

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-268-4-59-61>

УДК 629.4

## КОНТАКТ ГРЕБЕНЯ КОЛЕСА З БІЧНОЮ ПОВЕРХНЕЮ РЕЙКИ І ОПІР РУХУ ПРИ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЯГОВОГО МОМЕНТУ КОЛЕСОМ ЛОКОМОТИВА

Кириченко І.О., Кашура О.Л.

### CONTACT OF A WHEEL COMB WITH A LATERAL SURFACE OF A RAIL AND RESISTANCE OF MOVEMENT AT REALIZATION OF A TRACTION MOMENT BY A LOCOMOTIVE WHEEL

Kyrychenko I.O., Kashyra O.L.

Стаття присвячена актуальному питанню ефективності роботи рейкового транспорту, а саме - технічного удосконалення засобів тяги – локомотивів, моторних вагонів. При дослідженні зчпних властивостей локомотивів на рейковому шляху виключається практично повністю небезпека, що виникає від неадекватності умов експерименту та рядової експлуатації. Але недоліками таких експериментів є значні витрати коштів, часу і головне, складність виділення для дослідження впливу якогось одного фактору. В теорії тертя кочення основною характеристикою є залежність між силою тертя зчеплення і величиною швидкості відносного ковзання контактуючих поверхонь.

**Ключові слова:** рейковий транспорт, знос, гребень, взаємодія, сила тяги, величина ковзання.

**Вступ.** Від якості і безпеки роботи залізничного транспорту залежить рівень економічного стану суспільства. Проблема взаємодії рухомого складу та залізничної колії відноситься до числа найважливіших у транспортній галузі. Незважаючи на певний прогрес в вивченні фізичних процесів при контакті колеса з рейкою, ця проблема до кінця не досліджена [2].

Багаторічна експлуатація рухомого складу показує, що ресурс бандажів колісних пар визначається прокатом і, в більшій мірі, зносом гребнів. Про це свідчать численні публікації, присвячені наднормативному зношуванню гребнів колісних пар і бічній поверхні головки рейки. Зокрема, проблемні аспекти розглянуті у роботах Голубенка О.Л., Бартенева Л.І. та ін [1-10].

**Метою роботи** є вивчення особливостей процесу взаємодії гребеня колеса з бічною поверхнею рейки, що є важливим моментом з точки зору виникнення бічних динамічних сил, так і процесів зносу і опору руху.

#### Виклад основного матеріалу дослідження.

Процес взаємодії гребеня колеса з бічною поверхнею рейки є важливим моментом як з точки зору виникнення бічних динамічних сил, так і процесів зносу і опору руху. Як при русі в прямих ділянках колії, так і в кривих гребень колеса тривалий час взаємодіє з бічною поверхнею рейки. Виникаючі при цій взаємодії поздовжні сили в контакті гребеня з бічною поверхнею рейки вважаються опором руху. Розглянемо рух локомотива, зокрема, при реалізації ним сили тяги.

Припустимо, що колесо робить «чисте» кочення (рис.1), тобто не відбувається реалізація тягового моменту.

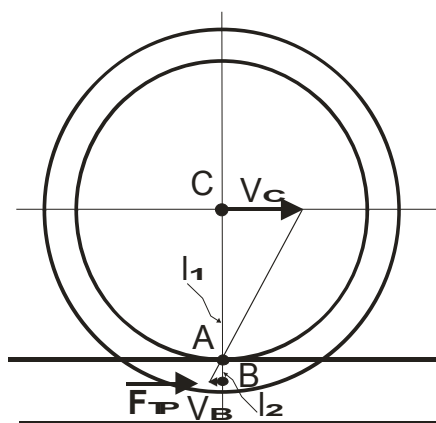


Рис. 1. Схема «чистого» кочення колеса по рейці (центр повороту в т. А)

Точка А є точкою контакту поверхні катання бандажа з доріжкою кочення на рейці, точка С - центр колеса, точка В - точка контакту гребеня колеса з бічною поверхнею рейки.

