

УДК 629.463.001.63

ТЕОРЕТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ СТІЙКОСТІ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-ДЕГРАЦІЙНИХ ЗМІН ТАРИ

Фомін О.В., Прокопенко П.М.

THEORETICAL-EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE RATIO OF THE STABILITY OF THE WAGON-PLATFORM DEPENDING ON THE OPERATING-DEGRATIONAL CHANGES OF THE TAR

Fomin O., Prokopenko P.

В даній статті описана методика процесу проведення ходових динамічних випробувань вагона-платформи моделі 13-401-17. Практичне визначення коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок вагона дозволить визначити безпечну швидкість руху вагона-платформи.

Ключові слова: вагон-платформа моделі 13-401-17, ходові динамічні випробування, швидкість, коефіцієнт запасу стійкості.

Вступ

За результатами проведених випробувань 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. Винятком є показник коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок вагона-платформи у порожньому режимі на прямих і кривих відрізках залізничної колії у діапазоні експлуатаційних швидкостей, який не відповідає вимогам нормативної документації.

Для вирішення питання з визначення безпечної швидкості руху вагона-платформи моделі 13-4012-45 проведено ходові динамічні випробування з визначенням коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок в порожньому стані.

Аналіз літературних даних

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 представленню 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 [5] 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 зістикованих варіантів виконання балок в різних вузлах вантажних вагонів. В роботі [6] представлені особливості запропонованих авторами інновацій в модулі ходової частини, також відображено їх вплив на модуль кузова але без урахування варіації його виконань. У статті [7] 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 зістикованих по довжині виконаннях. Робота [10]

висвітлює запропоновані методи аналізу залізничних конструкцій майбутнього і способи розширення їх функціональності, проте в ній, так само як і в статті [5], 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.

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.

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 моделі 13-401-17, визначення коефіцієнту запасу стійкості колеса від сходу з рейок, що в свою чергу дозволить визначити безпечну швидкість руху вагона-платформи в порожньому стані.

Мета роботи і задачі дослідження

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

Для досягнення поставленої мети було визначено та вирішено наступні задачі:

- вибір дослідного зразка та аналіз його технічного стану;
- проведення випробувань скидання з клинів із визначенням оцінки власних частот коливань та динамічних напружень в елементах несучої конструкції;
- проведення ходових динамічних випробувань з визначенням показників

динамічних якостей вагона при його русі на залізничній колії з різними експлуатаційними швидкостями аж до конструкційної (120 км/год).

Відбір та ідентифікація дослідного зразка

Об'єктом випробувань є вагон-платформа моделі 13-401-17 в порожньому стані, виготовлений у відповідності до вимог нормативної технічної документації. (Рис. 1).

Ідентифікація вагону виконується за нормативною документацією, зовнішнім видом, конструкцією (складом), комплектністю й маркуванням перед початком випробувань. Відібраний вагон повинен бути ідентифікований за такими ознаками:

- найменування об'єкта;
- заводський номер;
- підприємство виготовлювач;
- дата виготовлення;
- дата, вид та підприємство, яке виконувало останній плановий ремонт.

При проведенні технічного діагностування особу увагу привертають несучим елементам конструкції, а саме хребтовій та шворневій балкам та повній комплектності вагона.

Характеристики що визначаються під час випробувань

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.

У процесі ходових динамічних випробувань «ВП» вимірюються, аналізуються і оцінюються наступні величини і показники:

- динамічні і статичні прогини ресорного підвішування візка;
- вертикальні і горизонтальні (поперечні) прискорення обресорних мас вагону в зоні під'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.

