

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНІВ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ НА КАТКОВИХ СТЕНДАХ

В. Г. Равлюк

Старший викладач*

Контактний тел.: (057) 730-10-35

E-mail: ravvg@mail.ru

А. С. Глущенко*

E-mail: artemglushchenko@mail.ru

*Кафедра «Вагони»

Українська державна академія залізничного транспорту
майд. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

Розглянуті методи динамічних випробувань вагонів у дослідних лабораторіях на каткових стендах, які значно дозволяють підвищити достовірність результатів, створити надійну та конкурентоздатну продукцію залізничного транспорту

Ключові слова: катковий стенд, критична швидкість, діагностування, працездатний стан, непрацездатний стан, вагон, діагноз

Рассмотрены методы динамических испытаний вагонов в исследовательских лабораториях на катковых стендах, которые значительно позволяют повысить достоверность результатов, создать надежную и конкурентоспособную продукцию железнодорожного транспорта

Ключевые слова: катковый стенд, критическая скорость, диагностирование, работоспособное состояние, неработоспособное состояние, вагон, диагноз

1. Вступ

Процес розробки нових і модернізації існуючих конструкцій вагонів наряду з розрахунково-теоретичними випробуваннями передбачає також експериментальні. Останні являються важливим завершальним етапом в створенні технічно-досконалого вагона. Експериментальні випробування поділяються на три умовні групи: лабораторні, стендові та поїзні. Стендовим випробуванням піддають натурні випробувальні вагони або їх окремі їх вузли.

Основною метою створення каткового стенду є проведення дослідів з оптимізації вагонів у спеціальних контрольованих умовах. Каткові стенди дозволяють визначати стійкість руху вагонів, проводити фундаментальні дослідження в системі «колесо-рейка», імітувати дію збурюючої сили на вагони від нерівностей рейкової колії, моделювати процеси прискорення та гальмування [1].

Каткові стенди імітують безперервну рейкову колію за допомогою обертання профільованих катків. Достовірність випробувань залежить від адекватності імітації в катковому стенді нерівностей рейкової колії. Імітація збурюючих сил здійснюється шляхом узгодженого переміщення катків із декількома ступенями свободи: поперечні зміщення катків – нерівності колії у плані, вертикальне переміщення катків – вертикальні нерівності, поворот двох катків відносно повздовжньої осі – кут підвищення зовнішньої рейки в кривих, обертання катків відносно своєї осі – рух по прямій, поворот каткових блоків відносно вертикальної осі – рух в кривій дільниці колії.

По виду вирішуваних задач випробувальні стенди розділяються на три типи: RTU (Rolling Test Unit) – каткові стенди, основною функцією яких є імітація руху рухомого складу по прямій дільниці колії з реалі-

зацією тягових (гальмівних) зусиль або без них; RTVU (Rolling Vibrating Test Unit) – каткові стенди, в яких у додаток до базових функцій стендів RTU є можливість імітації нерівностей колії, VTU (Vibrating Test Unit) – випробувальні стенди, де використовуються короткі вібраційні рейки під кожним колесом рухомого складу та відсутнє саме обертання колісних пар, внаслідок чого виключається можливість моделювання системи «колесо-рейка» та реалізація тягових і гальмівних зусиль [2].

2. Мета статті

Мета статті – дослідження ефективності випробувань вагонів на катковому стенді з відтворюванням різних режимів експлуатації й імітацією нерівності рейкової колії.

3. Виклад основного матеріалу

До задач, які вирішуються за допомогою каткових стендів відносяться: фундаментальні дослідження теорії повзучості в системі «колесо-рейка»; вивчення механізмів сходу з рейок; вивчення стійкості вагонів; вивчення динамічних характеристик вагонів; моделювання проходження кривих; зменшення вібрації та шуму в системі «колесо-рейка»; оптимізація процесів гальмування та прискорення.

Каткова станція State Key Laboratory of Traction Power (South West Jiaotong University) м. Ченду (Китай) (рис. 1) має шість каткових блоків, чотири з яких можуть змінювати ширину колії від 1000 мм до 1676 мм. Каткові блоки незалежні один від одного та можуть працювати на різних швидкостях руху.



Рис. 1. Загальний вигляд каткової станції

Лінійний рух катків в Z та Y напрямках (рис. 2), а також обертання їх навколо осі Y контролюється протягом часу випробувань, тоді як поворот навколо осей Z та X застосовується для моделювання кривої та налаштовується перед тестуванням.

