

*calculation and design of railcars track of 1520 mm, in European standards. However, calculations based on the norms that are used for railways track of 1520 mm do not give an opportunity to take into account the parameters of the rail track, namely the irregularities in both the vertical and horizontal planes that occur during operation. So, calculations of traffic safety criteria according to these standards do not allow to determine the effect of wear of wheel pairs and rail track. Moreover exceeding the permissible value of stability margin coefficient for derailment of rolling stock does not always lead to the rolling in of the wheel flange on the railhead. Because the ratio of vertical load to horizontal force can exceed the permissible value, but the gap between the wheel flange and the bar will not be exhausted. Check of stability conditions from a derailment of rolling stock on accepted by norms for model 11-286 car is executed. The basic lacks of the used method of calculation and ways of its improvement are resulted. Creation of mathematical models of railcars will allow to take into account main features of construction of running gears, wear of wheelsets, railtrack and determine the time when the gap between the wheel flange and the rail is exhausted (their dynamic interaction arises). We should also analyze the European experience in determining the criteria for traffic safety.*

*Keywords: derailment of rolling stock, catastrophe, crash, traffic safety, stability from derailment.*

DOI: <https://doi.org/10.32353/khrife.2018.51>

УДК 343.148.6

**А. Я. Кузишин**, науковий співробітник  
Львівського НДІСЕ

E-mail: [kuzyshyn1993@gmail.com](mailto:kuzyshyn1993@gmail.com),

**А. В. Батіг**, старший науковий спів-  
робітник Львівського НДІСЕ

E-mail: [batigasha1992@gmail.com](mailto:batigasha1992@gmail.com)

## **ВИКОРИСТАННЯ ДОДАТКОВОГО КРИТЕРІЮ ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ВІД СХОДУ КОЛЕСА З РЕЙКИ В СУДОВІЙ ЗАЛІЗНИЧНО-ТРАНСПОРТНІЙ ЕКСПЕРТИЗІ**

*Проведено дослідження додаткового критерію оцінювання безпеки руху, відповідно до якого схід колеса з рейки аналізувався за фактичним підйомом гребеня колеса на головку рейки. Зазначена особливість дозволить детальніше дослідити розвиток механізму залізнично-транспортної пригоди.*

*Ключові слова: взаємодія колії та рухомого складу, схід колеса з рейки, безпека руху, механізм залізнично-транспортної пригоди.*

Схід з рейок рухомого складу залізничного транспорту – подія, що призвела до втрати взаємодії хоча б одного колеса рухомого складу залізничного транспорту з рейкою в результаті зміщення колеса від свого нормального положення щодо головки рейки<sup>1</sup>. Слід зазначити, що першочергове завдання

<sup>1</sup> Про затвердження Інструкції з організації відбудовних робіт при ліквідації наслідків транспортних подій на залізницях України : наказ Міністерства транспорту України від 27.04.2001 № 258. URL: [zakon.rada.gov.ua/go/z0422-01/](http://zakon.rada.gov.ua/go/z0422-01/)

розслідування – це встановлення конкретної технічної причини сходу. Рівень безпечної експлуатації рухомого складу на залізницях визначається, головною мірою, наявністю запасу стійкості рейкового екіпажу. Тому вивченню питання про схід рейкових екіпажів із залізничної колії надається велике значення в багатьох експериментальних і теоретичних дослідженнях.

**Постановка проблеми.** Взаємодія колії та рухомого складу в процесі його експлуатації є однією з найважливіших проблем залізничного транспорту України. Важливого значення набувають наукові дослідження стосовно питання стійкості рухомого складу при його русі як на прямих, так і в кривих ділянках залізничної колії. У процесі розвитку транспортної науки напрацьовано ряд методів визначення можливості сходу колеса колісної пари з рейкової колії, які тією чи іншою мірою враховують особливості їх взаємодії. Однак методи, що покладені в основу розрахунків, різняться між собою. Проте проблема ускладнюється відсутністю достатньої кількості експериментальних даних, які б дозволили перевірити адекватність моделей, покладених у розрахунки. Нерідкою є ситуація використання застарілих методів при визначенні можливості сходу колеса з рейки, а також неврахування сучасних підходів до їх розрахунку.

**Аналіз останніх досліджень.** Прийнято, що схід колеса з рейки не відбудеться, якщо співвідношення прикладених до колеса сил – горизонтальної поперечної  $Y_n$  і вертикальної  $V$  (при дії максимальної сили сухого тертя  $T = \mu N$ ) буде таким, що гребінь відносно рейки буде ковзати вниз (рис. 1).

