

hydrocarbon gas at the gas leakage from the gas pipeline or the gas cylinder plant, taking into account the capacity of the pressure regulator: for the gas cylinder plant it was taken as 0.6 meter per second, for the main gas pipeline (in the apartment house) – 13.5 meter per second.

The calculation of the time of filling the room with gas from the gas cylinder plant or main gas pipeline to the formation of explosive concentration showed that when leakage from the gas pipeline formation of such concentration occurs much faster than when gas comes from the gas cylinder.

Particular attention is paid to the issues of expert investigation of criminal case materials and video reviews of the place of the event, provided form the investigator to the expert, reflection in the conclusion of the fact of the use of information contained in them as sources of evidence of the circumstances of the explosion. However, the main object, according to the authors, is exactly the place of the event, its material situation. Particular attention was paid to the importance of studying traces of destruction to the implementation of measures to eliminate the consequences of an explosion with the possible occurrence of a fire.

The article is based on the analysis of the practice of conducting forensic expertises in republican state utility enterprise 'Center for Forensic Expertise of the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan' where the possibilities of expert investigation of traces formed as a result of explosive (deflation) combustion gas-air mixture, taking into account the nature of their origin are shown.

Key words: explosion of gas-air mixture, explosive concentration of the mixture, gas equipment, emergency situations.

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2019.64.54>

УДК 343.148: 625.032.3: 629.4.015

А. В. Батіг
старший науковий співробітник

*Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ СТІЙКОСТІ РУХУ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Приймання та допуск рухомого складу до експлуатації на залізницях країн ЄС здійснюється згідно вимог, що встановлені в документі EN 14363. У ньому визначені основні показники безпеки залізничного руху, методи, засоби й умови проведення випробувань рухомого складу з визначенням його якісних ходових характеристик.

Ключові слова: залізниці, рухомий склад, показники стійкості руху, Європейський Союз.

На залізницях Європейського Союзу, як і на українських залізницях, відбувається значна кількість залізнично-транспортних пригод: аварій, катастроф та інцидентів.

Базовим документом, що регламентує порядок проведення досліджень залізнично-транспортних пригод у країнах Європейського Союзу, є Директива 2004/49/ЕС від 29 квітня 2004 року, п'ятий розділ якої визначає порядок дослідження залізнично-транспортних пригод.

Проведення дослідження залізнично-транспортних пригод у країнах Європейського Союзу виконується спеціальними органами при міністерствах, що відповідальні за транспорт, оскільки судову залізнично-транспортну експертизу, як окремий вид експертизи, у країнах Європейського Союзу не виділено.

Для запобігання залізнично-транспортних пригод на Європейських залізницях застосовуються певні критерії та показники, підходи до розрахунку яких мають розбіжності з тими, що застосовуються в нормативних документах України. На відміну від норм, які діють на українських залізницях, європейські нормативні документи, зокрема, в галузі випробувань рухомого складу, безпеки руху більш інтегровані й систематично оновлюються, підтримуючи нові підходи до проектування, і ґрунтуються на сучасних досягненнях науки і техніки. Тому таким важливим є їхній детальний аналіз.

Приймання та допуск рухомого складу до експлуатації на залізницях країн ЄС здійснюється згідно з вимогами, що встановлені в нормах EN14363 [14]. У цьому документі визначено методи, засоби й умови проведення випробувань рухомого складу з визначенням якостей ходових характеристик.

За європейськими нормами EN 14363:2005 [4] рухомий склад вважається безпечним від сходу з рейок, якщо умова (1) виконується на кожному етапі випробування:

$$\left(\frac{Y}{Q}\right)_{\max} \leq \left(\frac{Y}{Q}\right)_{\lim} \quad (1)$$

де Y – горизонтальна направляюча сила, κH ;

Q – вертикальна сила від колеса на рейку, κH .

Після досліджень, проведених європейськими залізничними адміністраціями, було встановлено граничне значення для співвідношення $(Y/Q)_{\lim}$. Воно склало 1,2 для кута гребеня колеса колісної пари рухомого складу 70° (це відповідає коефіцієнту тертя 0,36).

Для інших кутів гребеня колеса граничне значення розраховується за формулою [4]:

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\mu - 0,36}{1 + 0,36 \cdot \mu}, \quad (2)$$

де μ – коефіцієнт тертя між гребенем колеса рухомого складу і рейкою;

N – нормальна реакція рейки в точці контакту гребеня колеса і рейки, κH ;

β – кут нахилу твірного гребня колеса до горизонталі, град.

