

УДК 629.463.65

*Олексій Вікторович Фомін, д.т.н., доц.,
(професор кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державний
університет інфраструктури та технологій, м. Київ)*

*Павло Миколайович Прокопенко,
(аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державний
університет інфраструктури та технологій, м. Київ)*

*Світлана Юрїївна Сапронова, д.т.н., проф.,
(професор кафедри «Вагони та вагонне господарство» Державний
університет інфраструктури та технологій, м. Київ)*

*Анна Миколаївна Фоміна,
(аспірант кафедри «Залізничний, автомобільний транспорт та
підйомно-транспортні машини», Східноукраїнський національний
університет ім. В.Даля, м. Сєверодонецьк)*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОКАЗНИКА КОЕФІЦІЄНТА СТІЙКОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Забезпечення безпеки руху є одним з найважливіших вимог до роботи залізниць. Серед аварій і катастроф на залізничному транспорті найбільшу небезпеку становить сходження з рейок, так як це може призвести до тяжких наслідків. Причини сходів вагонів з рейок пов'язані з несправностями рухомого складу, відхиленнями від норм утримання колії, незадовільна динаміка поїзда також з умовами їх експлуатації.

***Ключові слова:** легковагові вантажні вагони, ходові динамічні випробування, швидкість, коефіцієнт запасу стійкості, сход, несправність, динаміка, комп'ютерне моделювання.*

Вступ. Суттєвим недоліком роботи залізничного транспорту України є обмеження швидкості руху поїздів з вантажними вагонами в порожньому стані, які обладнані візками моделі 18-100.

У числі причин сходів коліс вагонів з рейок, пов'язаних з несправностями ходової частини вагонів, можна назвати наступні: злам бічних рам і надресорних балок візків, злам осей і коліс, несправності роликів підшипників буксового вузла, знос елементів фрикційних гасителів коливань і вузла обпирання кузова на надресорні балки, неприпустимі відхилення розмірів візків. Також важливою причиною є негативне зменшення тари вагона більш ніж як на 10% від встановленої заводом виробником.

DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-1-13

Зазначені несправності, зокрема, пов'язані з руйнуваннями елементів ходової частини, безпосередньо призводять до сходів вагонів. Однак, деякі з них прямо невикликають схід, але є причинами розвитку динамічних процесів, які викликають підвищену силову взаємодію рухомого складу.

Серед вагонів, які частіше за все сходили порожні вагони-платформи моделей 13-4012, вагони-хопери для цементу зі знятою кришею моделі 19-758-01, вагони-цистерни моделі 15-1443.

За результатами аналізу обставин сходів порожніх вагонів за період 2016-2018 рр. яких сталося більше 70 випадків тільки на регіональній філії «Південно-західна залізниця» встановлено, що наслідками сходів є серйозні пошкодження рухомого складу, залізничної колії та інших елементів інфраструктури залізниці, зниження швидкості та порушення графіку руху поїздів.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми. Необхідно сформулювати необхідність проведення даних ходових динамічних випробувань. Проведені теоретичні та практичні дослідження з визначенням та оцінкою показників динамічних та ходових якостей вагона платформи, визначення коефіцієнту запасу стійкості колеса від сходу з рейок, що в свою чергу дозволить визначити безпечну швидкість руху вагонів платформ вагонів в порожньому стані. На сьогоднішній день проблемі з визначення безпечної швидкості руху та визначенню коефіцієнта запасу стійкості від сходу вагонів присвячено значну кількість наукових праць.