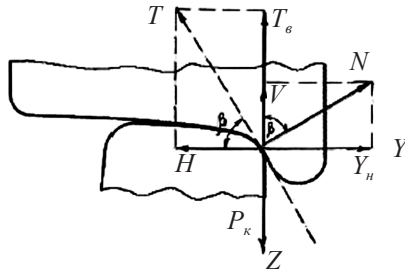


Рис. 1. Сили, що діють у точці контакту при ковзанні гребня вниз відносно головки рейки

Зазначена умова виражається такою нерівністю<sup>1</sup>:

$$\frac{Y_n}{V} < \frac{\operatorname{tg}\beta - \mu}{1 + \mu \cdot \operatorname{tg}\beta}, \quad (1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт тертя;  $N$  – нормальна реакція рейки в точці контакту;  $\beta$  – кут нахилу твірної гребеня до горизонталі.

<sup>1</sup> Nadal M. J. Locomotives a Vapeur. Collection Encyclopedie Scientifique Bibliothèque de Mecanique Applique et Genie. Paris, 1908. Vol. 186.

У чинній нормативній літературі<sup>1</sup> при оцінюванні сходу колеса з рейки пропонується використовувати «коефіцієнт запасу стійкості від вкочування колеса на головку рейки». При цьому вважається, що в разі, коли значення цього коефіцієнта менше одиниці, колісна пара може зійти з рейок. Однак при виведенні цього критерію не враховувалися багато факторів, у тому числі й такі як кут набігання колісної пари та тривалість дії сил.

Також слід зазначити підходи Е. М. Сокола, які використовуються при проведенні судових залізнично-транспортних експертиз<sup>2</sup>.

На нашу думку, для вкочування гребня колеса на головку рейки потрібне виконання як мінімум двох умов: необхідної та достатньої.

Аналітичний вираз необхідної умови вкочування гребеня колеса на головку рейки має вид:

$$P_l < P_1^*, \quad (2)$$

де  $P_l$  – фактичне навантаження на колесо;  $P_1^*$  – навантаження на колесо, при якому починається процес вкочування.

$$P_1^* = \frac{Cb_2 + Y_p r - Gl}{b_1 + b_2}, \quad (3)$$

де  $C = (P_l + P_2)$  – статичне навантаження на вісь колісної пари;  $r$  – радіус колеса;  $G$  – вага колісної пари;  $Y_p$  – рамна сила.

Достатня умова вкочування колеса на головку рейки має такий вид:

$$2l \cdot \sin \theta_{\max} = f, \quad (4)$$

де  $\theta_{\max}$  – значення кута, при якому гребінь колеса вже знаходиться на поверхні кочення головки рейки;  $f$  – висота, на яку має піднятися колесо, щоб його гребінь опинився на поверхні кочення головки рейки.

За європейськими нормами BS EN 14363:2005 рухомий склад є безпечним від сходу з рейок, якщо умова (5) виконується на кожному етапі випробування:

$$\left( \frac{Y_n}{V} \right)_{\max} \leq \left( \frac{Y_n}{V} \right)_{\lim}, \quad (5)$$

де  $Y_n$  – горизонтальна поперечна сила;  $V$  – вертикальна сила, що діє від рейки на колесо.

<sup>1</sup> Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов, динамических качеств и воздействия на путь экипажной части локомотивов ж. д. МПС РФ колеи 1520 мм. Москва : МПС РФ, ВНИИЖТ, 1998. 145 с.; Нормы расчета и проектирования вагонов, железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) с изменениями. Москва : ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 346 с.; Нормы расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств моторвагонного подвижного состава ж. д. МПС РФ колеи 1520 мм. Москва : МПС РФ, ВНИИЖТ, 1997. 147 с.

<sup>2</sup> Сокол Э. Н. Сходы с рельсов и столкновения подвижного состава (судебная экспертиза. Элементы теории и практики). Киев : Транспорт України, 2004. 386 с.

Також для оцінювання безпеки руху використовується додатковий критерій, згідно з яким схід аналізується за фактичним підйомом гребеня колеса на головку рейки<sup>1</sup>.

**Мета статті** – дослідити додатковий критерій оцінювання безпеки руху, що дозволить більш детально розглянути розвиток механізму залізнично-транспортної пригоди, точніше визначити її безпосередню технічну причину.