Якщо граничне значення $(Y/Q)_{\text{lim}}$ при проведенні випробування рухомого складу перевищено, характеристики транспортного засобу можуть бути переглянуті, але повинна виконуватиметься умова (3):

$$\Delta z_{\text{max}} \leq \Delta z_{\text{lim}} = 5 \text{ mm}, \quad (3)$$

де Δz_{max} – фактична висота підйому гребеня колеса рухомого складу, мм;

Δz_{lim} – мінімально допустима висота підйому гребеня колеса рухомого складу, мм.

Умова (3) означає, що транспортний засіб фактично не зійшов з рейок. У цьому випадку транспортний засіб може бути прийнятий до експлуатації, якщо будуть виконані ще й такі наступні умови:

– кут гребеня перевищує 70° в будь-якому положенні профілю (профіль колеса повинен бути записаний і доданий до звіту про випробування);

– можна задокументувати, що фланець зовнішньої рейки є сухим і відсутня залишкова змазка;

– випробування проводилося як мінімум три рази і у даних випадках умова $\Delta z_{\text{max}} \leq \Delta z_{\text{lim}} = 5 \text{ mm}$ жодного разу не порушується.

Співвідношення між поперечною і вертикальною силами (1), які діють на колеса колісних пар рухомого складу було вперше запропоновано Надалем в 1908 році і з тих пір широко використовується багатьма залізницями в усьому світі. Максимальне для колеса відношення вертикальної та поперечної сили (Y/Q) використовується для оцінки можливості підйому його гребеня.

Критерій Надаля заснований на рівновазі сил на похилій площині контакту між колесом і рейкою. Прийнято, що схід колеса з рейки не відбудеться, якщо співвідношення прикладених до колеса сил – горизонтальної поперечної Y і вертикальної Q буде таким, що гребінь колеса відносно рейки буде ковзати вниз [2, 3].

Рівняння Надаля визначає мінімальне відношення (Y/Q) , при якому може відбутися підйом гребеня колеса колісної пари на головку рейки. Обмеження (Y/Q) є функцією кута гребеня колеса рухомого складу та коефіцієнта тертя між ним та рейкою

Крім критерію Надаля оцінка безпеки від сходу рухомого складу на залізницях країн Європейського Союзу проводиться за поворотом візка відносно кузова рухомого складу – показник X та показники бокової дії рухомого складу на колію – $\sum Y_{\text{max,lim}}$, $\sum H_{\text{max,lim}}$.

Показник X характеризує опір повороту візків відносно кузова [4]. Показник X визначається на початку і після закінчення експлуатаційних випробувань рухомого складу. Рекомендовані значення показника X

знаходяться в межах 0,03...0,07. Цей показник обчислюється за формулою:

$$X = \frac{M_{z,R\min}}{2a^+ 2Q_0}, \quad (4)$$

де $M_{z,R\min}$ – обертовий момент візка відносно кузова в плані, визначений для кута повороту (кута вилання) $\psi = a^* / R_{\min}$ (a^* – половина відстані між шворнями, $R_{\min}$ – мінімальний радіус кривої); $2a^+$ – відстань між крайніми осями візка; Q_0 – середня сила вертикального навантаження колеса направляючої колісної пари випробовуваного екіпажу.

Вимірювання обертового моменту проводяться на спеціальному стенді. Цей стенд повинен забезпечувати постійну кутову швидкість вилання рівну 1 градус/с і реєстрацію поточних змін значень моменту (функції кута повороту візка). Візки мають бути розміщені під кузовом досліджуваної одиниці рухомого складу зі всіма правильно приєднаними зв'язками.

Вимірювання $M_{z,R\min}$ необхідно проводити окремо для кожного візка при його поворотах в обидва боки на кут, що відповідає руху екіпажу кривою з мінімальним радіусом $R_{\min}$. Кут повороту обчислюється за наступним виразом [4]:

$$\Delta\psi^* = \frac{a^*}{R_{\min}} + \frac{0,020}{2a^+}, \text{ рад.} \quad (5)$$

За результатами вимірювань будуються діаграми, що представляють обертовий момент (функції кута повороту), тобто $M_z = f(\Delta\psi^*)$.

На рис. 1 наведемо приклад діаграми повороту візка [5]. Тут $c_\psi = \frac{c_{\psi 1} + c_{\psi 2}}{2}$ – кутова жорсткість вторинного підвішування. Коли при повороті досягається явище тертя ковзання в опорах кузова на візок, тоді c_ψ стає рівною нулю. Особливість залежності $M_z(\Delta\psi^*)$ (рис. 2) викликається характеристиками випробувального устаткування, у тому числі інерцією поворотного столу і візка.

