

УДК 625.032  
UDC 625.032

**АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ФРИКЦІЙНИХ  
ПАР ВІДПОВІДАЛЬНИХ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМАХ**

*Косарчук В.В.*, доктор технічних наук, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

*Кульбовський І.І.*, кандидат технічних наук, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

*Агарков О.В.*, кандидат технічних наук, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

**ANALYSIS OF WORK HEAVY DUTY FRICTION PAIRS RESPONSIBLE  
UNITS OF RAILWAY TRANSPORT IN OPERATING CONDITIONS**

*Kosarchuk V.V.*, Ph.D., Engineering (Dr.), State University of Technology and Infrastructure, Kyiv, Ukraine

*Kulbovskiy I.I.*, Ph.D., State University of Technology and Infrastructure, Kyiv, Ukraine

*Agarkov O.V.*, Ph.D., State University of Technology and Infrastructure, Kyiv, Ukraine

**АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ФРИКЦИОННЫХ  
ПАР ОТВЕТСТВЕННЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМАХ**

*Косарчук В.В.*, доктор технических наук, Государственный университет инфраструктуры и технологий

*Кульбовский И.И.*, кандидат технических наук, Государственный университет инфраструктуры и технологий

*Агарков А.В.*, кандидат технических наук, Государственный университет инфраструктуры и технологий

Колія й рухомий склад являють собою єдину механічну систему, складові частини якої працюють взаємозалежно і взаємопов'язано. Сучасний етап розвитку залізничного транспорту характеризується жорсткістю експлуатаційних параметрів (збільшенням потужностей тягового рухомого складу, збільшенням швидкостей руху, підвищенням вантажопідйомності й т.п.), що неминуче призводить до збільшення динамічних і теплових впливів на деталі машин і елементи конструкцій рухомого складу й рейкових колій. Екстремальні умови експлуатації викликають підвищене зношування робочих поверхонь пар тертя, що часто є причиною виходу їх із ладу.

Зношування характеризується видаленням матеріалу з контактуючих поверхонь у результаті зв'язаних механічних і хімічних процесів. Розрізняють наступні основні види зношування: адгезійне, абразивне, втомне і корозійне [1].

Адгезійне зношування відбувається внаслідок місцевого молекулярного схоплювання поверхонь, що не захищені оксидними й масляними плівками. Ступінь адгезійного зношування залежить від температури, виду напруженого стану в зоні контакту, матеріалу контактуючих поверхонь, швидкості їх відносного переміщення. Адгезійне зношування спостерігається в високонавантажених кулачкових механізмах, шарнірних з'єднаннях, підшипниках, золотникових пристроях і ін. Вважається, що це явище має місце й при контактній взаємодії вагонних коліс із рейками, особливо в кривих ділянках колії.

Під абразивним зношуванням зазвичай розуміють руйнування поверхні матеріалу абразивними частками мінерального або органічного походження. Залежно від умов взаємодії деталей з абразивними частками руйнування поверхні може відбуватися шляхом мікрорізання, поверхневого пластичного деформування мікрооб'ємів матеріалу або шляхом утворення

поверхневих мікротріщин з наступним викришуванням. Механізм абразивного зношування залежить від співвідношення твердості поверхні деталі й твердості абразивної частки, швидкостей відносного переміщення деталей, температури в зоні контакту, наявності змащення, форми абразивних часток і ін.

Специфікою експлуатації рейкового транспорту є наявність пилу, піску, промислових відходів, великих мінеральних часток у зонах контакту коліс із рейками, що й приводить до їхнього абразивного зношування.

Явище контактної втоми матеріалу поверхневих шарів деталі виникає в результаті багаторазового пружного або пружно-пластичного деформування матеріалу в зонах контакту й проявляється у виникненні мікро-, а потім макротріщин поблизу поверхні деталі з наступним відділенням часток матеріалу. На інтенсивність процесу накопичення втомних пошкоджень впливають частота навантаження, рівень і характер розподілу контактних напружень, рівень і характер розподілу залишкових (технологічних) напружень, температура, стан поверхневого шару деталі й ін. Наявність звичайного змащення на поверхнях контактуючих деталей, що вже мають втомні пошкодження (тріщини), може привести до інтенсифікації процесу втомного руйнування внаслідок так званого «розклинюючого» ефекту (ефекту Ребіндера).

Зазначений вид зношування характерний для деталей зубчастих передач, кулачкових механізмів, коліс рухомого складу й рейок.

