчислюють як відношення динамічних сил до статичного навантаження на колісну пару.

Стійкість колеса від сходу колеса з рейки визначають для найбільш небезпечних випадків поєднання великої поперечної сили взаємодії колеса, що набігає, з рейкою та малим вертикальним навантаженням на це колесо. При одночасній, протягом деякого часу, дії такого поєднання екстремальних сил можливе вкочування гребеня колеса, що набігає, на головку рейки і подальший схід вагона з рейки.

Обробка даних ходових динамічних випробувань вагонів передбачає розшифровку, ідентифікацію та систематизацію параметрів зареєстрованих динамічних процесів. Під час обробки враховуються показники якості ходу вагона - до 20 Гц. Частота квантування при обробці дослідних даних на ЕОМ повинна бути не менше 100 Гц.

Для оцінки ходових якостей за величинами виміряних динамічних показників вагона, з використанням співвідношень з урахуванням тарувальних даних визначаються ймовірні максимальні значення коефіцієнтів вертикальної динаміки обресорених вагонів.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

ренних $K_{до}$ і необресорних $K_{дн}$) мас вагона, бічні (рамні) сили, значення коефіцієнтів запасу стійкості від сходу з рейок $K_{ус}$.

Максимальні значення коефіцієнтів вертикальної динаміки і рамних сил визначаються з довірчою ймовірністю 0,97 (за амплітудним значенням) і 0,997 (по миттєвим значенням), а мінімальні значення коефіцієнтів запасу стійкості від сходу з рейок, з довірчою ймовірністю не гірше 0,999. За величину бокового (рамного) зусилля H_p приймається сума рамних зусиль, що діють в один і той самий момент часу, на раму від кожної букси однієї колісної пари.

Методика розрахунку коефіцієнта запасу стійкості вагона проти сходу з рейок при вповзанні гребеня колеса на рейку під дією динамічних зусиль, що виникають під час руху, коефіцієнтів вертикальної динаміки обресорених і необресорених мас вагона наведені нижче. Коефіцієнт вертикальної динаміки K_d в загальному вигляді визначається з наступного виразу:

$$K_d = \frac{\sigma_d}{\sigma_{ст}}, \quad (4)$$

де σ_d - динамічне напруження від вертикального навантаження в перерізі даного елемента;

$\sigma_{ст}$ - статичне навантаження від вертикального навантаження у тому ж перерізі.

Коефіцієнти вертикальної динаміки визначаються для обресорених ($K_{до}$) і необресорених ($K_{дн}$) мас візки.

Коефіцієнт запасу стійкості колеса від сходу з рейки $K_{ус}$ визначають розрахунковим шляхом за інтегральним коефіцієнтом, обчисленим для діапазону експлуатаційних швидкостей при ймовірності 0,999, за формулою (5; 6):

Оцінка стійкості колеса проти сходу з рейки проводиться формулою (5; 6)

$$K_{ус} = \varepsilon \frac{P_B}{P_G} \geq [K_{ус}], \quad (5)$$

$$\varepsilon = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta}, \quad (6)$$

де β - Кут нахилу твірної гребеня колеса до горизонтальної осі;

$\beta = 60^\circ$;

μ - коефіцієнт тертя, $\mu = 0,25$;

P_B - вертикальна складова сили реакції набігаючого колеса на головку рейки;

P_G - горизонтальна складова сили реакції набігаючого колеса на головку рейки, що діє одночасно з P_B ;

$[K_{ус}]$ - допустиме значення коефіцієнта запасу стійкості.

При використанні візків моделі 18-100 формула (7) має вигляд;

$$K_{ус} = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta} \cdot \frac{Q_{ш}(1,03 - 1,17K_{дн}^{HH} + K_{дн}^{HH}) + 0,515q_{кп} + 0,305H_p}{Q_{ш}(0,242 + 0,042K_{дн}^{HH} - 0,285K_{дн}^{HH}) + 0,121q_{кп} + 0,92H_p}, \quad (7)$$

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

де $Q_{ш}$ - сила тяжіння надресорних частин вагона, діюча на шийку осі колісної пари, кН, визначається, за формулою:

$$Q_{ш} = \frac{Q - nq_{кп}}{2n_0}, \quad (8)$$

Q - сила ваги вагона, кН,

$q_{кп}$ - сила тяжіння необресорених частин, яка припадає на колісну пару, кН;

n_0 - число осей вагона;

K_d^H - коефіцієнт вертикальної динаміки на набігаючому колесу;

K_d^{HH} - коефіцієнт вертикальної динаміки на ненабігаючому колесу;

H_p - горизонтальна бічна рамна сила.