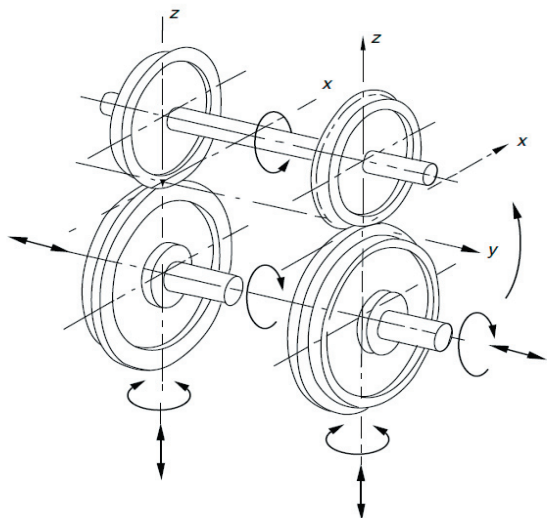


Рис. 2. Ступені свободи каткової станції м. Ченду

Блок тягового приводу стану включає в себе: двигун постійного струму, універсальний зчленований подвійний шарнір, дві коробки передач, маховик та динамометр. Все це фіксується до зварної рами. Двигун може працювати в режимі генератора для моделювання рекуперативного гальмування. Маховик підтримує стабільну роботу стану та надає йому потрібної інерційності. Одна коробка передач призначена для прискорення обертання маховика, а друга для зміни швидкості обертання та крутного моменту катків; встановлюються передаточні числа 1:1, 2:1 (для більшого крутного моменту) та 1:2 (для більшої кутової швидкості).

Стенд обладнаний системою управління із зворотним зв'язком, завдяки чому забезпечується ро-

бота тягового двигуна з постійним моментом та частотою обертання, що дає можливість імітувати рух колісної пари в кривій. Ця функція реалізована за допомогою складної диференціальної системи управління (рис. 3). На схемі показано, що прямий зв'язок між правим та лівим катком відсутній. Обертальний момент від приводного двигуна передається на конічний редуктор I. Правий каток безпосередньо сполучений з двигуном через вал з універсальним подвійним зчленованим шарніром. Обертальний момент передається через редуктор I та II на диференціальний редуктор, в якому значення на вхідному та вихідному валах будуть відрізнятися за частотою обертання двигуна диференціала. Диференціальний редуктор передає обертальний момент через конічні редуктори III та IV на лівий каток, частота обертання якого вже буде відрізнятися від частоти обертання правого катка на визначену величину, що в цілому імітує картину проходження рухомих складом кривої дільниці колії [3].

Методи випробувань рухомого складу на каткових стендах у лабораторіях різних країн різноманітні. Наведені нижче методи випробувань застосовуються у Vehicle Research Centre м. Ченду.

З метою достовірності результатів випробувань рухомий склад повинен знаходитися в справному стані. Перед початком тестувань досліджуваний об'єкт повинен пропрацювати на стенді 10 год або 500 км, при цьому інтервал швидкостей повинен охоплювати розрахункову швидкість. Якщо на випробуваннях використовується не дійсний кузов вагона, як наприклад, при штучних навантаженнях за допомогою гідроциліндрів, тоді обов'язково повинні бути визначені такі параметри: маса, моменти інерції, а також центр ваги. Розходження в значеннях допускається не більше 15% з реальним кузовом вагона [3-6].

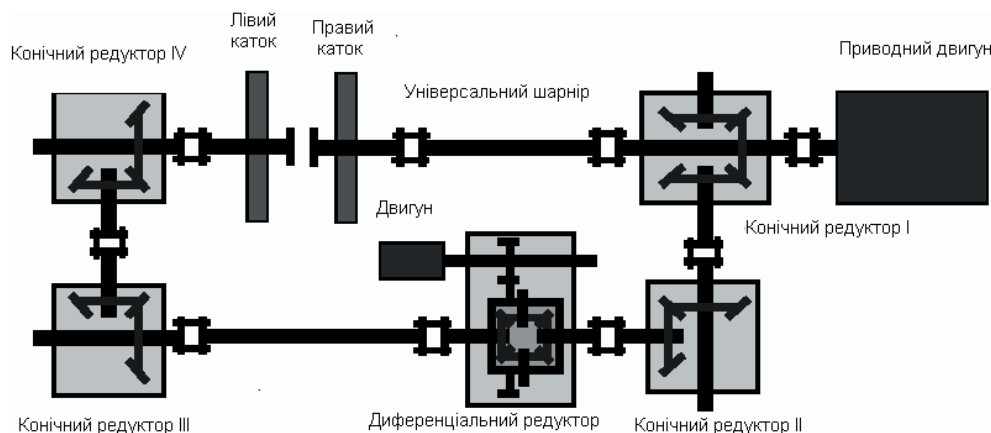


Рис. 3. Схема диференціальної системи управління стендом

Для забезпечення точності тестувань контролюються такі значення:

- знос профілю рейки повинен бути не більше 0,2 мм;
- різниця діаметрів катків повинна бути не більше 0,5 мм для колісної пари, не більше 1 мм для візка та не більше 2 мм для вагона;

- похибки налаштування приводів стенду складають не більше 5%;
- відхилення катків по висоті не більше 2 мм для візка та 4 мм для вагона;
- фазові відхилення для командного сигналу при частоті 40 Гц складають не більше 60° .