Сучасні дослідження, присвячені питанням зниження вартості вантажних вагонів, в основному спрямовані на поліпшення їх конструкцій за рахунок вдосконалення процедур їх проектування або впровадження нових матеріалів. Зокрема, стаття [4] присвячена висвітленню запропонованих інновацій для конструкцій піввагонів «залізничного простору 1520 мм» і особливостей їх проектування, однак в ній обмежено представлені можливості застосування таких інновацій для піввагонів-хоперів. Автори роботи [5] відображають певні ними перспективні напрямки конструювання кузовів залізничних напіввагонів з метою поліпшення техніко-економічних показників, але не розкривають економічного потенціалу ділового використання спеціального дорогого вагонного прокату немірної довжини. У роботах [8, 9] представлені нові підходи до вдосконалення динамічних розрахунків вагонних конструкцій і отримані на їх основі більш точні результати. Так, в роботі [8] описані характерні риси та результати динамічних характеристик вагонів-платформ. А робота [9] присвячена представленням запропонованих методів визначення динамічних характеристик для різних виконань несучих вагонних конструкцій. Ряд сучасних публікацій присвячені конструкціям вантажного вагонобудування нового покоління, які спроектовані з використанням передових матеріалів та технологій. Наприклад, в [6] автори відображають результати комп'ютерного моделювання прототипу вантажного вагона з основними несучими елементами, виконаними без надлишкових зв'язків. Однак представлені в роботах [5, 8, 9] підходи орієнтовані на використання цілісних профілів і не дозволяють з достатньою точністю розрахувати впровадження стикованих варіантів виконання балок в різних вузлах вантажних вагонів. В роботі [7] представлені особливості запропонованих авторами інновацій в модулі ходової частини, також відображено їх вплив на модуль кузова але без урахування варіації його виконань. У статті [8] опубліковані результати робіт з генерування перспективних конфігурацій профілів, які можуть бути використані у

виробництві різних видів рухомого складу. Але автори не пропонують даних про можливість створення перспективних профілів в стикованих по довжині виконаннях. Робота [10,12] висвітлює запропоновані методи аналізу залізничних конструкцій майбутнього і способи розширення їх функціональності, проте в ній, так само як і в статті [6], відсутні дані про підвищення ділової функціональності немірних спеціальних профілів. Також важливу роль в сучасному вагонобудуванні грають відповідні підходи в проектуванні, наприклад в статті [11] представлений розроблений методологічний апарат для прийняття оптимальних рішень. Але він так само не надає вичерпних можливостей щодо формування оптимальних по довжині і конфігурації зчленованих балок. У роботах [13, 14, 15] представлені особливості та результати проведених досліджень з визначення конструктивних складових вантажних вагонів для створення спрямованого напружено-деформованого стану (на основі принципу попередніх напружень). Роботи [15,16,17] відображають результати впровадження круглих труб в конструкцію вантажного вагона та дослідження міцності несучої конструкції кузова напіввагона при перевезенні на залізничному поромі.

З урахуванням вищесказаного можна зробити висновок, що результати аналізу інформаційних джерел з досліджуваного питання свідчать про відсутність достатніх методичних і практичних матеріалів про визначення коефіцієнту стійкості колеса від сходу з рейок.

Мета і задачі дослідження. Мета роботи – вирішення науково-практичного завдання зі створення теоретичних положень визначення безпечного значення коефіцієнта стійкості легковагових вантажних вагонів в складі поїзда та експериментальне їх підтвердження.

При цьому основними чинниками, які безпосередньо впливають на коефіцієнт стійкості, є вертикальні та повздожні зусилля, які відповідно залежать від власної ваги вагонів та діючої в повздожньому напрямку ваги поїзду. Тому головними напрямками з визначення коефіцієнту стійкості було обрано варіювання місцями розташування вагонів в поїзді та зменшення їх власної ваги (тари).

Для досягнення поставленої мети було визначено та вирішено наступні задачі:

- розробка теоретичних положень проведення досліджень;
- проведення ходових динамічних випробувань з визначенням показників динамічних якостей вагона при його русі та скидання з клинів з визначенням та оцінкою власних частот коливань.
- аналіз результатів та визначення рекомендацій.

Матеріали та методи дослідження. Об'єктами випробувань є вантажні вагони: вагон-платформа моделі 13-4012 (рис. 1), вагон-хопер для цементу зі знятою кришею моделі 19-758-01 (рис. 2) та вагон цистерна моделі 15-4443 (рис. 3).



Рис. 1. Універсальна вагон платформа моделі 13-4012



Рис. 2. Вагон-хопер для цементу зі знятою кришею моделі 19-758-01



Рис. 3. Вагон-цистерна моделі 15-1443

При випробуваннях скидання з клинів визначається частота коливань і напруження в надресорній балці та боковині рами візка, динамічні і статичні прогини ресорного підвішування візка.