**Основний матеріал досліджень.** Для визначення можливості сходу колеса з рейки існують такі критерії: коефіцієнт запасу стійкості від сходу колеса з рейки, коефіцієнт стійкості від опрокидування вагона, коефіцієнт стійкості колії від зсуву в плані (поперечна стійкість колії), стійкість залізничної колії за її шириною, показник плавності руху (для пасажирських вагонів), коефіцієнти вертикальної та горизонтальної динаміки. Ці критерії регламентовані нормами, які застосовуються на залізничному транспорті України. Своєю чергою, на Європейських залізницях застосовуються: показник безпеки від сходу колеса з рейки, показник стійкості рейко-шпальної решітки від зсуву (критерій Прудома), показник опору повороту візка відносно рами кузова, прискорення кузова в горизонтальному та вертикальному напрямках, показники комфорту.

Математичне моделювання процесу сходу колеса з рейки<sup>2</sup> дозволяє використовувати ще один критерій, який називають додатковим. За цим критерієм схід колеса з рейки можливий за виконання такої умови<sup>3</sup>:

$$\Delta r \geq h_{ep}, \quad (6)$$

де  $\Delta r$  – приріст радіуса колеса від його середнього значення;  $h_{ep}$  – висота гребеня (28 мм).

Приріст радіусів коліс залежить від поперечного переміщення колісної пари  $y_{кн}$ , горизонтальної нерівності  $\eta_{cop}$ , числового значення конусності профілю колеса в точці контакту з рейкою  $n$  і номінальних зазорів між гребенем колеса та внутрішньою гранню головки рейки  $\delta$ .

Для коліс першого візка приріст радіусів знаходиться за формулами:

$$\Delta r_1 = n_2^I \cdot y_{кн1} - n_2^I \cdot \eta_{cop1} + \delta_{1н} \cdot (n_1 - n_2^I), \quad (7)$$

$$\Delta r_2 = -n_2^{II} \cdot y_{кн1} + n_2^{II} \cdot \eta_{cop2} + \delta_{2н} \cdot (n_1 - n_2^{II}), \quad (8)$$

$$\Delta r_3 = n_2^{III} \cdot y_{кн2} - n_2^{III} \cdot \eta_{cop3} + \delta_{3н} \cdot (n_1 - n_2^{III}), \quad (9)$$

$$\Delta r_4 = -n_2^{IV} \cdot y_{кн2} + n_2^{IV} \cdot \eta_{cop4} + \delta_{4н} \cdot (n_1 - n_2^{IV}). \quad (10)$$

<sup>1</sup> Кузишин А. Я., Батіг А. В. Побудова механічної моделі вагона дизель-поїзда ДПКР-2 та її особливості. *Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. Дніпропетровськ, 2017. Вип. № 6 (72). С. 20–30. doi.10.15802/stp2017/117936.

<sup>2</sup> Там само.

<sup>3</sup> Динамика пассажирского вагона и пути модернизации тележки КВЗ-ЦНИИ / В. В. Хусидов, А. А. Хохлов, Г. И. Петров, В. Д. Хусидов. Москва : МИИТ, 2001. 160 с.

Для коліс другого візка:

$$\Delta r_5 = n_2^V \cdot y_{кп3} - n_2^V \cdot \eta_{кор5} + \delta_{5н} \cdot (n_1 - n_2^V), \quad (11)$$

$$\Delta r_6 = -n_2^{VI} \cdot y_{кп3} + n_2^{VI} \cdot \eta_{кор6} + \delta_{6н} \cdot (n_1 - n_2^{VI}), \quad (12)$$

$$\Delta r_7 = n_2^{VII} \cdot y_{кп4} - n_2^{VII} \cdot \eta_{кор7} + \delta_{7н} \cdot (n_1 - n_2^{VII}), \quad (13)$$

$$\Delta r_8 = -n_2^{VIII} \cdot y_{кп4} + n_2^{VIII} \cdot \eta_{кор8} + \delta_{8н} \cdot (n_1 - n_2^{VIII}), \quad (14)$$

де  $n_2^{I-VIII}$  – числове значення конусності в точках контакту колеса й рейки під першим – восьмим колесом вагона дизель-поїзда;  $\delta_{1-8н}$  – номінальні значення зазорів між гребенями коліс і внутрішніми гранями головок рейок;  $\eta_{кор 1-8}$  – числове значення горизонтальних нерівностей під першим – восьмим колесом вагона дизель-поїзда.

У формулах (7–14) для подальших розрахунків потрібно визначити  $n_2^{I-VIII}$ . Ці параметри є значеннями конусності коліс на ободі або на гребені залежно від положення колісної пари в рейковій колії. Положення колісної пари в процесі моделювання контролюється за числовим значенням зазорів між гребенем і внутрішньою гранню головки рейки  $\delta_{ep}$  (рис. 2).