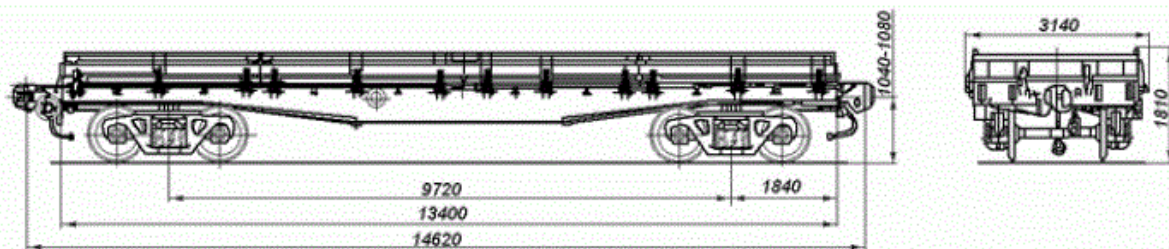


Рис. 1. Вагон-платформа моделі 13-401-17

Таблиця 1

Технічні характеристики дослідного зразка

Характеристика	13-401-17 ОАО «Днепровагонмаш» (контейнерная)
Вантажопідйомність, т	66,0
Маса тари вагона (мін / макс), т	19,3/20,5
Навантаження осьове, кН (тс)	210 (21,50)
Швидкість конструкційна, км / год	120
Габарит	0-ВМ (01-Т)
База вагона, мм	9720
Довжина по осях зчеплення автотцепки, мм:	14620
Висота від рівня верху головок рейок до рівня підлоги / максимальна, мм:	1310
Кількість осей, шт.	4
Модель 2-вісного візка	18-100
Наявність перехідного майданчика	ні
Наявність стоянкового гальма	так
Довжина кузова всередині	13300
Довжина по торцях рами	13400
Рік постановки на серійне виробництво	1964

Випробування скидання з клинів

При випробуваннях скидання з клинів визначається частота і напруження.

Оцінка власних частот коливань здійснюється за результатами випробувань «скидання з клинів». Відповідно до розробленої схеми контрольних точок проводиться установка тензорезисторів на

надресорній балці та рамі вагона. Під колеса вагона-платформи в залежності від досліджуваних частот власних коливань встановлюються клини, а потім проводиться скидання вагона шляхом його нахату на клин.

Завантажений вагон-платформа, накочується за допомогою локомотива на клини. Клин встановлюється по черзі (табл. 3):

під колеса одного боку хопера (імітація бічної хитавиці);

під колеса одного боку одного візка й іншого боку другого візка (імітація скручування);

під всі колеса візка (імітація галопування);

під всі колеса вагона (імітація підсакування);

Таблиця 2

Схема установки клинів під колеса вагона

№	Вид коливань	Номер колісної пари			
		1	2	3	4
1	Підсакування	■	■	■	■
2	Скручування кузова	■	■	■	■
3	Галопування	■	■	■	■
4	Бокова хитавиця	■	■	■	■

В залежності від кількості використаних клинів і місця їх розташування під відповідними колесами вагонів визначають види коливання при проході і скиданні вагонів з клинів.

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 вагона.

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

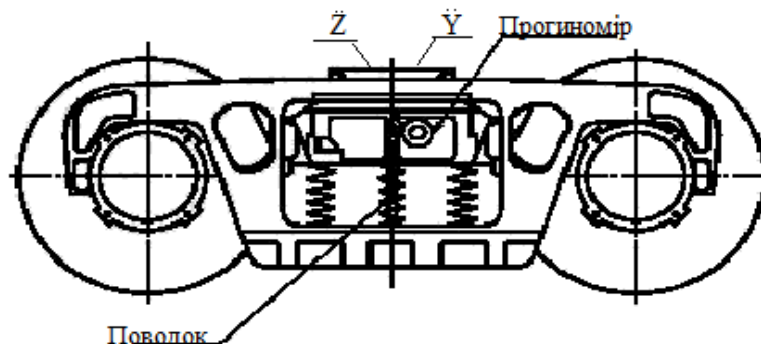


Рис. 2. Установка прогиноміра та акселерометрів для вимірювання вертикальних прогинів ресорного підвішування і прискорень обресорених частин візка вагона