У цьому випадку точка А є миттєвим центром повороту і швидкість в точці А -  $V_A = 0$  м/с.

Відстань  $l_1$  дорівнює радіусу катання локомотивного колеса. Нехай  $l_1 = 1,05$  м, відстань  $l_2$  одно 0,01 м [1], колесо рухається зі швидкістю  $V_C = 10$  м/с. Тоді миттєва швидкість в точці В дорівнюватиме  $V_B = -V_C l_2 / l_1 = -0,1$  м/с. Величина відносного ковзання в точці В.

$$\varepsilon = \frac{V_B}{V_C} = -0,01$$

або -1%. Однак, це говорить про те, що в точці В повинна існувати сила тертя  $F_{TP}$ , що діє з боку рейки на гребінь колеса і спрямована в бік руху колеса, тобто протилежно напрямку швидкості ковзання.

Розглянемо випадок реалізації колесом сили тяги. У точці А виникає прослизання (рис. 2).

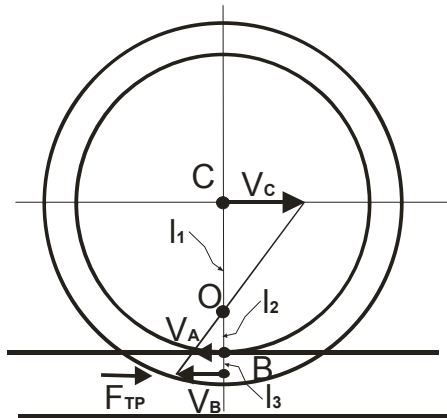


Рис. 2. Схема кочення колеса по рейці при реалізації ним сили тяги

У цьому випадку точка О є миттєвим центром повороту і швидкість в точці О -  $V_O = 0$  м/с.

В даному випадку виникає ще більший рівень ковзання гребеня колеса щодо бічної поверхні рейки. Аналогічно попередньому випадку з точки В повинна існувати сила тертя  $F_{TP}$ , що діє з боку рейки на гребінь колеса і спрямована в бік руху колеса, тобто протилежно напрямку швидкості ковзання. Сила, спрямована в бік руху, не може бути опором руху.

Припустимо, що величина ковзання при цьому становить 2% [2], відстань  $l_3$  одно 0,01 м. Тоді швидкість в точці А -  $V_A = 0,2$  м/с, а швидкість в точці В складе

$$V_B = V_A \frac{R / (1 + V_A / V_C) + l_3}{R / (1 + V_A / V_C)} = 2,02 \text{ м/с.}$$

При розгляді подібних схем контактування колеса локомотива з рейкою в разі реалізації сили тяги контакт гребеня з бічною поверхнею рейки перестає бути опором руху і навіть навпаки, сприяє реалізації сили тяги.

Для того, щоб контакт гребеня колеса з бічною поверхнею рейки був опором руху, необхідно, щоб в

точках контакту виникало ковзання і відповідна йому сила тертя. Сила тертя повинна бути спрямована в бік, протилежний напрямку руху.

Розглянемо «схему» 1 (чистого кочення) в іншій постановці.

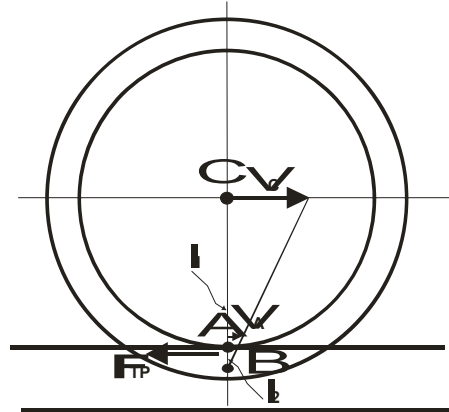


Рис. 3. Схема «чистого» кочення колеса по рейці (центр повороту в т. В)

