

УДК 625.032

**ВПЛИВ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕС ЗЧЕПЛЕННЯ МІЖ КОЛЕСОМ ТА РЕЙКОЮ**

Асп. О.В. Волков

**ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС СЦЕПЛЕНИЯ МЕЖДУ КОЛЕСОМ И РЕЛЬСОМ**

Асп. А.В. Волков

**EFFECT OF CONSTANT MAGNETIC FIELD ON THE PROCESS OF ADHESION BETWEEN WHEELS AND RAILS**

Graduate student A.V. Volkov

*У статті пояснена актуальність використання методів впливу на характеристики зчеплення між колесом та рейкою та приведено результати пошукових досліджень існуючих методів. Описано результати вдосконалення стенда для дослідження параметрів зчеплення, а також проведено експериментальні дослідження з вивчення впливу зовнішнього магнітного поля на зміну характеристик зчеплення в модельному контакті «колесо-рейка».*

**Ключові слова:** колесо, рейка, коефіцієнт зчеплення, магнітне поле, сила тертя.

*В статтє обьяснена актуальность использования методов влияния на характеристики сцепления между колесом и рельсом и приведены результаты поисковых исследований существующих методов. Описаны результаты совершенствования стенда для исследования параметров сцепления, а также проведены экспериментальные исследования по изучению влияния внешнего магнитного поля на изменение характеристик сцепления в модельном контакте «колесо-рельс».*

**Ключевые слова:** колесо, рельс, коэффициент сцепления, магнитное поле, сила трения.

*In the article actuality of the use of methods of influence is explained on descriptions of coupling between a wheel and rail and results over of searching researches of existent methods are brought. For example, to such it is possible to take a key-in through the contact of electric current and magnetic-field. According to these researches the coefficient of rolling friction grew from 0,325 to 0,512 at the key-in of electric current, and from 0,176 to 0,220 at influence the magnetic field. The results of perfection of stand are described for research of coupling parameters, namely possibility of his connecting to the personal computer and setting of electric drive. Connecting to the personal computer allowed to fix the got results on electronic carriers in future to work with*

*them in different electronic resources and programs. Setting of electric drive allowed to revolve a disk that imitates a driving-wheel, evenly and with an identical twisting moment. Due to these measures the increase of exactness of measuring and calculations was attained during realization of researches. Realization of experimental researches is also described on the study of influence of external magnetic-field on the change of coupling descriptions in a model contact "wheel-rail".*

**Keywords:** *wheel, rail, adhesion coefficient, magnetic field, friction force.*

**Вступ.** Всебічні дослідження процесу зчеплення колеса із рейкою є актуальними питаннями протягом довгого періоду часу для багатьох учених [1-3]. Такі дослідження є ключем для створення нових засобів та методів керування силою зчеплення між контактуючими поверхнями, зношуванням гребенів коліс та рейок. Оскільки процес контактної взаємодії колеса із рейкою залежить від великої кількості змінних факторів [4, 5], виникає проблема забезпечення стабільних фрикційних зв'язків у контакті, незалежно від сукупності таких факторів. Це може бути реалізовано за рахунок виділення основних факторів, що впливають на зчеплення, та підведення до зони контакту додаткової енергії такої ж самої природи, що створить умови для керування зчепленням колеса із рейкою.

**Огляд попередніх досліджень.** Як уже відомо [6], основним фізичним фактором, що забезпечує можливість поступального руху ведучого колеса будь-якого колісного транспортного засобу, є тертя між колесом і опорною поверхнею (у нашому випадку рейкою). Тертя, з точки зору фізики, складається із цілого комплексу різноманітних фізико-механічних процесів, які відбуваються у поверхневих шарах контактуючих тіл.

Розрізняють два основних види взаємодії при терті [7]: механічна та молекулярна. Механічна взаємодія характеризується взаємним проникненням контактуючих точок унаслідок деформації тіл при високих питомих тисках. Молекулярна взаємодія пов'язана із взаємним тяжінням контактуючих твердих тіл, яке викликане нерівноваженим станом їх поверхневих атомів. Кількісні

співвідношення між двома видами контактної взаємодії колеса із рейкою сьогодні не мають повного теоретичного та експериментального обґрунтування, однак для тертя кочення або кочення з проковзуванням відомо, що такі співвідношення залежать від умов і особливостей контакту. Виходячи з того, що в контакті колеса із рейкою виникають напруження, близькі до межі міцності матеріалів, можна припустити, що молекулярна складова контактної взаємодії переважає над механічною в області дії таких напружень, тобто в такій області, де поверхні зближуються до атомарної шорсткості.