Однією з важливих динамічних характеристик, що можна визначити на катковому стенді є критична швидкість руху. Діаграма граничного циклу руху колісної пари зображена на рис. 4.

На графіку суцільна лінія вказує на стійкий граничний цикл, пунктирна – нестійкий. Коли швидкість вагона менше ніж V_{C2} , система стійка при будь-якій збурюючій дії від рейкової колії. Коли швидкість вагона знаходиться в межах від V_{C2} до V_{C0} , система стійка при малих збуреннях та нестійка при великих. При швидкості вагона від V_{C0} до V_{C1} система знаходиться в нестійкому стані, коливання виникають з малими збуреннями. При швидкості більше V_{C1} система переходить на граничні коливання при будь-яких збуреннях.

Таким чином точка V_{C0} є точкою біфуркації Хопфа та може бути визначена, як лінійна критична швидкість. Нелінійна критична швидкість V_{C2} , в якій стійкий граничний цикл проявляється, як правило, нижче лінійної критичної швидкості V_{C0} , повинна бути прийнята, як обмеження швидкості для вагонів [3-5].

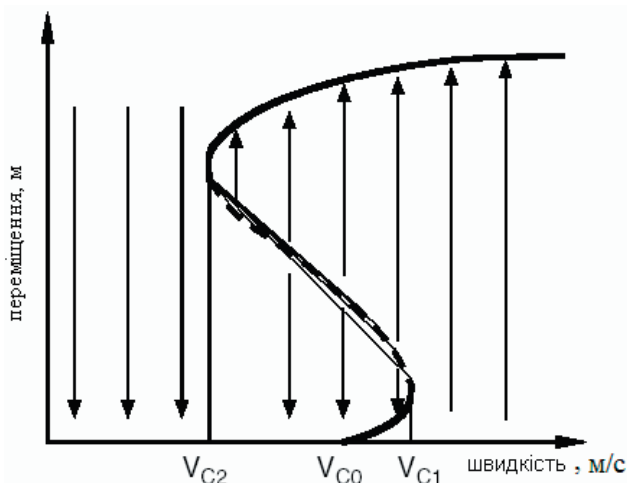


Рис. 4. Діаграма граничного циклу руху колісної пари

Метою випробувальних тестів є визначення точок V_{C0} , V_{C1} , V_{C2} . Метод визначення критичної швидкості на катковому стенді виглядає таким чином:

- швидкість V_{C0} визначається при поступовому збільшенні швидкості обертання катків до появи малого граничного циклу коливань;
- швидкість V_{C1} визначається при збільшенні швидкості та при переході системи на великі амплітуди коливань;
- швидкість V_{C2} знаходиться при повільному зниженні швидкості обертання катків до переходу системи в стан рівноваги.

Випробувальні стенди RVTU використовуються для пошуку фактичної критичної швидкості системи, враховуючи нерівності рейкової колії. Фактична критична швидкість знаходиться в межах між V_{C2} та V_{C1} , що пов'язано з умовами руху по колії. Стійкість в колії рухомого складу оцінюється за прискоренням візка, яке фільтрується із смугою пропускання порядку від 0,5 до 10 Гц. Якщо пікові прискорення перевищили значення 10 м/с^2 шість разів поспіль, то вагон вважається нестійким. При випробуваннях також вимірюється зміщення кузова, візків, колісних пар рухомого складу у поперечному напрямку [3].

4. Висновок

Ефективність випробувань рухомого складу являється ключовим елементом створення надійної та конкурентоздатної продукції. Випробування пов'язані з реалізацією широкого спектру умов та режимів експлуатації рухомого складу, що потребує значних витрат часу та коштів. Цю потребу дозволяють вирішити випробування вагонів на подібних каткових стендах з подальшою їх сертифікацією. Отже, очевидно, що в Україні є необхідність побудови подібного каткового стенду, який дасть змогу проводити випробування на міцність, статичні, динамічні, вібраційні, втомні й кліматичні випробування, здійснювати перевірку розрахункових методів математичного моделювання поведінки вагонів, визначати причини виникнення проблемних місць та способи їх усунення.

Вданий момент необхідні динамічні випробування як правило замовляються в закордонних центрах і наявність випробувального стенду в Україні дозволить провести імпортозаміщення даних послуг і надання унікальних послуг для закордонних компаній.