Нехай не точка А, а точка В є миттєвим центром повороту і швидкість в точці В -  $V = 0$  м/с. Тоді миттєва швидкість в точці А (вона ж швидкість ковзання) буде дорівнює  $V_A = V_C l_2 / l_1 = 0,1$  м/с і спрямована в бік руху, а значить відповідна сила тертя спрямована проти руху і є опором руху. Крім того, виходить, що джерело сили опору знаходиться не в точці контакту гребеня колеса з бічною поверхнею рейки, а в точці контакту поверхні катання бандажа з поверхнею кочення рейки.

Розташування миттєвого центру повороту колеса залежить від співвідношення контактних сил на поверхні катання і гребені колеса. Для кочення «без ковзання» (назвемо його без реалізації тягового моменту) можливий розгляд розрахункових схем, подібних і рис.1 і рис.3 (і проміжних).

Для випадку реалізації сили тяги не представляється можливим зміщення миттєвого центру повороту таким чином, щоб ковзання стало опором руху, так як тоді виникають питання з можливістю реалізації сили тяги.

**Висновки.** У підсумку можна стверджувати, що таким чином, при моделюванні руху колеса локомотива щодо рейки необхідно більш детально розглядати контакт гребеня колеса з бічною поверхнею рейки. При реалізації тягового моменту на гребені колеса може з'явитися сила тертя, що сприяє реалізації тягового моменту і не є опором руху.

#### Література

1. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаємодія шляху і рухомого складу. / Под ред. М.Ф. Вериго. - М.: Транспорт, 1986. - 559 с.
2. Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом. - К.: ВИПОЛ, 1993. - 448 с.

3. Кириченко І.О., Кашура О.Л. Забезпечення ефективності та безпеки перевезень зменшенням зносу в парі тертя колесо-рейка.- Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля [Наук. журнал]. - №19(207) Ч.1, 2020.- С.171-175.
4. Бартенєва Л.І., Нікітін В.С. Технологія комплексного зниження зносу гребеня колеса і рейки с допомогою пересувних рельсосмазівателі // Залізничі світу. - М.: 2004. - №1. с. 62-65
5. Богданов В.М., Захаров С.М. Сучасні проблеми системи колесо-рейка // Залізничі світу. - 2004. - № 1. - С. 57-62.
6. G.Basov, N.Gorbunov, A.Kashura, S.Popov The modeling of the heat processes in the pair wheel flange-rail // "Modern Electric Traction in Integrated XXI st century Europe", Poland, Warsaw. - 2005.
7. Fomin O., Lovska A., Gorobchenko O., Turpak S., Kyrychenko I., & Burlutski O. / Analysis of dynamic loading of improved construction of a tank container under operational load modes //EUREKA: Physics And Engineering". – 2019. - №2– p.61-70.
8. Ю.А. Розенберг. Вплив мастил на довговічність і надійність деталей машин. М., «Машинобудування», 1970, 315 стор.
9. Мастило заводського обладнання. /І.І. Міхєєв, Г.І. Попов. - М.: «Машинобудування», 1967.
10. Лужний Ю.М., Попов В.А., Студентова В.Ф. Втрати енергії і їх роль при реалізації зчеплення коліс з рейками // Тертя, знос та мастильні матеріали / Праці доп. Міжнар. наук. - техн. конфер., Ташкент, 22-26 травня 1985р. - М., 1985. - Т.1. - С.133-138.