Молекулярні сили тертя мають електромагнітну природу, що у свою чергу дає змогу на теперішньому етапі досліджувати та створювати нові методи впливу на контакт. Принцип дії таких методів полягає у зміні властивостей контактуючих матеріалів під дією зовнішніх електричних та магнітних полів.

Вплив на молекулярну складову силу тертя описав у своїй роботі професор Марков Д.П [8]. Згідно з його дослідженнями, процес зчеплення слід розглядати при наближенні контактуючих поверхонь до рівня атомарної шорсткості. У цьому випадку запропонована ним фононна теорія тертя передбачає, що зовнішня енергія може використовуватися для збудження коливань атомів (фононів). Зміна коливань фононів призводить до суттєвої зміни електромагнітної взаємодії між контактуючими поверхнями, що неодмінно впливає на молекулярну складову сили тертя. Впливати на коливання атомів можна використовуючи струм і зовнішні силові поля електричної або магнітної природи.

Пропускання через контакт «колесо-рейка» струму та магнітного поля описав у своїй роботі Воробйов Д.В. Згідно з проведеними ним експериментальними дослідженнями [9] було встановлено, що при пропусканні через контакт електричного струму коефіцієнт зчеплення зростає з 0,325 до 0,512, а при впливі магнітним полем коефіцієнт зчеплення зростає з 0,176 до 0,220. Дослідження виконувались на установці, яка виконана за схемою «диск-площина», яка імітувала взаємодію колеса з рейкою.

**Мета роботи** полягає у вивченні впливу постійного магнітного поля на зміну параметрів зчеплення між колесом та рейкою.

**Основна частина досліджень.**

Проводити експериментальні дослідження параметрів зчеплення можна на різноманітному обладнанні, яке дає змогу імітувати контакт «колесо-рейка» [10]:

повномасштабні коткові стенди, портативні трибометри, лабораторні установки тощо. Пошукові дослідження роботи пропонується виконати на стенді, характеристики якого наведені в роботі [10].

Стенд (рис. 1) для дослідження фрикційних характеристик контакту «колесо-рейка» дає змогу імітувати процес зчеплення в системі «диск-площина» [10]. Диск імітує ведуче колесо, а площа – поверхню кочення головки рейки. Диск має сферичну форму поверхні кочення. Це дає змогу відтворити процес кочення колеса по рейці в умовах одноточкового контакту, коли форма поверхні контакту має еліптичну форму. Подальше вдосконалення стенда, а саме встановлення електричного привода, дало змогу обертати диск рівномірно і з однаковим крутним моментом. Цим було досягнуто підвищення точності вимірювань, які виконувались на стенді.