У процесі ходових динамічних випробувань вагона вимірюються, аналізуються і оцінюються такі величини і показники:

- вертикальні і горизонтальні (поперечні) прискорення обресорних мас вагону в зоні підп'ятника вагона;
- динамічні бічні (рамні) сили, що діють на букси колісних пар;
- коефіцієнт стійкості колеса від сходу з рейок;
- коефіцієнти вертикальної динаміки обресорених та не обресорених мас;
- коефіцієнт горизонтальної динаміки (відношення бічної рамної сили до осьового навантаження);
- сили які діють на дослідний вагон;
- швидкості руху.

Вибір точок для визначення частот коливань та динамічних напружень при випробуваннях по скиданню з клинів виконується на підставі аналізу результату розрахунку напружено-деформованого стану несучої конструкції вагонів.

Місця встановлення тензодатчиків при випробуваннях скидання з клинів та ходових динамічних випробуваннях



Рис. 4. Схема установки і з'єднання тензорезисторів для визначення коефіцієнтів вертикальної динаміки в перетинах надресорної балки візка вантажного вагона

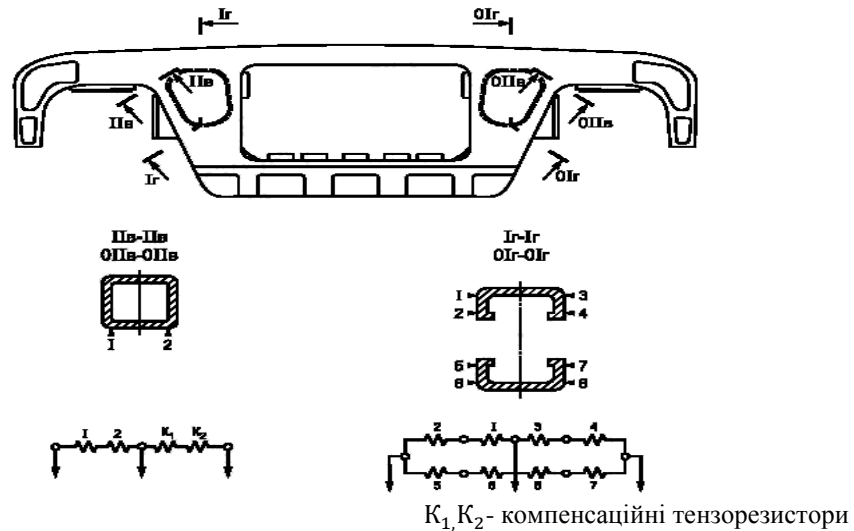


Рис. 5 Схема установки і з'єднання тензорезисторів для вимірювання горизонтальних (рамних) сил (перетину з індексом «Г») і вертикальних сил

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.

Реєстрація вимірюваних процесів ходових динамічних випробувань проводиться на прямих і кривих ділянках колії і стрілочних переходах у всьому проектному діапазоні допустимих експлуатаційних швидкостей.

Ходові динамічні випробування проводять під час дослідних поїздок у реальних умовах експлуатації з реєстрацією динамічних процесів і деформацій у контрольних точках.

Перед початком випробувань виконується зважування дослідних вагонів.

Проводять підготовку візів моделі 18-100:

- підбір тензорезисторів;
- підготовку місць установки тензорезисторів, на елементах конструкції візків згідно з рисунків 4, 5;
- наклею тензорезисторів;
- тарування візків;
- встановлення тензометричних автозчепних пристроїв;
- монтаж з'єднувальних кабелів до тензорезисторів і апаратури, що реєструє;
- налагодження та перевірку роботоздатності апаратури.

Етапи проведення випробування:

I етап: дослідний зчеп: локомотив – вагон-платформа моделі 13-4012 – вагон-цистерни моделі 15-1443 – динамометричний вагон – вагон-хопер зі знятою кришею моделі 19-758-01 (рис. 7), швидкість від 30 км/год до 60-80 км/год з кроком 5-10 км/год.



