

Вимоги з допуску рухомого складу до експлуатації у міжнародному сполученні

Ключові слова: міжнародні перевезення, пасажирські і вантажні вагони, динамічні якості, вимоги на коліях 1520 мм і 1435 мм, процедури підтвердження.

Попередніми дослідженнями техніко-технологічної забезпеченості міжнародних залізничних сполучень визначено, що для пасажирських перевезень відсутня альтернатива технологіям, заснованим на автоматизованих системах переходу стиків колій 1520/1435 мм [1]. Натомість перевезення вантажів має здійснюватись за безперевантажувальними технологіями з переважним використанням системи зміни ходових частин на пунктах перестановки вагонів. Таким чином, постає завдання розширення парку пасажирських вагонів на візках з розсувними колісними парами і створення вантажних вагонів типу «Схід-Захід». При вирішенні питань, пов'язаних з допуском до експлуатації вагонів вказаних типів, необхідно проаналізувати вимоги, які пред'являються до рухомого складу колії 1520 мм і колії 1435 мм, і визначитись з процедурами підтвердження відповідності цим вимогам пасажирських і вантажних вагонів для міжнародних перевезень.

1. Вимоги до динамічних якостей рухомого складу

Ходові якості є найважливішими характеристиками, які визначають функціональні властивості рухомого складу. Показники ходових якостей та безпеки руху вагонів головним чином залежать від їх динамічних характеристик. Ці показники для вагонів колії 1520 мм оцінюються розрахунковими та експериментальними способами за системою динамічних і міцнісних показників відповідно до Норми [2] і РД 24.050.37.95 [3]. При цьому у кожному конкретному випадку слід брати до уваги конструктивні особливості і технічний стан колії.

Експериментально значення динамічних показників визначаються за результатами ходових динамічних випробувань дослідних зразків (прототипів) вагонів. Несуча здатність вагонних конструкцій встановлюється за результатами наступних випробувань вагонів і їх вузлів: статичних на міцність; на міцність при зіткненні; ходових міцнісних; на втому. Крім того, прогнозні оцінки динамічних показників отримуються за результатами математичного моделювання динаміки вагонів та звіряються з експериментальними значеннями для спевення відповідності проведеного моделювання.

До основних показників ходових якостей вагонів колії 1520 мм відносяться такі величини: коефіцієнти вертикальної динаміки; рамні сили; вертикальні і горизонтальні прискорення кузова і рам візків. Умови безпеки руху вагонів визначаються наступними динамічними показниками: коефіцієнтами запасу стійкості колісної пари від сходу з рейок; коефіцієнтами запасу поперечної стійкості вагона від перекидання під дією бічних сил при русі в кривій. Гранично допустимі значення зазначених показників наведено в табл. 1.

Комфортність їзди в пасажирських вагонах оцінюється показниками плавності ходу [4]. За нормативними вимогами значення цих показників не мають перевищувати величину 3,25.

Приймання та допуск рухомого складу до експлуатації на залізницях країн ЄС здійснюється згідно вимог, що встановлює документ EN14363 [5]. В цьому документі визначено методи, засоби й умови проведення випробувань рухомого складу з визначення якостей ходових характеристик. Комплекс контрольних експериментальних досліджень складається зі стаціонарних випробувань і випробувань на колії.

Під час ходових динамічних випробувань залізничних транспортних засобів згідно EN14363 вимірюються такі величини:

контактні сили «колесо-рейка» у горизонтальному поперечному (Y) та вертикальному (Q) напрямках (принаймні на двох зовнішніх колісних парах);

бокові та вертикальні прискорення кузова над візками, а також бокові прискорення на кінцях рам візків.

Сили Y і Q вимірюють при випробуваннях екіпажів, призначених для експлуатації з максимальними швидкостями руху понад 120 км/год. Для екіпажів з меншими допустимими швидкостями вважається достатнім вимірювання бокових сил H між буксами та колісними парами (аналог рамних сил).