Момент сил опору повороту $M_{z,\max}$ візка відносно кузова в кривій найменшого радіусу $R_{\min}$ для певного типу вагона, без врахування зазору в колії, тобто $\Delta\psi^*_{eval} = \frac{a^*}{R_{\min}}$, є визначальним для підтвердження умови безпеки від сходження колісних пар з рейок.

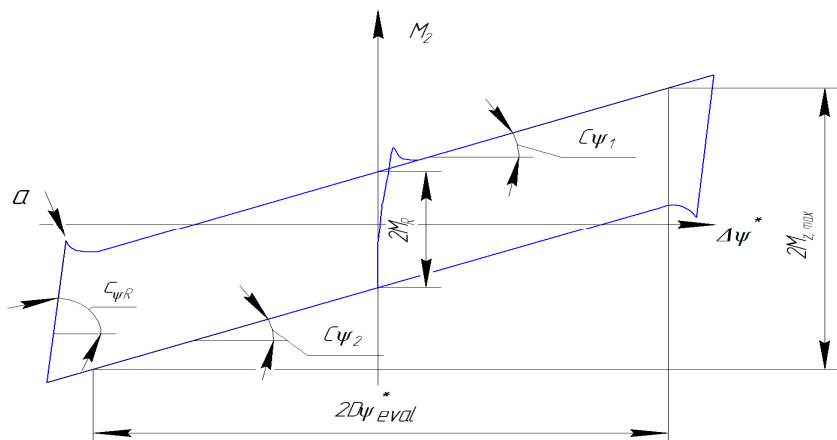


Рис. 1. Діаграма залежності моменту опору поворотам візка відносно кузова від кута повороту

Перейдемо до показника бокової дії рухомого складу на рейки $\sum Y_{\max, \lim}, \sum H_{\max, \lim}$.

Вимоги щодо рівня сил взаємодії коліс і рейок на залізницях ЄС введено з метою обмеження ризиків пошкодження верхньої будови колії або швидкого погіршення її параметрів. До цих параметрів, зокрема, відносяться: жорсткість колії, рівень нерівностей тощо. Незначне перевищення допустимих значень сил взаємодії не означає неминучої загрози безпеці руху транспортного засобу, проте така небезпека може виникнути за короткий проміжок часу, особливо на ділянках з підвищеними швидкостями руху поїздів.

Крім зазначеного обмеження для відношення Y/Q (за умови стійкості коліс від вкочування на головки рейок), на залізницях європейських країн для оцінки умов безпеки руху локомотивів і вагонів використовуються критерії бокової дії рухомого складу на колію. За цими критеріями обмежується величина бокових сил, щоб звести до мінімуму ризик зсуву рейко-шпальної решітки. Граничне значення суми бокових сил $\sum Y_{\max}$ в kH визначається залежно від осового навантаження P_0 за виразом [4]:

$$\sum Y_{\max, \lim} = k_1 \left(10 + \frac{P_0}{3} \right), \quad (6)$$

де коефіцієнт $k_1 = 1,0$ – для тягового рухомого складу й пасажирських вагонів і $k_1 = 0,85$ – для вантажних вагонів.

Величина, яка визначається за виразом (6) також відома як критерій Прюдома.

Максимальні значення горизонтальних поперечних сил H , які діють у первинному ступені ресорного підвішування на колісну пару, мають такі обмеження [4]:

$$\sum H_{\max, \lim} = k_2 \left(10 + \frac{P_0}{3} \right), \quad (7)$$

де величина коефіцієнта k_2 становить: 0,90 – для тягового рухомого складу і пасажирських вагонів; 0,75 – для порожніх вантажних вагонів; 0,85 – для завантажених вагонів.

При передачі навантаження від рухомого складу на колію, граничні значення показників силової дії на неї становлять [4]:

- а) квазістатична напрямна сила, $Y_{qst} - Y_{qst, \lim} = 60 \text{ кН}$;
- б) квазістатична сила, що діє на колесо, $Q_{qst} - Q_{qst, \lim} = 145 \text{ кН}$;
- с) максимальна сила, що діє на колесо, $Q_{\max} - Q_{\max, \lim} = (90 + Q_0) \text{ кН}$.

В таблиці 1 наведемо значення $Q_{\max, \lim}$ залежно від максимально дозволеної швидкості, на яку розрахований екіпаж [4].