Рис. 7. Схема розташування рухомого складу під час випробувань

II етап: поїзд: Варіант 1 – локомотив – 6 порожніх напіввагонів – дослідний зчеп – 30 завантажених напіввагонів; Варіант 2 локомотив – 15 завантажених напіввагонів – дослідний зчеп – 6 порожніх напіввагонів – 15 завантажених напіввагонів; Варіант 3 – локомотив – 30 завантажених напіввагонів – дослідний зчеп – 6 порожніх напіввагонів (рис. 8).

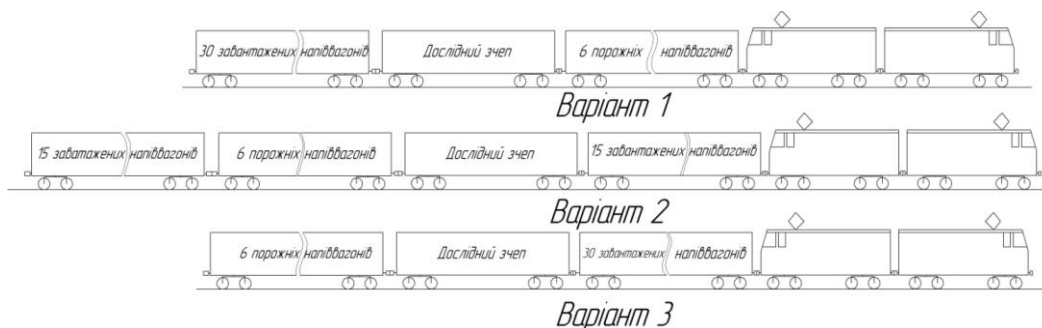


Рис. 8. Схема розташування рухомого складу під час 2 етапу

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

Дослідні дані групуються за діапазонами швидкостей руху (10-20 км/год), характерних особливостей ділянок колії (пряма, крива, стрілки і ін.).

При аналізі записів процесів встановлюються характерні види коливань, оцінюються залежність характеру і інтенсивності коливань від умов руху. У зв'язку

з ймовірнісною природою показників динамічної завантаженості ходових частин вагонів (в тому числі під впливом особливостей технічного стану ходових частин і транспортної структури) застосовується відповідний апарат теорії ймовірностей.

Для оцінки ходових якостей за величинами вимірних динамічних показників вагона, з використанням співвідношень з урахуванням тарувальних даних визначаються ймовірні максимальні значення коефіцієнтів вертикальної динаміки обресорених $K_{\partial o}$ і необресорених $K_{\partial n}$ мас вагона, бічні (рамні) сили, коефіцієнт горизонтальної динаміки $K_{\partial z}$, значення коефіцієнтів запасу стійкості від сходу з рейок K_{yc} .

Методика розрахунку коефіцієнта запасу стійкості вагона проти сходу з рейок при вповзанні гребня колеса на рейку під дією динамічних зусиль, що виникають при русі, коефіцієнтів вертикальної динаміки обресорених і необресорених мас вагона наведені нижче.

Оцінка стійкості колеса проти сходу з рейки проводиться формулою,

$$K_{yc} = \frac{tg\beta - \mu}{1 + \mu tg\beta} \cdot \frac{Q_{nn} \left(\frac{2(b-a_2)}{l} - K_{\partial o}^{nn} \frac{2b-a_2}{l} + K_{\partial o}^{nn} \frac{a_2}{l} \right) + q \frac{b-a_2}{l} + \frac{r}{l} H_p}{\mu Q_{nn} \left(\frac{2(b-a_1)}{l} + K_{\partial o}^{nn} \frac{a_1}{l} - K_{\partial o}^{nn} \frac{2b-a_2}{l} \right) + \mu q \frac{b-a_1}{l} + \left(1 - \frac{r}{l} \mu\right) H_p}, \quad (1)$$

де β – Кут нахилу твірної гребня колеса до горизонтальної осі;

$\beta = 60^\circ$;

μ – коефіцієнт тертя, $\mu = 0,25$;

q – сила тяжіння маси непідресорених частин, які приходять на колісну пару, Н ;