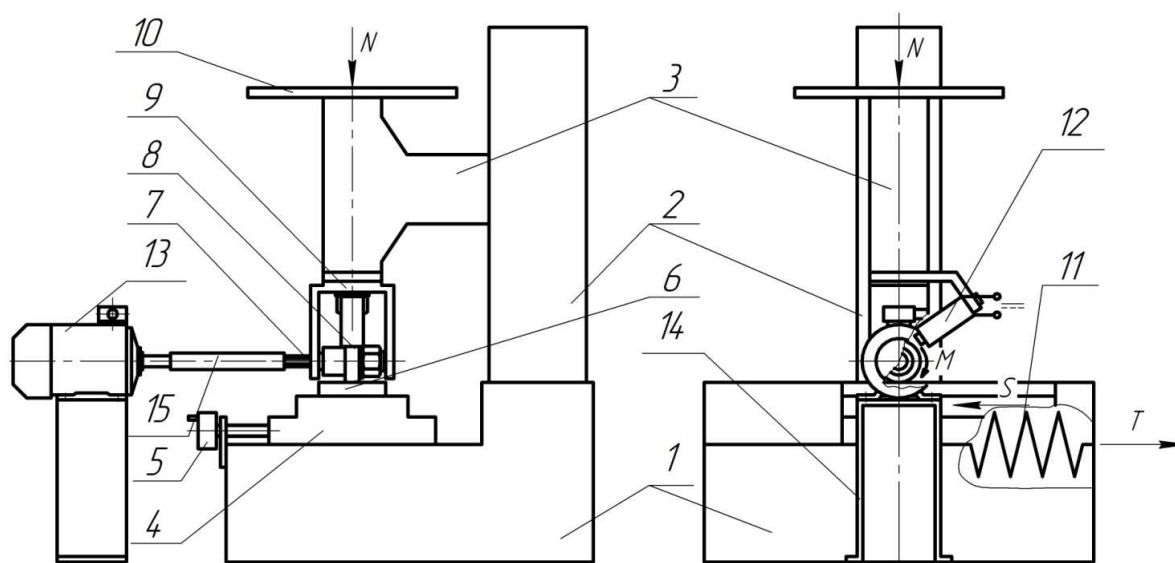


Рис. 1. Схема лабораторного стенда:

- 1 – станина; 2 – колонка; 3 – кронштейн; 4 – предметний стіл; 5 – маховик поперечної подачі; 6 – контактна площа; 7 – приводний вал; 8 – контактний ролик; 9 – стояк ролика; 10 – площа навантаження; 11 – пружини; 12 – електромагніт; 13 – електродвигун; 14 – стояк електродвигуна; 15 – з’єднувальна муфта

Для перевірки впливу залишкової намагніченості диска на параметри зчеплення на стенд було встановлено електромагніт постійного струму, який являє собою соленоїд зі сталевим осердям.

Принцип дії стенда полягає в тому, що до контактної ролика 8 за допомогою стояка 9 та площини 10 прикладається задане нормальне навантаження  $N$ . Потім вмикання електродвигуна 13 створює на приводному валу 7 крутний момент  $M$ , який змушує рухатись контактну площину 6 у напрямку  $S$ . Пружини 11 створюють опір переміщенню контактної площини 6. У певний момент нормального навантаження  $N$  не вистачає, щоб протидіяти пружинам 11 і переміщувати контактну площину 6 далі. Тоді відбувається зрив зчеплення.

Під предметним столом 4 до станини 1 прикріплено лінійний потенціометр. Бігунок потенціометра з'єднаний з предметним столом і під час випробувань переміщується разом з ним. Потенціометр через кабель з MIDI-портом під'єднується до персонального комп'ютера. Це дає змогу фіксувати різницю потенціалів з потенціометра у вигляді графіка, який описує залежність сили тертя від переміщення предметного стола. У момент зриву (переходу від кочення до ковзання) сила різко падає, при цьому фіксується її пікове значення. Коефіцієнт зчеплення в цьому випадку можна розрахувати як відношення максимальної сили натягу  $T$  до нормального навантаження  $N$ .

Щоб оцінити, як намагніченість впливає на зчеплення між роликом та площиною, було проведено три паралельних випробування: перше – без дії магнітного поля, друге та третє під дією магнітного поля при напрузі на котушці 7

та 14 В. Результати випробувань наведено на рис. 2.

З графіків, наведених на рис. 2, видно, що при створенні електромагнітного поля істотно змінюється коефіцієнт зчеплення. Залежність зміни середнього значення коефіцієнта зчеплення по кожній серії випробувань від напруги наведено на рис. 3.

На рис. 4 зображено графік, що відбиває зміну коефіцієнта зчеплення в одному випробуванні. Вмикання електродвигуна відбувається на третій з половиною секунди від початку досліду. Приблизно на п'ятій секунді значення коефіцієнта зчеплення досягає значення 0,47 і відбувається зрив зчеплення, сила тертя при цьому зменшується. На шостій секунді вмикається напруга і створюється магнітне поле, після чого сила тертя починає рости і коефіцієнт зчеплення зростає до значення 0,56 на восьмій секунді. Далі знову відбуваються зриви зчеплення. Після цього випробування завершується.

#### **Висновки:**

1. Дослідження впливу зовнішніх силових полів на молекулярну складову сил тертя є актуальним питанням, вирішення якого дасть змогу розробляти нові і вдосконалювати існуючі технології керування зчепленням між ведучими колесами та рейками.