Корозія при терті (фретинг-корозія) – це процес руйнування фрикційних поверхонь, що протікає при коливальному русі контактуючих поверхонь із малою амплітудою. Механізм фретинг-корозії – це процес періодичного руйнування й відновлення окисних плівок на границях зони контакту деталей (відзначимо, що на границях контактної зони напруження можуть бути розтягувальними). Ступінь зношування залежить від різниці електрохімічних потенціалів матеріалів деталей, частоти й амплітуди коливального процесу, величини контактних тисків. Звичайне змащення не усуває даний вид зношування. Такий вид зношування звичайно не спостерігається при взаємодії вагонних коліс із рейками, однак має місце у вузлах і механізмах стрілочних переводів.

Перераховані види зношування в «чистому» виді можна реалізувати лише в лабораторних умовах. У реальних умовах експлуатації фрикційних пар зношування контактуючих поверхонь відбувається, як правило, у результаті дії декількох механізмів. При цьому часто спостерігається синергетичний ефект, який полягає в тому, що одночасний вплив декількох факторів може збільшувати швидкість зношування на 1 ... 2 порядки. Незважаючи на певні досягнення в області вивчення механізмів зношування, наразі поки не вдалося побудувати несуперечливої моделі зношування, що враховує все різноманіття явищ у поверхневих шарах матеріалу, що відбуваються при терті [2].

Проте, деякі теорії дають рекомендації про те, як зменшити ступінь зношування поверхні. Наприклад, на підставі теорії зношування шляхом відшарування [3] можна зробити висновок про те, що просте збільшення твердості контактуючих поверхонь, яке як правило супроводжується зниженням деформаційних характеристик матеріалу, приведе до збільшення ступеня зношування. Для зменшення швидкості зношування автори теорії рекомендують застосовувати в парах тертя матеріали, що володіють одночасно й високою твердістю й високою пластичністю. На жаль, таких конструкційних металевих матеріалів, що виготовляються традиційними методами, не існує, оскільки підвищення міцнісних характеристик, як правило, супроводжується зниженням деформаційних характеристик.

Певним виходом у ситуації, що склалася, є застосування або композиційних матеріалів, або традиційних металевих матеріалів із захисними зносостійкими покриттями [4,5].

Перейдемо тепер до розгляду основних експлуатаційних факторів, що впливають на інтенсивність зносу рейок і коліс рухомого складу.

Статичні й динамічні сили, що виникають при взаємодії рейкової колії й рухомого складу, прийнято [6] класифікувати в такий спосіб:

- вертикальні сили тиску рухомого складу на рейки, що складаються із: статичного тиску; додаткового тиску від коливань на ресорах; додаткового тиску, що виникає при перекочуванні коліс по ізольованим або безперервним нерівностям на рейковій колії; додаткового тиску, що виникає при русі коліс, що мають ізольовані або безперервні нерівності;

- горизонтальні поперечні сили, що складаються із: сил, які пов'язані з коливаннями при русі рухомого складу в горизонтальній площині; сил, що виникають при русі складу по кривих ділянках колії, стрілочним переводам, горизонтальним нерівностям колії;
- горизонтальні поздовжні сили, що виникають внаслідок трьох основних причин: зміни температури, динамічного впливу рухомого складу на рейки на ділянках гальмування й ударних впливів на рейки при проході екіпажем стиків рейок.

Ці сили, більша частина яких є динамічними, призводять до виникнення складних просторових, загалом кажучи, випадкових коливань як рухомого складу, так і рейкового полотна. Оцінки величин зазначених сил і амплітудно-частотних характеристик коливальних процесів можна знайти в літературі [6 – 8 і ін.]. Точне їхнє визначення можливе лише експериментальним шляхом. Однак навіть експериментальні дослідження будуть давати лише оцінки величин зазначених параметрів, оскільки більшість із них носить випадковий характер.

Природно, що в такій ситуації теоретично оцінити вплив якого-небудь одного фактора або навіть групи факторів на ступінь зношування поверхонь фрикційних пар (наприклад, коліс і рейок) досить проблематично, хоча такі спроби й відомі [9].

У цьому зв'язку для оцінки впливу експлуатаційних параметрів на ступінь зношування вводять деякі узагальнені показники, а саме: пропущений тоннаж, радіус кривих рейкової колії, нормативну твердість рейок, нормативні осьові навантаження рухомого складу, ухил поздовжнього профілю колії й т.п., а ступінь зношування визначають дослідним шляхом з наступною статистичною обробкою результатів.