$2b$ – відстань між серединами шийок осі колісної пари, м;

a_1, a_2 – розрахунокова відстань від точок контакту коліс з рейками до середини відповідних (набігаючих і ненабігаючих) шийок осі колісної пари приймаються відповідно 0,250 і 0,220м;

r – радіус кола кочення колеса, $r=0,45$ м (для середньо зношеного колеса) або за результатами вимірювання колес дослідного зразка;

$K_{\partial o}^{nn}$ – коефіцієнт вертикальної динаміки на набігаючому колесі; значення коефіцієнта приймається додатнім у випадку розвантаження коліс;

$K_{\partial o}^{nn}$ – коефіцієнт вертикальної динаміки на небігаючому колесі; значення коефіцієнта приймається додатнім у випадку розвантаження коліс;

H_p – горизонтальна бокова рамна сила.

Q_{nn} – сила тяжіння надресорних частин вагона, діюча на шийку осі колісної пари, кН.

Сили на автозчепках-динамометрах під час ходових-динамічних випробувань (рис. 9).

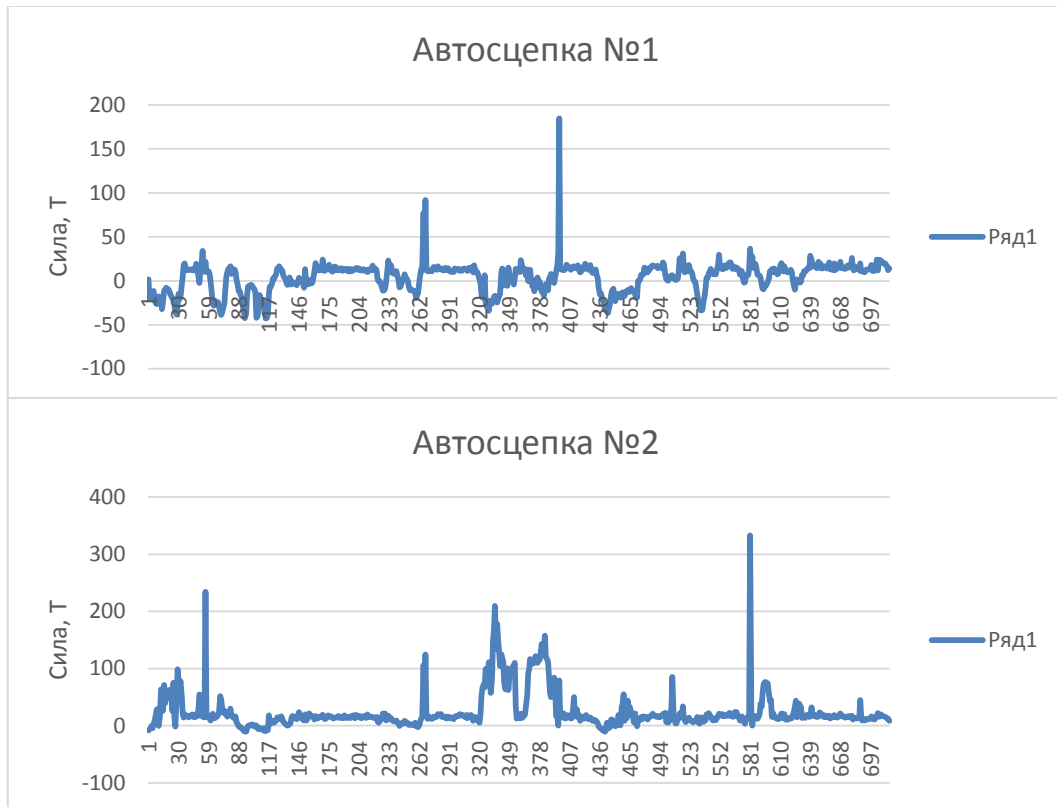


Рис. 9 Сила на автозчепному пристрої

Результати колеса проти сходу з рейок наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Результати з визначення коефіцієнта запасу стійкості

Швидкість, км/год	Вагон-платформа моделі 13-4012	Вагон-цистерна моделі 15-1443	Вагон-хопер моделі 19-758-01
	Коефіцієнт запасу стійкості колеса від сходу з рейок не менше 1,3		
40±5	1,4	1,45	1,42
50±5	1,33	1,42	1,4
60±5	1,32	1,34	1,37
70±5	1,18	1,33	1,35
80±5	1,14	1,31	1,33