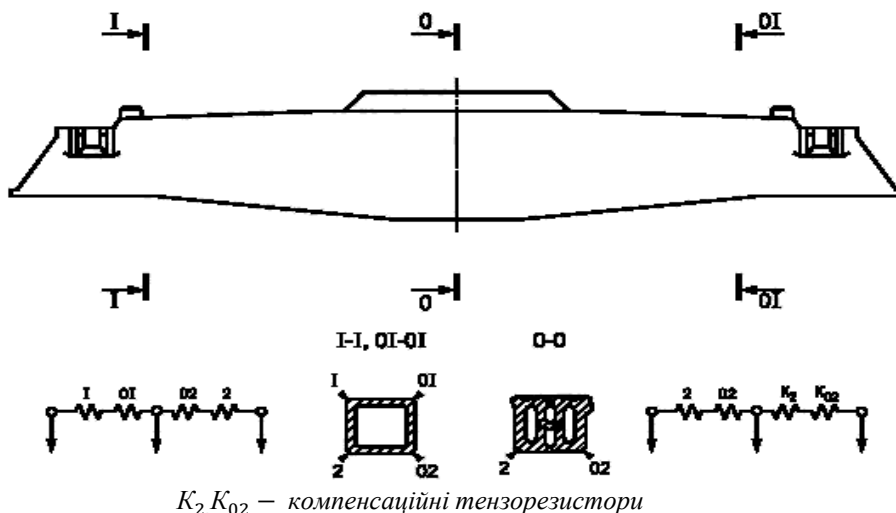


Рис. 3. Схема установки і з'єднання тензорезисторів для визначення коефіцієнтів вертикальної динаміки в перетинах надресорної балки візка вантажного вагона

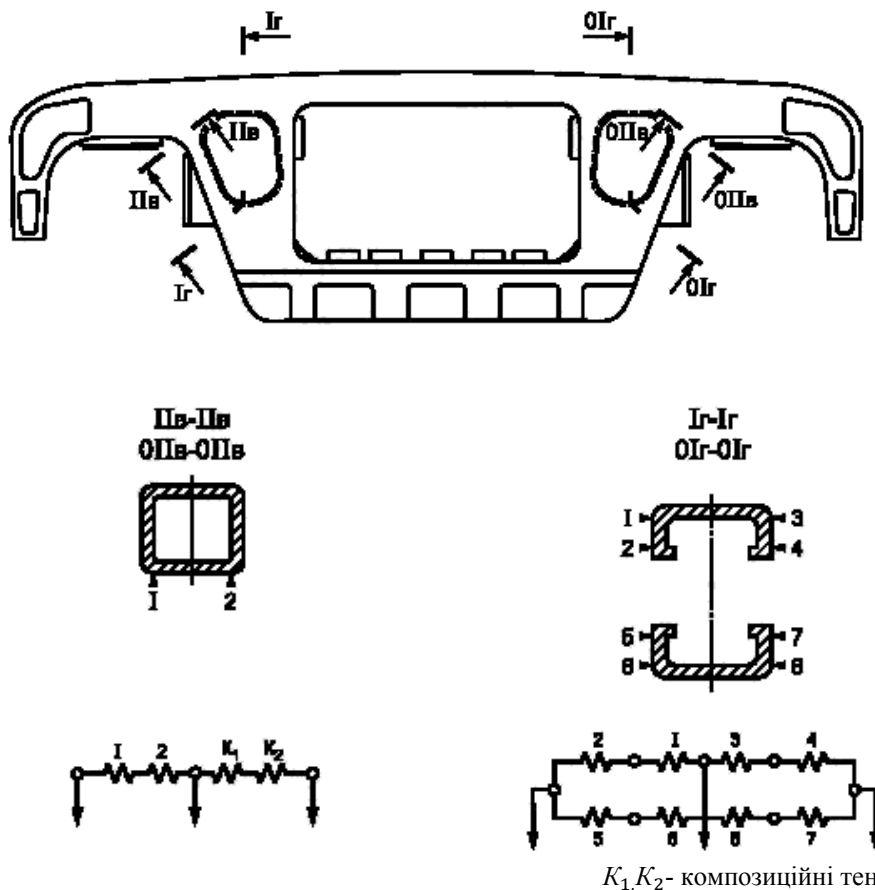


Рис. 4. Схема установки і з'єднання тензорезисторів для вимірювання горизонтальних (рамних) і вертикальних сил (перетину з індексом «Г») і вертикальних сил (перетину з індексом «В») на рамі візка вантажного вагона

Дослідне визначення коефіцієнта запасу стійкості колеса від схода вагону з рейок

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 вагону 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 відрізках 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 відрізках колії повинна бути не менше 300 с при реєстрації процесів за допомогою магнітографів.