2. Аналіз результатів проведених пошукових досліджень показав, що при впливі магнітного поля на контакт кочення моделей колеса та рейки коефіцієнт зчеплення зростає в середньому до 25%. Подальші дослідження цього явища даватимуть змогу отримати закономірності впливу магнітного поля на зчеплення колеса з рейкою.

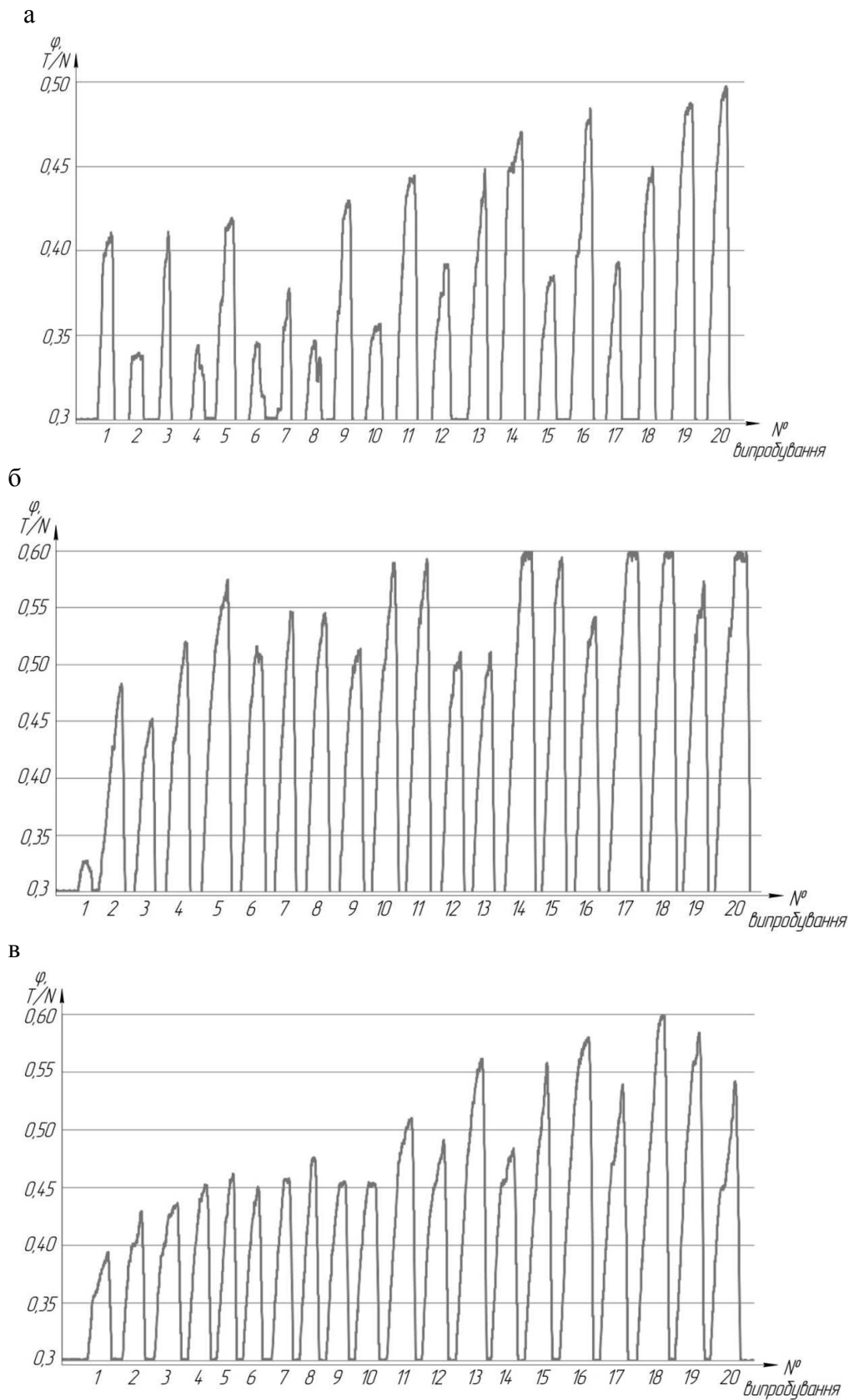


Рис. 2. Результати проведених досліджень:  
а – без впливу магнітного поля; б – з впливом магнітного поля,  $U=7\text{ V}$ ;  
в – з впливом магнітного поля,  $U=14\text{ V}$