Висновки

У ході проведення теоретичних та практичних досліджень з визначення показника коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок в залежності від місця постановки легковагових вантажних вагонів у поїзді у порожньому режимі на прямих і кривих відрізках залізничної колії у діапазоні експлуатаційних швидкостей було встановлено, що він змінюється в негативну сторону в залежності від зменшення тари більше як на 10% від нормативної, поганого технічного стану

несучих та екіпажних частин вагона та розташування вагонів у голові та середині поїзда. Таким чином отримані теоретичні результати дозволять оцінити вплив зменшення тари, поганого технічного стану та місця розташування у поїзді, на стійкість вагона від перекидання та встановити безпечну швидкість руху легковагонних вагонів у порожньому стані та місце постановки їх у поїзді.

За результатами проведених ходових динамічних випробувань вагона-платформи моделі 13-4012, вагона-цистерни моделі 15-1443, вагона-хопера для цементу зі знятою кришею моделі 19-758-01 у порожньому стані встановлено наступну відповідність та невідповідність вимогам ДСТУ 7598-2014 «Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних), ДСТУ ГОСТ 33211-2017 «Вагони грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам»:

- вагона-платформи моделі 13-4012 у порожньому стані відповідає по коефіцієнту запасу стійкості колеса від сходу з рейок на швидкості до 60 км/год;
- вагон-цистерна моделі 15-1443 у порожньому стані відповідає по коефіцієнту запасу стійкості колеса від сходу з рейок на швидкості до 80 км/год;
- вагон- хопер для цементу зі знятою кришею моделі 19-758-01 у порожньому стані відповідає по коефіцієнту запасу стійкості колеса від сходу з рейок на швидкості до 80 км/год.

Під час випробувань встановлено, що значення сил стиску, які діють на дослідні вагони в головній та середній частинах поїзда досягають, а в окремих випадках (екстремне гальмування, рух по переламному профілю) перевищують критичні для порожнього рухомого складу значення.

Отже більш суттєвий вплив на рівень показників безпеки руху порожніх вагонів є: стан колії, місце постановки порожніх вагонів у складі поїзда та технічний стан візків (п'ятник, підп'ятник та ін.).

ЛІТЕРАТУРА

1. Фомін О.В., Розробка методики впровадження різних профілей в якості складових елементів несучих систем вантажних вагонів // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Харків., 2012 С.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.Далія, 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. 2008. №3(4), 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. 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 Internet. Conference. P. 325-328.
8. Myamlin, S., Lunys, O., Neduzha, L., Kyryl'chuk O. Mathematical modeling of dynamic loading of cassette bearings for freight cars. transport means // Proc. of 21st Intern. Scientific Conference – 2017. P. 973-976.

9. Мороз В.І. Математичний запис задачі оптимізаційного проектування напіввагонів за критерієм мінімальної матеріалоемності. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. Харків., 2009. С. 121 – 131.
10. Кельрих М. Б. Структурно-функціональне описання конструкції модуля кузова сучасних універсальних напіввагонів // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганськ. 2014. № 2. С. 210.
11. Макаренко М. В. Комплексний аналіз економічного ефекту від життєвого циклу сучасного напіввагону // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». Київ. 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. Kelrykh, M., O. Fomin. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014. № 6. P. 64-67.
14. Fomin, A. V. The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building // East European journal of advanced technologies. 2012. № 3/7(57). P. 32-35 p.
15. 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. Вип. 6(83). С. 87-91.
16. Фомін, О.В. Впровадження круглих труб в несучі системи напіввагонів з забезпеченням разпональних показників міцності // Науковий журнал – «Технологический аудит и резервы производства». Харків. 2015. № 4/1(24). С. 83-89.
17. Ловська А. О. Моделювання навантаженості контейнера-цистерни при перевезенні у складі комбінованого поїзда на залізничному поромі // Вісник Національного технічного університету «ХП». 2018. Вип. 33. С. 28 – 32.
18. Ловська А. О. Дослідження міцності несучої конструкції кузова напіввагона при перевезенні на залізничному поромі // Зб. наук. праць ДУІТ. Київ. 2018. Вип. 32, Т. 1. С. 71 – 80.