#### References

1. Verigo MF, Kogan A.Ya. The interaction of path and motion. / Ed. M.F. Chain. - М.: Транспорт, 1986. - 559 с.
2. Golubenko AL Coupling of a wheel with a rail. - К.: ВИПОЛ, 1993. - 448 с.
3. Kirichenko IO, Kashura OL Ensuring the efficiency and safety of transportation by reducing wear in the pair of wheel-rail friction.- Bulletin of the East Ukrainian National. un-tu them. V. Dalia [Science. magazine]. - №19 (207) Ч.1, 2020.- С.171-175.
4. Barteneva L.I., Nikitin V.C. The technology of the integrated lowering of the flange of the wheel and rail with the help of the old rail lubricators // Zalznitsviy svitu. - М.: 2004. - No. 1. from. 62-65
5. Bogdanov V.M., Zakharov S.M. Nowadays problems with wheel-rake systems // Zalznitsi svitu. - 2004. - No. 1. - S. 57-62.
6. G. Basov, N. Gorbunov, A. Kashura, S. Popov The modeling of the heat processes in the pair wheel flange-rail // "Modern Electric Traction in Integrated XXI st century Europe", Poland, Warsaw - 2005.
7. Fomin O., Lovska A., Gorobchenko O., Turpak S., Kyrychenko I., & Burlutski O. / Analysis of dynamic loading of improved construction of a tank container under operational load modes //EUREKA: Physics And Engineering". – 2019. - №2– p.61-70.
8. Y.A. Rosenberg Injection mastered on dovychnist i nadiynist details of machines. М., "Mashinobuduvannya", 1970, 315 s.
9. The mast of the factory. / І.І. Mikhov, G.I. By the way. - М.: "Machine-driven", 1967.

10. Luzhny Yu.M., Popov V.A., Studentova V.F. Loss of energy and role in realizing the number of racks // Tertia, znos ta kastilni materialy / Prats additional. Mizhnar. sciences. - tech. confer., Tashkent, 22-26 grass 1985 rub. - М., 1985. - Т.1. - С.133-138.

#### **Kyrychenko I.O., Kashyra O.L. Contact of a wheel comb with a lateral surface of a rail and resistance of movement at realization of a traction moment by a locomotive wheel.**

*The article is devoted to the topical issue of the efficiency of rail transport, which is determined by the technical improvement of traction means - locomotives, motor cars. When studying the coupling properties of locomotives on the rail track, the danger of inadequacy of the conditions of experience and ordinary operation is almost completely eliminated. But the disadvantages of such experiments are the significant cost of money, time and, most importantly, the difficulty of allocating to study the influence of any one factor.*

*In the theory of rolling friction, the main characteristic is the relationship between the force of adhesion friction and the magnitude of the relative sliding speed of the contact surfaces.*

*Long-term operation of rolling stock shows that the service life of wheelsets is determined by rolling and, to a greater extent, wear of the ridges. This is evidenced by numerous publications on supra-regulatory wear of the ridges of the wheelsets and the side surface of the rail head. Long-term operation of rolling stock shows that the service life of wheelsets is determined by the hire and, to a greater extent, the wear of the ridges. This is evidenced by numerous publications on over-normative wear of the ridges of the wheelsets and the side surface of the rail head. In particular, the problematic aspects are considered in the works of Golubenko O.L., Barteneva L.I., Nikitina V.E. etc.*

*In order to reduce the intensity of wear of wheel couples and rails to acceptable values, a number of technical and organizational-technological measures have been carried out in recent years. For example, lubrication, improvement of the structure of the track and rolling stock, improvement of the geometry of the profile of the surface of rolling wheels and rails, monitoring in the wheel-rail system, etc.*

*Rail transport plays a key role in meeting the transport needs of the population and enterprises. Up to 70% of all traffic is carried out by rail. The level of socio-economic condition of society depends on the quality and safety of railway transport. The problem of interaction between rolling stock and railway is one of the most important in the transport industry. Despite some progress in the study of physical processes in contact of the wheel with the rail, this problem has not been fully explored.*

**Keywords:** rail transport, wear, ridge, interaction, traction force, sliding amount.

**Кириченко Ірина Олексіївна** – д.т.н., професор кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: i\_kir@ukr.net

**Кашура Олександр Леонідович** – к.т.н., доцент ЧНУ ім. В. Даля

Стаття подана 26.04.2021.