

experts investigate cases of derailment of railway rolling stock, spontaneous movement of cars from the parking lot, followed by their collision, and other cases. Upon the occurrence of an RTA, the compliance of the actions of the railway employees involved with the requirements of regulatory documents, the causal link and the immediate technical reason for its occurrence is investigated. Experts carrying out research within the examination regarded various possible discrepancies that could cause the occurrence of RTA. The inconsistency of the mass of the cargo with the established weight standards for transportation by rail is considered by experts, precisely as a possible discrepancy that could significantly affect the occurrence of the accident. This direction of research requires detailed consideration from the position of forensic expertise. The article discusses individual issues of this type of inconsistency. These points are considered in more detail in a research work devoted to a study of the main transport characteristics of the goods transported and their packages, with an assessment of the possibility of their influence on the causal relationship with the onset of the RTA as part of the railway transport expertise. Each type of faults (inconsistencies) identified during the carriage of goods by rail is investigated as part of the implementation of forensic railway transport examinations and requires the formation of detailed expert approaches. The presented work confirms the relevance of developing a methodology for assessing the impact of cargo transportation features on the onset of railway accidents.

Key words: commercial malfunctions, forensic railway-transport expertise, cargo, features of transportation, fasteners, weight standards.

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2019.64.57>

УДК 343.148: 625.032: 629.4.015

А. Я. Кузишин
науковий співробітник

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

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИЦІ ДІАМЕТРІВ КОЛІС КОЛІСНОЇ ПАРИ ВАГОНА НА ЙОГО СХІД МЕТОДОМ КВАЗІДИНАМІКИ

Стаття присвячена дослідженню впливу різниці діаметрів коліс вагона рухомого складу на його схід. Дані дослідження проводилися методом квазідинамічних деформацій. Встановлено, що значна різниця діаметрів коліс колісної пари вагона негативно впливає на динаміку, безпеку руху, знос його ходових частин.

Ключові слова: рухомий склад, різниця діаметрів коліс, метод квазідинаміки.

За останні роки спостерігалася значна кількість випадків сходу рухомого складу з рейок внаслідок несправностей верхньої будови колії, падіння деталей ходових частин на колію, несправностей колісних пар,

руйнування роликів підшипників буксового вузла, зламів бокових рам візків, обривів автозчепів, несправностей гальмівного обладнання.

Поряд з даними випадками трапляються сходи рухомого складу, які пов'язані з незадовільною взаємодією елементів рухомого складу і ділянок колії, в результаті чого може відбуватися вкочування колеса на головку рейки під дією бокових сил [1, 2]. Дослідження умов сходу рухомого складу з рейок в даному випадку вимагає аналізу складного поєднання багатьох чинників силової взаємодії рухомого складу і колії.

Бокова сила притиснення гребня колеса до рейки для набігаючої колісної пари візка в прямій ділянці колії визначається за формулою [1]:

$$N_B = N_{B1} + N_{B2} + N_{B3} + N_{B4} + N_{B5}, \quad (1)$$

де N_{B1} – бокова сила притиснення гребня колісної пари до робочої грані рейки при наявності різниці діаметрів її коліс, κH ; N_{B2} – бокова сила притиснення при дії рамної сили, κH ; N_{B3} – бокова сила, яка виникає в кривих ділянках колії при наявності відступів у плані (рихтовок), κH ; N_{B4} – бокова сила, яка виникає при наявності кута набігання колісної пари, κH ; N_{B5} – бокова сила, яка виникає при гальмуванні поїзда, κH .

З формули (1) видно, що значне притиснення колеса рухомого складу до головки рейки в прямій ділянці колії може бути викликане такими несправностями ходових частин вагонів як: значною різницею діаметрів коліс колісної пари внаслідок інтенсивного зносу поверхні кочення колеса колісної пари; непаралельністю осей колісних пар візка; різницею гребенів на одній колісній парі більше допустимої; зносом п'ятників, підп'ятників та ін. [3].

Під час руху колісної пари в прямій ділянці залізничної колії наявність різниці діаметрів коліс приводить до того, що вісь, відносно якої центр мас колісної пари виконує коливальний рух, зміщується паралельно осі рейкової колії на величину $\Delta \leq 0,5\delta$ в напрямку рейки, по якій котиться колесо з меншим діаметром.