REFERENCES

1. Fomin O.V. (2012). *Rozrobka metodiki vprovadgennja riznih profiliv v jacosti skladovih elementiv nesuchih system vantazhnih vagoniv* [Development of a method for the introduction of various profiles as components of carrier systems of freight cars]. *Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI»* [Bulletin of Nacionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI»], P.29-33.
2. Kelrykh M., Fomin O. (2014). *Perspective directions of planning carrying systems of gondolas*. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry», 6, 64-67.
3. N. Gorbunov, R. Domin, M. Kovtanec, K. Kravchenko. (2016). *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, 114–126.
4. Fomin O.V., Prokopenko P.M., Horbunov M.I. Saprionova S.YU. (2017). *Polipshennya nesuchoyi zdatnosti vahona-khopera dlya perevezennya zerna z metoyu pidvyshchennya oporu dynamichnym zusyllyam* [Improvement of the carrier capacity of the hopper car to transport the grain in order to increase the resistance by dynamic effort]. *Visnyk Skhidnoukrayins'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalya* [Bulletin Skhidnoukrayins'koho natsional'noho University Vladimir Dal], № 5(235). P. 88-99/
5. Saprionova S, Tkachenko V., Kramar N., Voron'ko A. (2008). *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), 47–57.
6. Fomin, O.V. (2015) *Variacijne opisannja konstruktivnih vikonan' vantazhnih vagoniv* [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"*. 26-27, P. 137-147.
7. Myamlin, S., Neduzha, L., Ten, O., & Shvets, A. (2010). *Spatial Vibration of Cargo Cars in Computer Modelling with the Account of Their Inertia Properties*. *Mechanika*. Proc. of 15th Intern. Conf., 325-328.
8. Myamlin, S., Lunys, O., Neduzha, L., & Kyryl'chuk, O. (2017). *Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars*. *Transport Means*: Proc. of 21st Intern. Scientific Conf., 973-976.
9. Moroz V.I. (2009). *Matematychnyy zapys zadachi optyimizatsiynoho proektuvannya piv-vahoniv za kryteriyem minimal'noyi materia-loyemnosti* [Mathematical notation of problem of optimizing design of open goods wagons by criterion of the minimum material capac-ity]. *Zbirnyk naukovykh prats* [Collection of scientific papers]. № 111. P. 121-131.

10. Kelrikh M. B., Moroz V. I. (2010). *Strukturno-funktsionalne opysannia konstruksii modulia kuzova suchasnykh universalnykh napivvahoniv [The structural and functional design of the module body of modern universal gondola cars]*. Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia [Bulletin Skhidnoukrayins'koho natsional'noho University Vladimir Dal], 2 (210). P. 94-103.
11. Makarenko M. V. (2014). Kompleksnyi analiz ekonomichnoho efektu vid zhyttievoho tsykladu suchasnoho napivvahonu [Comprehensive analysis of the economic impact of the life cycle of a modern gondola], Naukovo-praktychny zhurnal «Zaliznychnyi transport Ukrainy». №. 5. – С. 107.
12. Moroz, V.I. (2008). *Vyznachennia perspektyvnykh napriamkiv udoskonalennia konstruksii napivvahoniv vyrobnytstva DP «Ukrspetsvagon» [Determination of the promising direction for improvement of the open car design of SE" Ukrspetsvagon"]*. Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoi Derzhavnoi Akademii Zaliznychnoho Transportu, 72-81.
13. Kelrykh M. (2014). *Perspective directions of planning carrying systems of gondolas*. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». No 6. P. 64-67
14. Fomin, A. V. (2012). *The determination of the perspective directions of designing of bearing systems in cargo wagon building*. East European journal of advanced technologies. 3/7(57), P. 32-35.
15. Fomin O.V. (2013). *Teoretychni osnovy prohramnoho kompleksu vyznachennya ta vykorystannya matematychnykh modeley skladovykh vantazhnykh vahoniv [Theoretical foundations of the software complex for the determination and use of mathematical models of freight wagons]*. Naukovyy zhurnal «Visnyk Kremenchuts'kohonatsional'noho universytetu imeni Mykhayla Ostrohrads'koho». 6(83). P. 87-91.
16. Fomin, O. V. (2015). *Vprovadzhennya of cruglic pipes in NESC systems napowan W zabezpecheny razvalyny pokaznikiv mcnnet*. The journal "Technology audit and production reserves". № 4/1(24) – P. 83-89.
17. Lovs'ka A. O. (2018). *Modelyuvannya navantazhenosti konteynera-tssystemy pry perevezenni u skladi kombinovanoho poyzida na zaliznychnomu poromi [Simulation of load of tank-container during transportation in the combined train on a railway ferry]*, Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu «KHPi» [Bulletin of Nacionalnogo tekhnichnoho universitetu «KHPi»], 33. P. 28 – 32.
18. Lovs'ka A.O. (2018). *Doslidzhennya mitsnosti nesuchoyi konstruksiyi kuzova napivvahona pry perevezenni na zaliznychnomu poromi [Investigation of the durability of the bearing structure of the gondola body during transportation on the railway ferry]*, Zb. nauk. prats'. DUIT [Collection of scientific works DUIT].32, T. 1. P.71 – 80.