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) відрізках 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 озрахунок коефіцієнту запасу 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 виміральної техніки до завантаження об'єкту випробувань та після нього:

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

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

Δ_0 - показання засобів виміральної техніки у порожньому стані об'єкта випробувань;

K - калібрувальний коефіцієнт засобів виміральної техніки, що визначається за формулою (6.1):

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

де: R_δ - опір тензорезистора, Ом;

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

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

9.2. Напруження a МПа, в елементах конструкції у місцях установки тензорезисторів визначаються за формулою (2):

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

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

R_δ - 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.

9.3. 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 осевого навантаження P_0 ;

- прискорення обресорених частин вагону.

Зареєстровані на магнітному носії динамічні процеси випробувань вагона обробляють програмою обчислення миттєвих значень амплітуд процесу. Записи реалізацій проводять в обох напрямках руху поїзда у кожному діапазоні швидкостей. Частоту дискретизації записів динамічних процесів вибирають не менше ніж 128 Гц, що дозволяє визначати показники у потрібному частотному діапазоні. По кожній реалізації обчислюють величини процесів і їхні максимальні значення при імовірності, що відповідає нормативним значенням. Остаточні величини показників у кожному діапазоні швидкостей отримують шляхом вибору середнього

значення по окремих реалізаціях. У підсумку визначають одну величину показника у межах кожного діапазону швидкостей з інтервалом 10 км/год, починаючи зі швидкості 30-40 км/год. За цими показниками наводять основні висновки про ходові динамічні якості дослідного вагона.

За результатами обробки для кожного діапазону швидкостей отримують максимальні величини коефіцієнтів динаміки з довірчою імовірністю 0,999, а мінімальні величини коефіцієнтів запасу стійкості колеса від сходу колеса з рейки - з імовірністю 0,001.

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. При обробці враховуються показників 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, визначаються їх частоти, оцінюються залежність характеру і інтенсивності коливань від умов руху. У зв'язку з ймовірнісною природою показників динамічної навантаженості ходових якостей 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 обрессорених $K_{до}$ і необрессорених $K_{дн}$ мас вагона, бічні (рамні) сили, значення коефіцієнтів запасу стійкості від сходу з рейок K_{yc} .

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 більше 0,0001. 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 при русі, коефіцієнтів вертикальної динаміки обрессорених і необрессорених мас вагона наведені нижче. Коефіцієнт вертикальної динаміки K_d в загальному вигляді визначається з наступного виразу:

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

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

σ_{cm} - статичне навантаження від вертикального навантаження у тому ж перерізі.

Коефіцієнти вертикальної динаміки визначаються для обрессорених ($K_{до}$) і необрессорених ($K_{дн}$) мас візків.

Коефіцієнт запасу стійкості колеса від сходу з рейки K_{yc} визначають розрахунковим шляхом за інтегральним коефіцієнтом, обчисленим для діапазону експлуатаційних швидкостей при імовірності 0,001, за формулою (5; 6):

Оцінка стійкості колеса проти сходу з рейки проводиться формулою [5; 6],

$$K_{yc} = \varepsilon \frac{P_g}{P_0} \geq [K_{yc}], \quad (5)$$

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

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

$$\beta = 60^\circ;$$

$$\mu - \text{коефіцієнт тертя, } \mu = 0,25;$$

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

P_0 - горизонтальна складова сили реакції набігаючого колеса на головку рейки, що діє одночасно з P_g ;

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

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

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

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

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

Q - сила ваги вагона, кН,

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

n_0 - число осей вагона;

K_{δ}^{II} - коефіцієнт вертикальної динаміки на набігаючому колесу;

K_{δ}^{III} - 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_{δ}^{II} і K_{δ}^{III} - в разі розвантаження коліс.