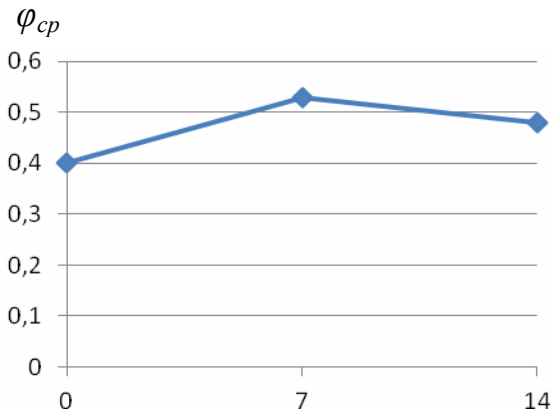


Рис. 3. Залежність середнього значення коефіцієнта зчеплення від напруги  $U, V$

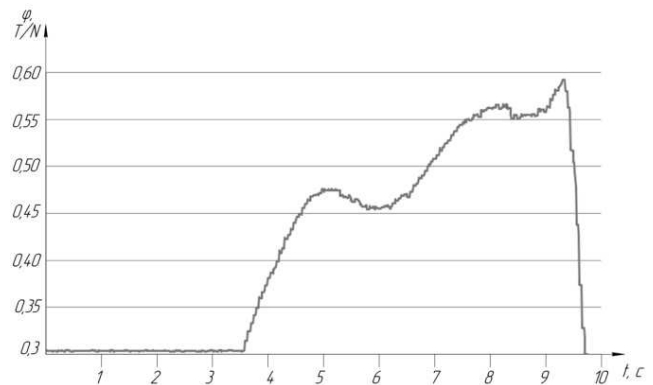


Рис. 4. Залежність коефіцієнта зчеплення від часу

### Список використаних джерел

1. Barwell F.T. The tribology of wheel on rail [Text] / F.T. Barwell // Tribology. – 1974. – Vol. 7, Iss. 4. – P. 146-150.
2. Clayton P. Tribological aspects of wheel-rail contact: a review of recent experimental research [Text] / P. Clayton // Wear. – 1996. – Vol. 191, Iss. 1, 2. – P. 170-183.
3. Kabziński, J. Adaptive, compensating control of wheel slip in railway vehicles [Text] / J. Kabziński // Bulletin of the Polish Academy of Sciences Technical Sciences. – 2015. – Vol. 63, Iss. 4. – P. 955-963.
4. Кузьмич, В.Д. Теория локомотивной тяги [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / В.Д. Кузьмич, В.С. Руднев, С.Я. Френкель; под ред. В.Д. Кузьмича. – М.: Маршрут, 2005. – 448 с.
5. Аналіз робіт з керування тертям та зчепленням в контакті «колесо-рейка» [Текст] / С.В. Воронін, С.С. Карпенко, О.В. Волков, К.О. Бакін // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків, 2013. – Вип. 141. – С. 247-252.
6. Лисовский, Л.П. Трение в природе и технике [Текст] / Л.П. Лисовский, А.Е. Саломонович; под ред. проф. С.Э. Хайкина. – М., Л.: ОГИЗ «Гостехиздат», 1948. – 52 с.
7. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ [Текст] / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
8. Марков, Д.П. Механизмы сцепления пары колесо-рельс с учетом фоновонного трения [Текст] / Д.П. Марков // Вестник ВНИИЖТ. – 2003. – №6. – С. 34-39.
9. Воробьев, Д.В. Улучшение фрикционных характеристик пары трения колесо-рельс за счет воздействия на контакт электрического тока и магнитного поля [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.07 / Д.В. Воробьев. – Брянск, 2005. – 153 с.
10. Воронин, С.В. Изменение коэффициента сцепления колеса с рельсом в процессе приработки контактирующих поверхностей [Текст] / С.В. Воронин, И.С. Грунык, А.В. Волков // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків, 2014. – Вип. 148, ч.1. – С.170-176.

Рецензент д-р техн. наук, професор М.П. Ремарчук

Волков Олександр Вікторович, аспірант кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-72.

Volkov Alexander Victorovich, graduate student of department of construction, railway and loading and unloading machines of Ukrainian State University of Railway Transport. Phone: (057) 730-10-66.

Прийнята 25.02.2016 р.