Численні дослідження показують, що в якості одного з основних факторів, що впливають на інтенсивність зносу рейок, можна прийняти радіус кривих. Ступінь зношування при цьому тим більше, чим менше радіус кривої. У кривих малих радіусів (менш 400 м) на бічних гранях рейок спостерігаються сліди зношування у вигляді борозенок і безсистемно розташованих каверн різного розміру й глибини, що свідчить про те, що переважними механізмами зношування в цьому випадку є абразивний, адгезійний та контактено-втомний. За даними проф. Матвєцова В.І. ступінь зносу рейок на ділянках колії, де переважають криві радіусом 350 ... 400 м, інтенсивність бічного зношування в 5 раз вище, чим на ділянках, де переважають криві радіусом 500 ... 600 м. Ефективним засобом боротьби із цим явищем, на його думку, є лубрикація (змащення) рейок. Причому для досягнення позитивного ефекту кількість проходів рейкозмащувачів по ділянках з інтенсивним зношуванням повинне бути не менш двох у добу з подачею змащення типу РП у кількості 500 ... 700 г/км.

Є й досить обґрунтовані заперечення із приводу застосування змащення для зменшення зношування рейкових колій у кривих. Так, у роботі [10] відзначається, що змащення впливає на довговічність пар тертя типу колесо-рейка. З одного боку, воно дійсно зменшує швидкість зношування фрикційних поверхонь. З іншого боку – уведення змащення змінює характер руйнування, оскільки змащення виявляє знеміцнюючу дію на поверхневі шари матеріалу. При цьому можливо зниження границі витривалості й, як наслідок, накопичення втомних пошкоджень із наступним утворенням втомних мікротріщин. При взаємодії коліс із рейками на площадках контакту виникають напруження, що значно перевищують границю текучості матеріалу, при цьому змащення, що потрапляє в мікротріщини виявляє додатковий розклинюючий вплив (т. наз. ефект Ребіндера), що сприяє інтенсифікації втомного викришування. У міру накопичення втомних пошкоджень згодом може відбутися інтенсивне руйнування поверхні з утворенням відколів, пітінгів і тому подібних дефектів. Таким чином, уведення змащення вирішує якоюсь мірою проблему підвищення зносостійкості, однак одночасно збільшує проблему контактної втоми. Ці ефекти часто спостерігаються й при контакті зубів шестерень у закритих зубчастих передачах.

Ширина колії в кривих у межах від 1520 до 1540 мм не виявляє істотного впливу на ступінь бічного зносу рейок. Бічний знос рейок на внутрішніх нитках колії не спостерігається. Більше того, на більшості робочих граней рейок внутрішніх ниток кривих радіусом 600 м і менше відсутні навіть сліди торкання гребенів коліс. На підставі цих спостережень, які протягом декількох років проводилися на Західно-Сибірській залізниці, проф. Карпушенко Н.І. робить висновок про необґрунтованість твердження про недостатність ширини колії в кривих ділянках колії.

Іншим істотним фактором, що впливає на величину зносу рейок, є комплекс їх фізико-механічних властивостей. Зокрема, проведені на Південно-Уральській дорозі дослідження

величини зносу рейок залежно від їхньої твердості показали, що після пропуску 350 млн. т. бр. вантажу ступінь зносу рейок підвищеної твердості (360 ... 380 НВ) виявилася у два рази нижче, чим рейок із твердістю 330 ... 350 НВ. Дослідження проводили на кривих ділянках колії радіусом 400 ... 450 м і оцінювали величину бічного зношування.

За даними рейко-випробувальної лабораторії служби колії Жовтневої залізниці інтенсивність бічного зносу рейок Р65 у кривих ділянках колії знижується при переході від «сирих» до загартованих рейок 2-го класу ( за ГОСТ 18267-82) в 1,7 ... 2 рази, а до загартованих рейок 1-го класу – в 2,7 ... 4 рази.

Відзначимо в цьому зв'язку, що у відповідності зі стандартом допускається зміна твердості рейок 1-го класу по довжині в межах 30 НВ [11]. Такі коливання твердості можуть мати технологічні причини. Однією з таких причин може бути виправлення рейок на роликових машинах. У цьому випадку по довжині рейки формуються періодичні поля залишкових напружень і твердість таких рейок також періодично змінюється по довжині. Це, як відзначається деякими дослідниками, може служити однією із причин виникнення «хвилястого» зносу рейок [12]. У цей час основним способом боротьби із цим шкідливим явищем є періодичне шліфування рейок, що приводить до значних втрат металу.

Важливим фактором, що впливає на інтенсивність зносу рейок, є величина осьового навантаження рухомого складу. За останній час відбулися значні зміни в парку вагонів. Сучасні вагони мають навантаження на вісь, близьку до навантажень на вісь локомотивів. За даними В.І.Редькіна, на Забайкальській залізниці, де осьові навантаження по парній і непарній коліях становлять відповідно 185 КН і 93 КН, інтенсивність бічного зношування по парній колії в 1,5 рази вище, чим по непарній. За даними Н.І.Карпушенка, інтенсивність бічного зносу рейок на першій колії ділянки Іркутськ – Слюдянка, де осьові навантаження дорівнювали 90 КН, склала 0,08 мм/млн. т. бр. На другій колії цієї ділянки, де осьові навантаження були на рівні 170 КН, інтенсивність зношування склала 0,13 мм/ млн. т. бр.