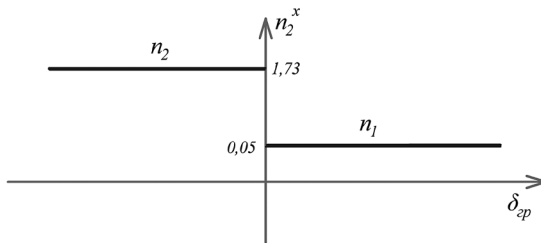


Рис. 2. Числове значення конусності коліс залежно від зазорів між гребенем колеса та внутрішньою гранню головки рейки

Для коліс першого візка:

$$\delta_{ep1} = \delta_{1н} - y_{кп1} + \eta_{кор1}, \quad (15)$$

$$\delta_{ep2} = \delta_{2н} + y_{кп1} - \eta_{кор2}, \quad (16)$$

$$\delta_{ep3} = \delta_{3н} - y_{кп2} + \eta_{кор3}, \quad (17)$$

$$\delta_{ep4} = \delta_{4н} + y_{кп2} - \eta_{кор4}. \quad (18)$$

Аналогічно можна отримати формули для коліс другого візка.

Також при розрахунках використовуються такі положення:

— якщо  $\delta_{ep} \geq 0$ , то дотику гребеня з головою рейки не спостерігається й  $n_2^{I-VIII} = n_1$  – кочення відбувається на ободі колеса;

— якщо  $\delta_{zp} < 0$ , то відбувається наїзд гребеня колеса на головку рейки (кочення відбувається на гребені) і  $n_2^{t-VIII} = n_2$ .

Де  $n_1, n_2$  – конусність обода та гребеня колеса відповідно.

У якості збурювання як у вертикальній, так і в горизонтальній площині прийняті геометричні еквівалентні нерівності лівої і правої рейки:

$$\eta_{вер} = H_{вер} \sin v_1 t, \quad (19)$$

$$\eta_{гор} = H_{гор} \sin v_2 t, \quad (20)$$

де

$$v_1 = \frac{2\pi}{L_{вер}} v, \quad (21)$$

$$v_2 = \frac{2\pi}{L_{гор}} v, \quad (22)$$

де  $H_{вер}, H_{гор}$  – амплітуда вертикальної та горизонтальної нерівностей;  $L_{вер}, L_{гор}$  – довжина вертикальної та горизонтальної нерівностей;  $v$  – швидкість руху.

Отже, розглядаючи рух на прямій ділянці колії з використанням комп'ютерного моделювання проаналізуємо додатковий критерій безпеки руху, за яким можна визначити стійкість колеса від вкочування на головку рейки.

Результати надані на рис. 3.

Аналогічні результати можна отримувати при проведенні розрахунків для будь-якого колеса візка вагона, при цьому змінюючи як параметри рухомого складу, так і параметри рейкової колії. Слід зазначити, що використання додаткового критерію дозволяє відслідковувати момент часу, коли необхідно перевіряти можливість вкочування колеса на головку рейки. Однак отримання від'ємного зазору між гребенем і головкою рейки ще не свідчить про початок вкочування колеса на головку рейки.

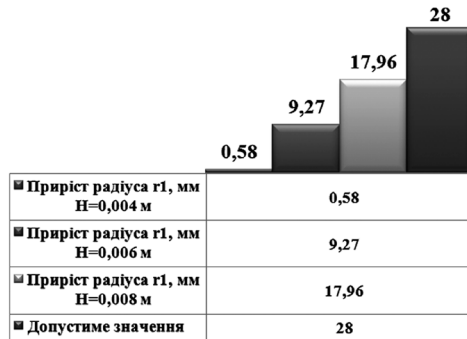


Рис. 3. Приріст радіуса першого колеса першої колісної пари при швидкості руху 30 м/с

**Висновки.** Отже, стосовно взаємодії колії та рухомого складу спостерігається значна кількість праць, в основі яких лежать методи для вирішення задач сходу колеса з рейки. Слід зазначити, що методи, які покладені в основу розрахунків, різняться між собою.

Проведено дослідження додаткового критерію оцінки безпеки руху, відповідно до якого схід колеса з рейки аналізувалося за фактичним підйомом гребеня колеса на головку рейки.