Значення H_p приймають позитивними в разі направлення її в сторону набігання колеса, а K_d^H і K_d^{HH} - в разі розвантаження коліс.

Висновки.

В ході проведення теоретичних досліджень особливостей експлуатації вагонів-платформ встановлено, що більшість ходових динамічних показників: коефіцієнти вертикальної і горизонтальної динаміки, відношення бокової сили до статичного навантаження на вісь, значення вертикального і горизонтального прискорень, коефіцієнт стійкості від бокового перекидання задовільняють вимоги діючих нормативних документів окрім показника коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок вагона-платформи у порожньому режимі. За результатами роботи було розроблено методику з визначення коефіцієнту запасу стійкості порожнього вагона-платформи в експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fomin O. Development of a method for the introduction of various profiles as components of carrier systems of freight cars. *Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI»*. Kharkiv. 2012. P. 29-33.
2. Kelrykh M., Fomin O. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry»*. 2014. № 6. P. 64-67.
3. N. Gorbunov, R. Domin, M. Kovtanec, K. Kravchenko. The multifunctional energy efficient method of cohesion control in the "wheel-braking pad-rail" system, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Transport. Międzynarodowej Konferencji Naukowej TRANSPORT XXI WIEKU*, Arłamów. 2016. P. 114–126.
4. Фомін, О.В., Прокопенко П.М., Горбунов М.І. Сапронова С.Ю. Поліпшення несучої здатності вагона-хопера для перевезення зерна з метою підвищення опору динамічним зусиллям. *Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Северодонецьк: СХУ ім. В.Даля*. 2017. № 5(235). С. 88-99.
5. Sapronova S, Tkachenko V., Kramar N., Voron'ko A. Regularities of shaping of a wheel profile as a result of deterioration of the rolling surface in exploitation. *Transport Problems International Scientific Journal*, № 3(4), P. 47–57.
6. Fomin, O.V., Gostra A.V. Variations describe the structural designs of freight cars. *Proceedings of the State Economic and Technological University of Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine series "Transport systems and technologies*. Kyiv. 2015. № 26-27. P.137-147.
7. Myamlin, S., Neduzha, L., Ten, O., & Shvets A. Spatial Vibration of Cargo Cars in Computer Modelling with the Account of Their Inertia Properties. *Mechanika*. 2010. Proc. of 15th Intern. Conf. P 325-328.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

8. Myamlin, S., Lunys, O., Neduzha, L., & Kyryl'chuk, O. Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars. *Transport Means*. 2017. Proc. of 21st Intern. Scientific Conf. P. 973-976.
9. Мороз, В.І. Математичний запис задачі оптимізаційного проектування напіввагонів за критерієм мінімальної матеріалоємності. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків. 2009. С. 121 – 131.
10. Кельріх М. Б. Структурно-функціональне описання конструкції модуля кузова сучасних універсальних напіввагонів. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*.— Луганськ: СНУ ім. В. Даля. 2014. №. 2. С. 210.
11. Макаренко М. В. Комплексний аналіз економічного ефекту від життєвого циклу сучасного напіввагону. *Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України»*. 2014. №. 5. С. 107.
12. Мороз В. І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків. 2008. С. 72-81.
13. Fomin O. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building. *East European journal of advanced technologies*. Kharkiv. № 3/7(57). 2012. P. 32-35.
14. Фомін О.В. Теоретичні основи програмного комплексу визначення та використання математичних моделей складових вантажних вагонів. *Науковий журнал «Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського»*. Кременчук. 2013. № 6(83). С. 87-91.
15. Фомін О.В. Впровадження круглих труб в несучі системи напіввагонів з забезпеченням раціональних показників міцності. *Науковий журнал – «Технологический аудит и резервы производства»*. Харків. 2015. № 4/1(24). С. 83-89.