Для оцінки динамічних характеристик екіпажів використовуються наступні показники:

а) сили між колесом і рейкою — бічна напрямна сила Y , сила Q , що діє на колесо у вертикальному напрямку, сума напрямних сил $\sum Y$ на колісну пару; частка відношення напрямної сили до вертикальної Y/Q ;

б) сили на візок — сума бічних буксових сил H ;

Таблиця 1

Показники динамічних якостей та безпеки руху вагонів	Допустимі значення	
	пасажирські вагони	вантажні вагони
Коефіцієнт вертикальної динаміки по кузову	0,25/0,20	0,75/0,65
Коефіцієнт вертикальної динаміки по рамі візка	0,40/0,37	0,90/0,85
Рамна сила в долях від статичного навантаження колісної пари на рейки	0,30/0,25	0,40/0,38
Вертикальні прискорення кузова, g	0,25/0,20	0,75/0,65
Горизонтальні прискорення кузова, g	0,15/0,12	0,55/0,45
Вертикальні прискорення рам візків, g	0,40/0,37	0,98/0,90
Горизонтальні прискорення рам візків, g	0,30/0,25	0,55/0,45
Коефіцієнт запасу стійкості колісної пари від сходу з рейок	1,8	1,3
Коефіцієнт запасу поперечної стійкості вагона від перекидання (назовні кривої / всередину)	1,5/1,3	1,3/1,2

Примітка: значення показників у знаменнику подано для порожнього вагона, в чисельнику — для завантаженого

в) прискорення — прискорення візків $\ddot{y}^*$, вимірюване в поперечному напрямку, прискорення кузова y^* і z^* , вимірювані в поперечному горизонтальному і вертикальному напрямках.

У випадках, коли випробуванням піддається модифікований екіпаж, або коли змінюються умови експлуатації рухомого складу, рекомендується спрощена процедура ходових випробувань, за якою передбачається два способи оцінки умов безпеки руху:

а) визначення сумарної бокової буксової сили (на колісну пару) H ;

б) вимірювання горизонтальних поперечних прискорень рами візка $\ddot{y}^*$ і горизонтальних поперечних та вертикальних прискорень кузова $\ddot{y}_s^*$, $\ddot{z}_s^*$.

Для оцінки динамічних якостей екіпажа застосовуються граничні значення наступних показників:

$\sum Y$, Y/Q — при стандартному методі вимірювань;

H , y_s , z_s — при спрощеному методі вимірювань (з вимірюванням бічних буксових сил);

$\ddot{y}^*$, $\ddot{y}_s^*$, $\ddot{z}_s^*$ — при спрощеному методі вимірювань (без вимірювань бічних буксових сил).

Стійкість рухомого складу від сходу з рейок оцінюється за відношенням напрямної сили до вертикальної сили на колесо $(Y/Q)_{\max}$ — критерій Надаля (Nadal):

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\tan \gamma - \mu}{1 + \mu \cdot \tan \gamma}, \quad (1)$$

де γ — гребеневий кут; μ — коефіцієнт тертя ковзання.

Граничне значення $(Y/Q)_{\max, \lim} = 0,8$.

Поперечна дія рухомого складу на залізничну колію за умов стійкості рейко-шпальної решітки від зсуву оцінюється за сумою напрямних сил $\sum Y_{\max}$ — критерій Прюдона (Prudhomme):

$$\sum Y_{\max, \lim} = k_1 (10 + 2Q_0 / 3), \quad (2)$$

де коефіцієнт k_1 для вантажних вагонів дорівнює 0,85, а для пасажирських вагонів — 1,0.