Величина зміщення Δ визначається за виразом [2]:

$$\Delta = \frac{D_1 - D_2}{4n}, \quad (2)$$

где D_1, D_2 – більший і менший діаметр коліс колісної пари відповідно, mm ; n – конусність поверхні кочення колеса.

Залежно від різниці діаметрів ($D_1 - D_2$), величина зміщення Δ може виявитися меншою, рівною чи більшою половини зазору $0,5\delta$ в рейковій колії.

Підставивши у вираз (2) $\Delta = 0,5\delta$, отримаємо формулу (3). За її допомогою можна визначити різницю діаметрів коліс $[D_1 - D_2]$, при якій гребінь колеса з меншим діаметром під час всього часу руху вже притискається до робочої грані рейки [1, 2]:

$$[D_1 - D_2] = 2\delta n = 2 [S - (T + q_1 + q_2 + 2\mu')]n, \quad (3)$$

де S – ширина колії, мм; T – насадка колісної пари, мм; q_1, q_2 – товщина першого і другого гребеня відповідно, мм; $2\mu'$ – потовщення гребеня; n – конусність колеса.

У випадку, якщо різниця діаметрів коліс $(D_1 - D_2)$ є меншою $[D_1 - D_2]$, то колесо колісної пари не притискається до рейки і $N_{B1} = 0$. Якщо ж $(D_1 - D_2) > [D_1 - D_2]$, то колесо буде притискатися до робочої грані рейки із силою N_{B1} .

Силу N_{B1} можна визначити двома методами: методом квазістатичних деформацій і методом квазідинаміки (інверсивності руху).

За першим методом сила N_{B1} визначається за виразом [1]:

$$N_{B1} = \frac{((D_1 - D_2) - [D_1 - D_2])2U_y\eta}{4n(k_y\eta + 2U_y[(h^*)^2 - h^*\zeta''ctg\gamma_1])}, \quad (4)$$

де U_y – модуль пружності підрейкової основи по відношенню до горизонтального згину, κH ; γ_1 – кут між лінією дії сили N_H і віссю Z ; ζ'' – відстань між віссю Z і лініями дії сил N_1 і $N_H \cos\gamma_1$ (див. рис. 1-2), κH ; $h' = h' + z_1$, h' – відстань від центру мас поперечного перерізу головки рейки до центру кручення рейки, м; z_1 – відстань від центру мас поперечного перерізу головки рейки до точки прикладення сили N_H , м; η – коефіцієнт.

За методом квазідинаміки сила N_{B1} визначається за виразом:

$$N_{B1} = \frac{2M\vartheta_n^2(D_1 - D_2 - [D_1 - D_2])}{S^*D_1} - \frac{2Mgh_0}{S^*}, \quad (5)$$

де M – маса підресорного вантажу, яка припадає на одну колісну пару, кг; S^* – відстань між кругами кочення коліс, мм.

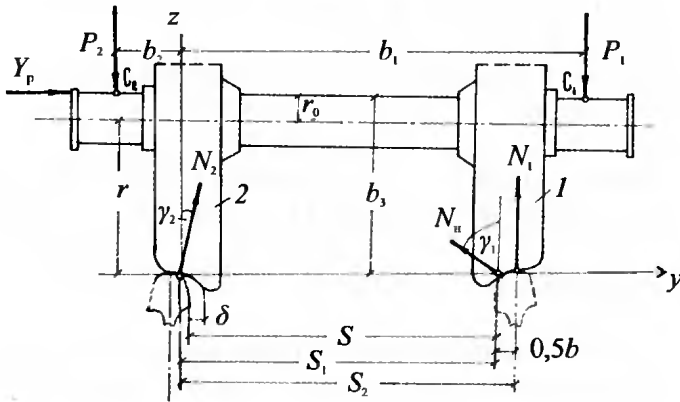


Рис. 1. Сили, які передаються від рейки на колісні пари (реакції)

За допомогою формули (5) проведемо дослідження величини бокової сили $N_{Б1}$ для таких параметрів вагона: $M_{\Pi} = 5,75 \cdot 10^3 \text{ кг}$, $M_3 = 22,25 \cdot 10^3 \text{ кг}$, $S^* = 1,6 \text{ м}$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, $\vartheta_{\Pi} = 20 \text{ м/с}^2$, $h_0 = 0$, $D_1 = 918 \text{ мм}$, $D_2 = 916 \text{ мм}$.