Алексей Викторович Фомин, д.т.н., проф.,

(Профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев)

Павел Николаевич Прокопенко,

(Аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев)

Светлана Юрьевна Сапронова, д.т.н., проф.,

(Профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев)

Анна Николаевна Фомина,

(Аспирант кафедры «Железнодорожный, автомобильный транспорт и подъемно-транспортные машины», Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Северодонецк)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Обеспечение безопасности движения является одним из важнейших требований к работе железных дорог. Среди аварий и катастроф на железнодорожном транспорте наибольшую опасность представляет сход с рельсов, так как это может привести к тяжелым последствиям. Причины сходов

вагонов с рельсов связанные с неисправностями подвижного состава, отклонениями от норм содержания пути, неудовлетворительная динамика поезда также с условиями их эксплуатации.

Ключевые слова: легковесные грузовые вагоны, ходовые динамические испытания, скорость, коэффициент запаса устойчивости, лестницы, неисправность, динамика, компьютерное моделирование.

Olexiy Fomin, Ph.D., Assoc.,

(Professor of the department "Wagons and Wagon facilities", State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv).

Pavlo Prokopenko

(Postgraduate student, the department "Wagons and Wagon facilities", State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv);

Svetlana Sapronova, Doctor of Technical Sciences, Professor,

(Professor of the department "Wagons and Wagon facilities", State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv);

Anna Fomina,

(Postgraduate student of the department "Railway, road transport and lifting transport vehicles", East Ukrainian National University. V. Dahl, Severodonetsk)

EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE FLAT WAGON STABILITY FACTOR IN OPERATION CONDITIONS

Ensuring traffic safety is one of the most important requirements for the operation of railways. Among accidents and disasters in railway transport the greatest danger is the derailment, as it can lead to grave consequences. The reasons of the derailment of wagons are due to malfunctions of rolling stock, deviations from the rules of the maintenance of the track, unsatisfactory dynamics of the train as well as the conditions of their operation.

These failures, in particular, related to the destruction of the elements of the chassis, directly lead to the derailment of wagons.

A significant drawback of the work of the railway transport of Ukraine is the restriction of the speed of trains with empty freight cars, which are equipped with models of wagons 18-100.

Among the reasons for the derailments of the wheels of rail cars associated with malfunctions of the running gear, the following can be called: breakage of side frames and overhead bolts of trolleys, fracture of axles and wheels, malfunctions of roller bearings of the boot knot, wear of elements of friction oscillators and oscillation knobs on the superstructure beams, unacceptable variations in the size of the trolleys. Another important reason is the negative reduction of the wagon's packaging by more than 10% of the factory installed by the manufacturer.

Keywords: *light-weight freight cars, running dynamic tests, speed, stability factor, derailments, fault, dynamics, computer simulation..*