При спрощеному методі вимірювання:

граничне значення суми бічної буксової сили $H_{\max}$ становить

$$H_{\max, \lim} = k_2 (10 + 2Q_0 / 3), \quad (3)$$

де коефіцієнт k_2 для пасажирських вагонів дорівнює 0,90, для порожніх вантажних вагонів — 0,75 і для завантажених — 0,80;

граничне значення максимального прискорення візка $\ddot{y}_{\max}^*$ визначається залежно від маси m^+ візка (включаючи колісні пари) і становить,

$$\ddot{y}_{\max, \lim}^* = 12 - \frac{m^+}{5}, \quad (4)$$

де m^+ — маса візка в т;

граничні значення максимальних прискорень кузова екіпажа $\ddot{y}_{s \max}^*$, $\ddot{z}_{s \max}^*$ становлять: $\ddot{y}_{s \max, \lim}^* = 3 \text{ м/с}^2$; $\ddot{z}_{s \max, \lim}^* = 3 \text{ м/с}^2$.

Для оцінювання функціональної придатності екіпажа проводяться експлуатаційні випробування. Упродовж року дослідної експлуатації пробіг повинен складати близько 120 тис. км.

На початку і після закінчення експлуатаційних випробувань обов'язковим є визначення моменту сил опору поворотам візка відносно рами. Величину опору оцінюють за показником X , який обчислюється за формулою:

$$X = \frac{M_{z, R \min}}{2a^+ 2Q_0}, \quad (5)$$

де $M_{z, R \min}$ — момент, що потрібен для повороту візка відносно кузова; Q_0 — сила статичного навантаження колеса на рейку; $2a^+$ — база візка. Значення показника X повинні знаходитись у межах 0,03—0,07.

Оцінка плавності ходу визначається для пасажирського рухомого складу за Пам'яткою UIC 513 [6].

За результатами порівняльного аналізу нормативних вимог, що стосуються процедур допуску до експлуатації вагонів для міжнародних перевезень встановлюються умови, при виконанні яких процедури, що виконуються на залізницях колії 1435 мм, можуть бути зараховані при вирішенні питань про допуску вагонів на залізниці колії 1520 мм.

2. Процедури підтвердження можливості експлуатації вагонів колії 1520/1435 мм

Вагони для міжнародних перевезень, перш ніж будуть допущені до експлуатації, мають пройти комплексні випробування — стаціонарні, міцнісні, ходові, гальмівні та поїзні. Ці випробування необхідні для встановлення ступеня відповідності вагонів технічним вимогам за критеріями безпеки руху, міцності, надійності та функціональності.

Перед проведенням циклу необхідних випробувань вагонів належить виконати перевірку розрахунків і моделювання динаміки і міцності на предмет відповідності обов'язковим нормам. Для допуску до натурних випробувань необхідно також провести перевірку відповідності виготовлення візків технічним вимогам і конструкторській документації. Крім того, слід упевнитися в наявності сертифікатів якості, атестацій, висновків приймань для кожного вузла, елемента і матеріалу.

Стаціонарні випробування включають поколісне зважування, визначення опору поворотам візка щодо кузова і скидання вагона з клинів. Поколісне зважування виконується з метою визначення фактичної маси вагона і розподілу вертикального навантаження коліс. Вимірювання колісного навантаження виконується на стенді (ваговому агрегаті), який дозволяє підйом і опускання окремих коліс.

Вимірювання моментів опору поворотам візка щодо кузова проводяться на спеціальному стенді. Цей стенд повинен забезпечувати постійну кутову швидкість вилання і реєстрацію поточних змін значень моменту залежно від кута повороту візка.

Випробування на скидання вагона з клинів проводиться з метою визначення власної частоти коливань екіпажа на ресорному підвішуванні і показників демпфірування. При проведенні цих випробувань викликаються коливання підстрибування, галопування і бічної хитами вагона. По отриманих записах прискорень в процесі вільних коливань відповідних видів визначається власна частота і декременти коливань вагона. Ці характеристики визначаються також шляхом динамічних розрахунків. Розрахункові дані порівнюються з отриманими за результатами випробувань.

Міцнісні випробування складаються із статичних і динамічних випробувань, стендових випробувань і випро-

бувань на співударяння. Статичні випробування включають визначення напружень у несучих елементах ходових частин від ваги кузова. Динамічні міцнісні випробування, як правило, проводяться під час ходових випробувань вагона. При цьому визначаються характеристики напружено-деформованого стану випробовуваної конструкції в цілому, а також окремих її елементів. Стендовими випробуваннями оцінюється опір втомі несучих конструкцій вагона при заданих режимах навантаження. Випробуваннях вагона на співударяння необхідні для оцінки напружено-деформованого стану елементів конструкції екіпажа при дії подовжньої сили ударного характеру.