На основі проведених досліджень було зазначено, що використання додаткового критерію, згідно з яким стійкість колеса від сходу аналізується за фактичним підйомом гребеня колеса на головку рейки, дозволяє відслідковувати момент часу, коли необхідно перевіряти можливість вкочування колеса на головку рейки. Однак отримання від'ємного зазору між гребенем та головкою рейки ще не свідчить про початок вкочування колеса на головку рейки. Ця особливість дозволить дослідити розвиток механізму залізнично-транспортної пригоди, точніше визначити її безпосередню технічну причину, послідовність проміжних технічних причин, що призвели до неї.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОТ СХОДА КОЛЕСА С РЕЛЬСОВ В СУДЕБНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ**

**Кузишын А. Я., Батиг А. В.**

*Наработан ряд методов для определения возможности схода колеса колесной пары с рельсового пути, которые в той или иной степени учитывают особенности их взаимодействия. Однако методы, положенные в основу расчетов, различаются между собой. Проблема осложняется отсутствием достаточного количества экспериментальных данных, которые бы позволили проверить адекватность моделей, положенных в расчеты. Авторами проведено исследование влияния дополнительного критерия оценки безопасности движения, согласно которому сход колеса подвижного состава с рельса анализировался по фактическому подъему гребня колеса на головку рельса. Отмечено, что прирост радиусов колес, который учитывается при вычислении указанного критерия, зависит от поперечного перемещения колесной пары, горизонтальной неровности, числового значения конусности профиля колеса в точке контакта с рельсом и номинальных зазоров между гребнем колеса и внутренней гранью головки рельса. На основе проведенных исследований сделан вывод, что использование дополнительного критерия, в соответствии с которым устойчивость колеса подвижного состава от схода анализируется по фактическому подъему гребня колеса на головку рельса, позволяет отслеживать момент времени, когда необходимо проверять возможность вкатывания колеса на головку рельса. Однако получение отрицательного зазора между гребнем колеса и головкой рельса еще не свидетельствует о начале вкатывания колеса на головку рельса. Указанная особенность позволит исследовать развитие механизма железнодорожно-транспортного происшествия, точнее определить его непосредственную техническую причину, последовательность промежуточных технических причин, приведших к ней.*

*Ключевые слова:* сход колеса с рельса, безопасность движения, механизм железнодорожно-транспортного происшествия.

**USE OF ADDITIONAL ASSESSMENT CRITERION  
FOR TRAFFIC SAFETY AGAINST RAILWAY WHEEL DERAILMENT  
FOR FORENSIC RAILWAY TRANSPORT EXAMINATION**

**Kuzishyn A. Ya., Batig A. V.**

*A number of methods have been developed to determine the possibility of a wheelset derailment from track, which to some extent take into account specifics of their interaction. However, methods used in the calculation are different between themselves. The problem is complicated by the lack of sufficient experimental data which would allow to verify the adequacy of models used for calculations. Authors conducted research of an influence of an additional assessment criterion for traffic safety. According to this criterion the railway wheel derailment of a rolling stock was analyzed by actually raising the wheel flange to the railhead. It is noted that increase of the radius of wheels taken into account while calculating indicated criterion depends on transverse displacement of the wheelset, horizontal unevenness, numerical value of the wheel taper profile at the contact point with a rail, and the nominal gaps between the wheel flange and the inner edge of the railhead. On the basis of performed researches, it was concluded that use of an additional criterion, according to which the stability of the wheel from the derailment of a rolling stock is analyzed by actually raising the wheel flange on a railhead, allows to track the time when it is necessary to check the possibility of rolling the wheel on railhead. However, obtaining a negative clearance between the wheel flange and the railhead does not indicate that the wheel is rolling on the railhead. The indicated feature will allow to explore the development of a railway accident mechanism, to define more precisely its proximate technical cause and the sequence of intermediate technical reasons which have led to it.*

*Keywords: derailment of wheel, traffic safety, mechanism of railway and transport accident.*

DOI: <https://doi.org/10.32353/khrife.2018.52>

УДК 343.98:624

**Т. А. Таранець**, старший судовий експерт  
Сумського відділення Харківського НДІСЕ  
E-mail: svhndise@meta.ua

**ЕКСПЕРТНИЙ ПІДХІД ДО РОЗПОДІЛУ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК  
ВІДПОВІДНО ДО ПАЇВ СПІВВЛАСНИКІВ**

*(науково-методична стаття)*

*Розглянуто питання визначення можливості поділу земельних ділянок (паїв). Наведено нормативно-правові акти, які регулюють питання організації та поділу земельних ділянок (паїв). Розкрито відмінність земельних ділянок – паїв від інших земельних ділянок. Наведено алгоритм проведення дослідження із зазначеного питання.*

*Ключові слова: земельна ділянка (пай), агровиробничі групи ґрунтів, бали бонітету, межі земельної ділянки.*