З огляду на умови втоми колії колісне вертикальне навантаження Q не повинно перевищувати 170 кН. Квазістатичні бокова та вертикальна сили (Y_{qst} , Q_{qst}), які діють на колію в кривих, обмежуються такими значеннями: $Y_{qst} \leq 60 \text{ кН}$; $Q_{qst} \leq 145 \text{ кН}$.

Таблиця 1.

Значення максимальних колісних навантажень

Конструкційні швидкості	$Q_{\max, \lim}$
$V_{adm} \leq 160 \text{ км/год}$	$\leq 200 \text{ кН}$
$160 \text{ км/год} < V_{adm} \leq 200 \text{ км/год}$	$\leq 190 \text{ кН}$
$200 \text{ км/год} < V_{adm} \leq 250 \text{ км/год}$	$\leq 180 \text{ кН}$
$250 \text{ км/год} < V_{adm} \leq 300 \text{ км/год}$	$\leq 170 \text{ кН}$
$V_{adm} > 300 \text{ км/год}$	$\leq 160 \text{ кН}$

Отже, для запобігання сходів з рейок рухомого складу і забезпечення запасу стійкості на залізницях ЄС встановлені певні межі, які виражаються за допомогою вищенаведених показників.

Визначення та оцінка характеристик силової взаємодії ходових частин та залізничної колії країн ЄС базується на поглиблених теоретичних і експериментальних дослідженнях показників динаміки руху рейкових екіпажів.

Отже, враховуючи викладене, можливо зробити наступні висновки:

1. У країнах ЄС приймання та допуск рухомого складу до експлуатації виконується згідно вимог, що встановлені в нормах EN 14363. В даному

документі визначені основні показники безпеки руху, методи, засоби й умови проведення випробувань рухомого складу з визначенням його якісних ходових характеристик.

2. Основними показниками безпеки руху на залізницях ЄС є коефіцієнт стійкості від вкочування гребеня колеса колісної пари на головку рейку, значення повороту візка відносно кузова рухомого складу (показник X), показник бокової дії рухомого складу на колію.

3. Для перевірки можливості сходу рухомого складу з рейок за нормами EN 14363:2005 потрібне визначення направляючої сили, що є складним та трудомістким процесом, через проведення великої кількості експериментальних досліджень.

Перелік посилань

References

1. *Elkins J. A., Carter A.* Testing and Analysis Techniques for Safety Assessment of Rail Vehicles: The State-of-the-Art. *Vehicle System Dynamics – International Journal of Vehicle Mechanics & Mobility*. 1993. Vol. 22. P. 185–208.

2. Черкашин Ю. М. Безопасность движения железнодорожного подвижного состава: сб. науч. трудов ВНИИЖТ. Москва: Интекст, 2010. 176 с.

3. Шахуняц Г. М. Железнодорожный путь. Москва: Транспорт, 1987. 479 с.

4. EN 14363:2005. Railway applications. Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Testing of running behaviour and stationary tests Consummation 03.03.2005. Brussels: European Committee for Standardization, 2005. 129 p.

5. SAMRAIL. Position paper on Common Safety' Indicators. SAMRAIL / SM / D2.6.1-A, 2004. 49 p.

1. *Elkins, J. A., Carter, A.* (1993). Testing and Analysis Techniques for Safety Assessment of Rail Vehicles: The State-of-the-Art. *Vehicle System Dynamics – International Journal of Vehicle Mechanics & Mobility*. Vol. 22. p. 185–208.

2. *Cherkashin, Iu. M.* (2010). Bezopasnost dvizheniia zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava: sb. nauch. trudov VNIIZhT. [Traffic safety of rolling stock: Collection of scientific works VNIIZhT]. Moscow, Intekst. 176 p. [in Russian].

3. *Shakhunians, G. M.* (1987). Zheleznodorozhnyi put. [Railway track]. Moscow, Transport. 479 p. [in Russian].

4. EN 14363:2005. Railway applications. Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Testing of running behaviour and stationary tests Consummation 03.03.2005. Brussels: European Committee for Standardization, 2005. 129 p.

5. SAMRAIL. Position paper on Common Safety' Indicators. SAMRAIL / SM / D2.6.1-A, 2004. 49 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ СТРАН ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА А. В. Батиг

Страны Европейского Союза обладают огромной территорией и большим количеством объектов транспортной инфраструктуры, подвижного состава.