Література

1. Вершинский С. В. Динамика вагона [Текст] / Учебник для вузов ж.-д. транспорта / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, В. Д. Хусидов / Под ред. Вершинского. – 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1991.- 360 с.
2. Омеляненко В. И. Катковые стенды для испытаний подвижного состава [Текст] / В. И. Омеляненко Г. В. Кривякин, Е. С. Радченко // Локомотив-информ. – 2009. - №5-6. – С. 50-54.
3. Iwnicki S. Handbook of Railway Vehicle Dynamics [Text] / S. Iwnicki. – Taylor&Francis Group, 2006. – 526 p.
4. Jaschinski A. The Application of Roller Rigs to Railway Vehicle Dynamics [Text] / A. Jaschinski, H. Chollet, S. Iwnicki, A. Wikens, J. WonWurzen. // Vehicle System Dynamics -1999. – P. 345-392.
5. Matsumoto A. Wheel-rail contact mechanics at full scale on the test stand [Text] / A. Matsumoto, Y. Sato, M. Nakata, M. Tanimoto, K. Qi // Wear. – 1996. – Vol.191. – P. 101-106.
6. Gretschel, M. Design of an Active Wheelset on a Scaled Roller Rig [Text] / M. Gretschel, A. Jaschinski // Vehicle System Dynamics. – Vol.41, No5, 2004. - P. 365-381.

Abstract

The methods of dynamic testing of cars in laboratories for optimization research of cars in special controlled conditions at rolling stands were considered. The problems, which are solved with the help of rolling stands, include the fundamental research of the creep theory in the "wheel-rail" system; studying of derailment; modeling of curve passing; decreasing of noise and vibration in the "wheel-rail" system; optimization of braking and acceleration. In order to get reliable results, the rolling stock should be in operative condition.

Testing stands RVTU are used to find the actual critical speed, including the roughness of the track. The appropriateness of rolling stand construction is proved, as it allows to carry out strength, static, dynamic, vibratory, fatigue and climate tests and to check the calculating methods of mathematical modeling of cars behaviour. The rolling stands will allow increasing the reliability of results and creating the competitive products of rail transport

Keywords: rolling stand, critical speed, diagnosis, operative condition, non-serviceable condition, car, diagnosis

Наведено результати експериментальних досліджень пневмометричним методом впливу турбулентного затопленого струменя, що ежектується через торцеве сопло, на структуру течії в тупиковій частині циліндричної вихрової камери. Візуалізаційні картини та профілі швидкостей виявили особливості взаємодії торцевого струменя з енергонесущим вихровим утворенням, що визначає загальну структуру течії в тупиковій та проточній частинах вихрової камери

Ключові слова: когерентні вихрові структури, вихрова камера, керуючий струмінь, пара торнадоподібних вихорів

Приведены результаты экспериментальных исследований пневмометрическим методом воздействия турбулентной затопленной струей, которая эжектируется через торцевое сопло, на структуру течения в тупиковой части цилиндрической вихровой камеры. Визуализационные картины и профили выявили особенности взаимодействия торцевой струи с энергонесущим вихревым образованием, определяющим общую структуру течения в тупиковой и проточной частях вихровой камеры

Ключевые слова: когерентные вихровые структуры, вихровая камера, управляющая струя, пара торнадоподобных вихрей

УДК 532.527:533.6.08

О ДИНАМИЧЕСКОМ МЕТОДЕ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ ТЕЧЕНИЯ В ВИХРОВОЙ КАМЕРЕ

В. Н. Турик

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: (044) 454-96-14

E-mail: turick46@gmail.com

В. В. Бабенко

Доктор технических наук

Отдел информационных систем в гидромеханике и экологии

Институт гидромеханики НАН Украины

ул. Желябова, 8/4, к.603, г. Киев, Украина, 03056

Контактный тел.: (044) 371-65-58

E-mail: vvb38@mail.ru

Д. Е. Милюков

Аспирант*

Контактный тел.: 096-427-16-26

E-mail: dm_mil@ukr.net

*Кафедра прикладной гидроаэромеханики и механотроники

Механико-машиностроительный институт

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

пр. Победы, 37, корпус 1, г. Киев, Украина, 03056

1. Введение

На основании многочисленных экспериментальных исследований структуры течения в вихровой камере (ВК), результаты которых систематизированы в [1-8], сформировались основные представления о характерных видах когерентных вихревых структур

(КВС) в полости ВК. Наибольшее внимание исследователей уделялось проточным («активным») участкам камер, однако, согласно работам [5-9], основы формирования общей структуры потока в ВК с относительно протяжённой тупиковой частью в значительной мере закладываются именно в тупиковой («пассивной») области. Авторами данных работ были обнаружены и