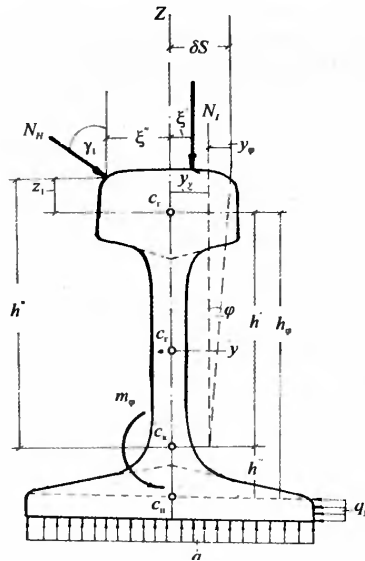


Рис. 2. Сили, які передаються на рейку від колеса колісної пари

При цьому різниця діаметрів коліс ($D_1 - D_2$) буде змінюватися від 2 до 5 мм.

Розрахунок виконаємо для порожнього та завантаженого стану вагона. Отримані результати наведемо на рис 1.

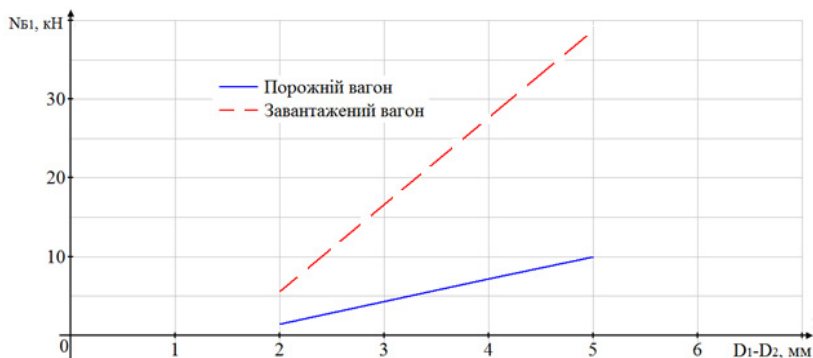


Рис. 3. Залежність сили N_{B1} від різниці діаметрів коліс $D_1 - D_2$

Як видно з рисунку 3 сила N_{B1} значно зростає із збільшенням різниці в діаметрах коліс колісної пари вагона. Для завантаженого вагона дана сила збільшується інтенсивніше в порівнянні з порожнім. Це пов'язано з тим, що сила N_{B1} прямо пропорційно залежить від маси вантажу, яка припадає на колісну пару. Однак як для порожнього, так і для завантаженого вагона ріст бокової сили має негативний вплив.

Збільшення сили N_{B1} призводить до росту бокової сили N_B . У поєднанні із розвантаженням колеса це може призвести до його вкочування на головку рейки і, як наслідок, до сходу вагона рухомого складу. Також збільшення бокової сили викликає підвищений знос рейки, гребеня колеса, яке притискається. В то й же час на поверхні кочення другого колеса утворюється прокат неправильної форми.

Отже, збільшення різниці діаметрів коліс негативно позначається на динаміці рухомого складу, а також безпеці руху. Тому важливим завданням є забезпечення утримання коліс колісної пари із найменшою різницею її діаметрів.

Перелік посилань

1. Сокол Э. Н. Крушения железнодорожных поездов (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики): моногр. Київ, 2007. 355 с.

References

1. Sokol, E. N. (2007). Krusheniia zheleznodorozhnykh poezdov (Sudebnaia ekspertiza. Elementy teorii i praktiki): monogr. [Railway train derailments (Forensic examination. Elements of theory and practice): monograph]. Kyiv, 355 p. [in Russian].

2. Сокол Э. Н. Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава. (Судебная экспертиза. Элементы теории и практики). Київ, 2004. 368 с.

2. Sokol, E. N. (2004). Shody s relsov i stolknovenniaa podvizhnogo sostava. (Sudebnaia ekspertiza. Elementy teorii i praktiki) [Derailments and collisions of rolling stock. (Forensic examination. Elements of theory and practice)]. Kyiv, 368 p. [in Ukrainian].

3. Лысюк В. С. Причины и механизм схода колеса с рельса. Проблема износа колес и рельсов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва, 2002. 215 с.