В этих странах для организации и управления перевозочным процессом грузов и пассажиров с обеспечением безопасности движения предлагаются различные методы, комплексные системы и технологии. Прием и допуск подвижного состава к эксплуатации осуществляется в соответствии с требованиями, установленными в документе EN14363.

Данный документ определяет основные показатели безопасности железнодорожного движения, методы, средства и условия проведения испытаний подвижного состава по определению его качественных ходовых характеристик.

В статье автором были исследованы показатели безопасности на железных дорогах ЕС: коэффициент устойчивости от вкатывания гребня колеса колесной пары на головку рельсы, значение поворота тележки относительно кузова подвижного состава (показатель X), показатель бокового действия подвижного состава на рельсы.

Устойчивость от вкатывания гребня колеса колесной пары на головку рельсы на железных дорогах ЕС исследуется на основе критерия Надаля.

Значение сопротивления поворота тележки относительно кузова подвижного состава является определяющим для доказательства условия безопасности против схода колесных пар с рельсов на железных дорогах ЕС.

С помощью показателя бокового действия подвижного состава на путь ограничивается величина боковых сил, чтобы свести к минимуму риск смещения рельсошпальной решетки.

В статье также изложено, каким образом проводится испытание подвижного состава на железных дорогах ЕС для определения показателей безопасности движения.

Автор работы отмечает, что для определения возможности схода подвижного состава с рельсов при норме EN 14363 нужно иметь значение направляющей силы. Однако, определение направляющей силы является сложным и трудоемким процессом, так как требует проведения большого количества экспериментальных исследований.

Ключевые слова: железные дороги, подвижной состав, показатели устойчивости движения, Европейский Союз.

INVESTIGATION THE INDICATORS OF THE MOVEMENT STABILITY OF ROLLING STOCK ON THE RAILWAYS OF THE EUROPEAN UNION COUNTRIES

A. Batih

The countries of the European Union have a huge territory and a large number of objects of transport infrastructure and rolling stock.

In these countries, various methods, complex systems and technologies are offered for the organization and management of the cargo transportation process and passengers with traffic safety. The acceptance and admission of rolling stock to operation is carried out in accordance with the requirements set out in document EN 14363.

This document defines the main indicators of railway traffic safety, methods, means and conditions for conducting tests of rolling stock on the definition of its qualitative driving characteristics.

In the author's article, the following safety indicators were studied on the EU railways: the coefficient of stability from rolling the wheel flange of the wheel pair onto

the rail head, the value of the turning of the trolley relative to the body of the rolling stock (index X), the indicator of the lateral action of the rolling stock on the rails.

The stability of the rolling of the wheel of the wheel pair onto the rail head on the EU railways is investigated on the basis of the Nadal's criterion.

The value of the resistance of the trolley rotation relative to the body of the rolling stock is decisive for proving the safety condition against the derailment wheel pairs on the EU railways.

With the help of the indicator of the lateral action of the rolling stock on the rails limited the size of the lateral forces to minimize the risk of shifts of rail-sleeper lattice.

The article describes how a rolling stock test on EU railways is being conducted to determine the traffic safety indicators.

The author notes that in order to determine the possibility of derailment of rolling stock under the norm EN 14363, it is necessary to have the value of the guiding force. However, determining the direction of the force is a complicated and time-consuming process, since it requires a large number of experimental studies.

Key words: railways, rolling stock, indicators of sustainability, European Union.

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2019.64.55>

УДК 343.148: 625.031.3: 625.032.7

А. В. Батіг
старший науковий співробітник

О. Б. Ковальчук
старший науковий співробітник

*Львівський науково-дослідний інститут судових експертиз
Міністерства юстиції України*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБМЕЖЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОЇЗДІВ В КРИВИХ ДІЛЯНКАХ КОЛІЇ

Стаття присвячена дослідженню процесу обмеження максимальної швидкості руху в кривій ділянці колії за коефіцієнтом запасу стійкості від вкочування колеса на головку рейки. Відзначено, що формули, за допомогою яких встановлюється допустима швидкість руху в кривій ділянці колії відрізняються у випадку рівномірного, нерівномірного завантаження колеса колісної пари рухомого складу, з врахуванням підвищення зовнішньої рейки і без нього.

Ключові слова: максимальна швидкість руху, обмеження швидкості руху, поїзди, ділянки колії.

Найбільша кількість сходів рухомого складу з рейок відбувається через вкочування гребенів коліс рухомого складу на головку рейки. Сам процес сходження залежить від безлічі факторів, які в їх імовірнісному поєднанні вивчені ще недостатньо.