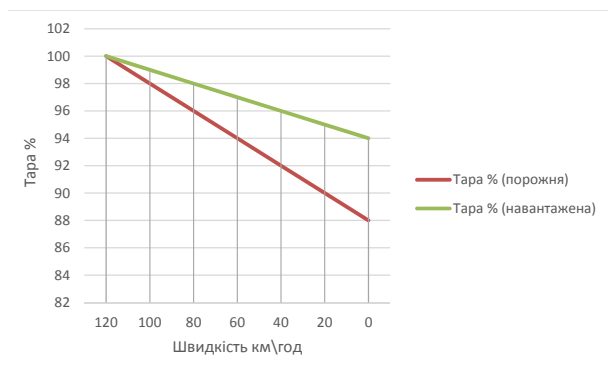


Рис. 5. Залежність швидкості від зміни тари

Номінальна тара (проектна) – закладена при проектуванні та зазначена в ТУ на вагон.

Висновки

В ході проведення теоретичних та експериментальних досліджень з визначення показника коефіцієнту запасу стійкості колеса зі сходу з рейок вагона-платформи 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 від нормативної, залежність наведена на графіку. Таким чином отримані результати дозволять оцінити вплив зменшення тари на стійкість вагона від перекидання.

Література

- Butko, T. V. Formalization of the technology of arranging tactical group trains [Text] / T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, A. Kyman // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – 3 (76). – P. 38-43.
- Panchenko, S. V. Formation of an automated traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises [Text] / S. V. Panchenko, T. V. Butko, A. V. Prokhorchenko, L. O. Parkhomenko // Науковий вісник НГУ. – 2016. – № 2. – P. 93-99.
- Fomin, O. Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model [Text] / O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2015, №.1. – P.45-48.
- Tadeusz, Niezgoda. Simulations of motion of prototype railway wagon with rotatable loading floor carried out in MSC Adams software / Tadeusz Niezgoda, Wieslaw

Krason, Michal Stankiewicz // Journal of KONES Powertrain and Transport. – 2012. – Vol. 19, No. 4. – P. 495 – 502.

- Kelrykh, M. Perspective directions of planning carrying systems of gondolas [Text] / M. Kelrykh, O. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». – 2014, №6. – P.64-67.
- M. 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, pp. 114 – 126.
- Фомін, О.В. Поліпшення несучої здатності вагона-хопера для перевезення зерна з метою підвищення опору динамічним зусиллям / Фомін О.В., Прокопенко П.М., Горбунов М.І. Сапронова С.Ю.// Науковий журнал – Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Севродонецьк: ЧУ ім. В.Даля, 2017. – № 5(235) – С. 88-99;
- 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 [Text] / Transport Problems // International Scientific Journal. – 2008.– V.3. – Is. 4. – P.2.– 47–57.
- Lovska A. The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision [Text] / A. A. Lovska, A. Rybin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 3 – p. 4 – 8.
- Determination of the dynamic characteristics of freight wagons with various bogie [Text] / S. Myamlin, L. P. Lingaitis, S. Dailydka [et al.] // Transport. – 2015. – Vol. 30. – Iss. 1. – P. 88–92. doi: 10.3846/16484142.2015.1020565.
- Gorbunov N., Kravchenko E., Demin R., Nogenko O., Prosvirova O. Analysis of the constructive features of railway brakes and methods of improving the process of their functioning [Text] / N. Gorbunov, E. Kravchenko, R. Demin, O. Nogenko, O. Prosvirova // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. – 2013. – Vol. 13, No. 5, Poland, pp. 98 - 102.
- Tartakovskiy E. Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems [Text] / E. Tartakovskiy, O. Gorobchenko, A. Antonovych // Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies. – 2016. – №. 5/ 3 (83). – P. 4–11. doi: 10.15587/1729-4061.2016.80198.
- ТУ У 35.2.-01124454-035:2005. Вагон-хопер чотирирівний для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749. Технічні умови. – 2005. – Київ.
- Fomin, O.V. Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages [Text] / O.V. Fomin // Scientific Bulletin of National Mining University. – 2015. – Issue 2, pp. 68-76.