3. Lysiuk, V. S. (2002). Prichiny i mekhanizm shoda kolaesa s relsa. Problema iznosa koles i relsov. 2-e izd., pererab. i dop. [Causes and the mechanism of the vanishing wheel from the rail. The problem of wheel and rail wear. 2nd ed., Revised and enlarged]. Moscow, 215 p. [in Russian].

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗНОСТИ ДИАМЕТРОВ КОЛЁС КОЛЕСНОЙ ПАРЫ ВАГОНА НА ЕГО СХОД МЕТОДОМ КВАЗИДИНАМИКИ

А. Я. Кузишин

В статье отмечается, что горизонтальные поперечные силы, возникающие в процессе прижатия гребней колес к рабочей грани рельса, при определенных условиях могут оказаться весьма значительными. Эти силы в сочетании с разгрузкой колеса, вызванной геометрическими отклонениями верхнего строения пути в плане и профиле, могут привести к вкатыванию колеса колесной пары на головку рельса и, как следствие, к сходу вагона подвижного состава.

Такое прижатие колеса к головке рельса на прямом участке пути, может возникнуть при следующих неисправностях ходовых частей вагонов:

- не параллельность осей колесных пар тележки, вызванных разницей баз боковых рам, износом буксовых проемов;
- разницей гребней на одной колесной паре больше допустимой, износом пятников, подпятников;
- значительной разницей диаметров колес колесной пары, вызванной интенсивным износом поверхности катания одного из них и др.

В данной статье выполнено исследование влияния разницы диаметров колес колесной пары на величину боковой силы для порожнего и загруженного состояния вагона.

Полученные результаты позволили сделать вывод, что увеличение разницы диаметров колес колесной пары загруженного вагона подвижного состава приводит к более интенсивному росту боковой силы, по сравнению с порожним. Это вызвано линейной зависимостью боковой силы от массы вагона подвижного состава.

Однако как для порожнего, так и для загруженного вагона рост значения боковой силы имеет негативное влияние. В сочетании с разгрузкой колеса это увеличивает вероятность вкатывания колеса колесной пары на головку рельса. Также увеличение действия боковой силы от колесной пары на рельс вызывает повышенный износ рельса, гребня колеса, которое прижимается. В то же время на поверхности качения другого колеса образуется прокат неправильной формы.

Поэтому важным является обеспечение удержания колес колесной пары с наименьшей разницей её диаметров.

Ключевые слова: подвижной состав, разница диаметров колес, метод квазидинамики.

INVESTIGATION THE INFLUENCE DIFFERENCE OF THE WAGON'S WHEELS DIAMETERS ON ITS DERAILMENT BY QUASI-DYNAMICS METHOD

A. Kuzyshyn

B.

In the article the author notes that the horizontal forces arising in the process of pressing the wheel flanges to the working edge of the rail, under certain conditions can be very significant. These forces, in combination with the wheel unloading, caused by the geometric deviation of the track in the plan and profile, can lead to rolling the wheel of the wheelset onto the rail head and, as a consequence, to the stock derailment.

Such pressing of the wheel to the rail head in the straight part of the track can occur when faults in the running gears of the wagons: non-parallelism of the axles of the wheel pairs of the bogie frame by the difference in the bases of the side frames, wear of the guide axle-box openings; the difference of the flanges on one wheel pair is more than permissible, wear of the body and bogie bolster center plates, step bearing; a significant difference in the diameters of the wheels of the wheelset caused by the intense wear of the rolling surface of one of them, etc.

The article deals with the investigation of the influence of the wheels' diameters difference of the wheelset on the amount of lateral force for the empty and loaded state of the rolling stock wagon.

The results obtained made it possible to conclude that an increase in the wheels' diameters difference of the wheelset of a loaded wagon of rolling stock leads to more intensive growth of the lateral force, as compared with the exhaust. This is caused by the linear dependence of the lateral force on the mass of the wagon of the rolling stock.

However, for both the empty and the loaded wagon, the increase in the lateral force value has a negative effect. In conjunction with the unloading of the wheel it increases the probability of rolling in the wheel of the wheelset on the rail head. Also, an increase in the action of the lateral force from the wheelset on the rail, causes increased wear of the rail, the wheel flange, which is pressed. At the same time, rolling surfaces of an irregular shape are formed on the surface of the other wheel.

Therefore, it is important to ensure the maintenance of the wheels of a wheel pair with the smallest difference in its diameters.

Key words: rolling stock, diameter difference of wheels, quasi-dynamics method.