Ходові випробування проводяться з метою визначення динамічних показників вагонів і оцінювання по ним умов безпеки руху і силової дії на колію. До ходових випробувань допускаються вагони за умови, що їх габарити і механічні характеристики перевірені і визнані такими, що задовольняють технічним вимогам для серії, а несуча конструкція має достатні міцнісні характеристики, отримані за результатами розрахунків і стендових випробувань.

Випробувальні ділянки колії, на яких проводяться ходові випробування, повинні бути статистично представницькими за конструкцією і станом та за планом і профілем. Вибрані для випробувань ділянки колії повинні забезпечувати рух дослідного вагона зі швидкостями діапазону, обумовленого програмою випробувань. Профілі поверхонь кочення коліс в ходових випробуваннях повинні бути в двох станах — новому (незношеному) і спрацьованому в процесі експлуатації. Для профілів поверхні кочення коліс вагона і фактичних профілів робочої поверхні рейок випробувальної ділянки колії повинні бути розраховані значення еквівалентної конусності [7]. При ходових випробуваннях обов'язковим вимірюванням підлягають величини, за якими визначаються показники динамічних якостей і безпеки руху вагона та його вплив на колію.

Гальмівні випробування проводяться для визначення гальмівної ефективності і складаються із стаціонарних і ходових. При стаціонарних випробуваннях перевіряються характеристики і технічний стан гальмівного устаткування вагона, його відповідність технічним вимогам з урахуванням попередньої експертизи технічної документації на вагон. Під час ходових випробувань, що виконуються методом «кидання» дослідного вагона, визначаються гальмівні шляхи при екстрених гальмуваннях.

Поїзні випробування проводяться для перевірки рівня динамічних зусиль в зчіпних приладах вагонів в реальних умовах експлуатації і визначення умов формування складів, режимів управління системою тяги і гальмування поїздів.

Висновки

1. З порівнянь нормативних вимог стосовно оцінки динамічних якостей та дії на колію рухомого складу колії 1520 мм, з одного боку, та відповідних європейських нормативних документів, з другого, можна констатувати значне розходження у підходах як до розрахункових випадків, так і до оцінки ходових властивостей рухомого складу. На відміну від норм, які діють на коліях 1520 мм, європейські нормативні документи (EN, UIC, TSI), зокрема в галузі

випробувань рухомого складу, більш інтегровані й систематично оновлюються, підтримуючи нові підходи до проектування і ґрунтуючись на сучасних досягненнях науки і техніки. Звідси виникає необхідність у гармонізації вітчизняної нормативної бази з сучасними директивними документами, розробленими в РФ і ЄС.

2. Спираючись на нормативні вимоги щодо порядку і методів проведення випробувань рухомого складу колії 1435 мм і керівних документів, розроблених в РФ, пропонується удосконалити систему випробувань рухомого складу залізниць України. При цьому доцільно переглянути методичні підходи до формування процедурних завдань і оновити способи і засоби натурних випробувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демин Ю.В. Подвижной состав для международных перевозок пассажиров и грузов по направлениям «Восток-Запад» / Ю.В. Демин, Ю.В. Терещак // Вісник Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля. — Луганськ, 2010. — №5(147). Ч.2. — С. 167—172.

2. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). Москва: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996.

3. РД 24.050.37.95 Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества.

4. ОСТ 24.050.16-85 Вагоны пассажирские. Методика определения плавности хода.

5. EUROPEAN STANDARD EN 14363. Railway applications — Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles — Testing of running behaviour and stationary tests.

6. UIC 513 — Guide pour l'évaluation du confort vibratoire du voyageur dans les véhicules ferroviaires.

7. UIC 519 — Method for determining the equivalent conicity.