References

- Butko, T. V. Prokhorchenko A.V., Kyman A. (2015). Formalization of the technology of arranging tactical group trains. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (76), 38-43.
- Fomin, O. (2015). Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model. Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry», 1, 45-48.
- Panchenko S.V., Butko T.V, Prokhorchenko A.V., & Parkhomenko L.O. (2016). Formation of an automated

- traffic capacity calculation system of rail networks for freight flows of mining and smelting enterprises. *Naukovyi Visnyk NHU*, 2, 93–99.
4. Kelrykh M., Fomin O. (2014). Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry»*, 6, 64–67.
 5. Tadeusz Niezgodna, Wieslaw Krason, Michal Stankiewicz. (2012). Tadeusz, Niezgodna. Simulations of motion of prototype railway wagon with rotatable loading floor carried out in MSC Adams software. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, 19 (4), 495–502.
 6. 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.
 7. Fomin O.V., Prokopenko P.M., Horbunov M.I. Sapronova S.YU. (2017). Polipshennya nesuchoyi zdatnosti vahonakhopera dlya perevezennya zerna z metoyu pidvyshchennya oporu dynamichnym zusyllyam // *Naukovyy zhurnal – Visnyk Skhidnoukrayins'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalya. – Syeverodonets'k: SNU im. V.Dalya, – № 5(235) – S. 88-99*
 8. Sapronova 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.
 9. Lovska A., Rybin A. (2015). The study of dynamic load on a wagon-platform at a shunting collision. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 3, 4–8.
 10. Myamlin S., Lingaitis L. P., Dailydka S., Vaičiūnas G., Bogdevičius M., Bureika G. (2015). Determination of the dynamic characteristics of freight wagons with various bogie. *Transport*, 30 (1), 88–92.
 11. N. Gorbunov, E. Kravchenko, R. Demin, O. Nogenko, O. Prosvirova. (2013). Analysis of the constructive features of railway brakes and methods of improving the process of their functioning. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 13(5), Poland, 98–102.
 12. Tartakovskiy E., Gorobchenko O., & Antonovych A. (2016). Improving the process of driving a locomotive through the use of decision support systems. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*. 5(3 (83)), 4–11. doi: 10.15587/1729–4061.2016.80198.
 13. Hopper carriages for pellets and agglomerate of model 20-9749. Technical requirements. TU У 35.2.–01124454–035:2005. Kyiv.
 14. Fomin, O.V. (2015). Increase of the freight wagons ideality degree and prognostication of their evolution stages, *Scientific Bulletin of National Mining University*, 2, 68–76.
- Фомин А.В., Прокопенко П.Н. Теоретико-экспериментальное определение коэффициента устойчивости вагоны-платформы в зависимости от эксплуатационно-деградационных изменений тары**
В данной статье описана методика процесса проведения ходовых динамических испытаний вагона-платформы модели 13-401-17. Практическое определение коэффициента запаса устойчивости колеса со схода с рельсов вагона позволит определить безопасную скорость движения вагона-платформы.
Ключевые слова: вагон-платформа модели 13-401-17, ходовые динамические испытания, скорость, коэффициент запаса устойчивости.
- Fomin O., Prokopenko P. Theoretical and experimental determination of the stability factor of the platform car depending on the operational and degradation changes in the packaging**
This article describes the method of the process of running dynamic tests of the platform car model 13-401-17. Practical determination of the wheel stability factor from the derailment of the car will allow to determine the safe speed of the platform car.
Key words: platform car model 13-401-17, running dynamic tests, speed, stability factor.
- Фомин Олександр Вікторович** – доктор технічних наук, доцент Кафедра «Вагони та вагонне господарство» Державний університет інфраструктури та технологій E-mail: fomin1985@ukr.net
Прокопенко Павло Миколайович – магістр, інженер Філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця» E-mail: prokopenko1520mm@gmail.com
- Рецензент:* д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 23.03.2018.