Профіль колії також значно впливає на знос рейок. У міру збільшення затяжних підйомів і спусків тягові й гальмові навантаження на локомотиви збільшуються, отже, збільшується й відносне ковзання їх коліс. За даними Л.Г.Крисанова зміна ухилів поздовжнього профілю від 5% до 10% приводить до росту інтенсивності бічного зносу рейок у кривих радіусом менше 350 м в 1,3 рази. За даними В.Б.Каратаєва при зміні ухилу від 6% до 18% бічний знос рейок збільшується в 1,4 рази.

Зазначені фактори рівною мірою впливають і на зношування бандажів колісних пар. Багато дослідників відзначають, що за останній час зношування гребенів вагонних і локомотивних коліс значно зросло. За даними В.І.Матвєцова близько 60% усіх обточувань бандажів колісних пар електровозів проводиться через граничне зношування гребенів. Аномальне збільшення зношування бандажів за останні роки відзначається й у роботі [13] – стійкість бандажів з 6 років зменшилася до 2 років. Це призводить до необхідності частого переточування профілю. У той же час відомо, що після переточування знос рейок і бандажів різко зростає.

Серед безлічі факторів, що впливають на зношування колісних пар, виділимо температурний фактор. За даними роботи [14] температура на поверхні бандажа в процесі експлуатації може досягати 250°C, а при гальмуванні 500 °С і більше. У поверхневих шарах загартованих бандажів при тривалому високотемпературному впливі відбувається розпад загартованих структур з виділенням карбідів на границях зерен, що приводить до зниження деформаційних характеристик матеріалу, ударної в'язкості й, як наслідок, до схильності матеріалу до крихкого руйнування. В умовах контактного циклічного навантаження це може приводити до втомного викришування поверхні кочення бандажів. Аналіз дефектів колісних пар вагонів, проведений В.І.Матвєцовим, показав, що основними з них є: тонкий гребін) – 41%, вищербини – 36%, повзун – 21%, різниця діаметрів коліс – 19%.

На думку ряду дослідників, підвищене зношування бандажів коліс, який повсюдно спостерігається останнім часом, пов'язане з використанням термозміцнених рейок з підвищеною твердістю головки. Однак відмінності у твердості поверхонь кочення дослідних ділянок рейок і бандажів становить усього лише 2 ... 7 % ( за даними дослідницької групи БелГУТа), що навряд чи може пояснити підвищене зношування бандажів.

Наведені дані якоюсь мірою можуть слугувати в якості орієнтовних при складанні графіка ремонтних робіт із заміни зношених ділянок рейкових ниток. У той же час слід мати на увазі, що на ступінь зносу рейок можуть впливати й інші фактори, які не враховувалися в розглянутих вище дослідженнях, (наприклад, вертикальна й горизонтальна жорсткість колії, швидкість руху рухомого складу й ін.).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Поверхностная прочность при трении / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, А.К.Караулов и др. – Киев: Техніка, 1976. – 296 с.
2. Костецкий Б.И. Управление изнашиванием машин. – Киев: Изд-во «Знание», 1984. – 20 с.
3. Eyre T.S. Wear mechanisms // Powder Metals. – 1981. – № 2. – p. 57 – 63.
4. Косарчук В.В. Сучасні методи зміцнення і підвищення зносостійкості пар тертя / Косарчук В.В., Кульбовський І.І., Агарков О.В. // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ,2015. – Випуск 31. – с. 263 – 268.
5. Косарчук В.В. Сучасні методи зміцнення і підвищення зносостійкості пар тертя / Косарчук В.В., Кульбовський І.І., Агарков О.В. // Вісник Національного транспортного університету. – К.:НТУ,2016. – Випуск 34. – с. 202 – 210.
6. Коган А.Я. Динамика пути и его взаимодействие с подвижным составом. – М.: Транспорт, 1997. – 326 с.
7. Xiaoyuan Liu. Analysis of vertical dynamic wheel/rail interaction caused by polygonal wheels on high-speed trains / Xiaoyuan Liu, Wanming Zhai // Wear. – 2014. – 314. – P. 282 – 290.
8. Javad Sadeghi. Investigation of rail irregularity effects on wheel/rail dynamic force in slab track: Comparison of two and three dimensional models / Javad Sadeghi, Amin Khajehdezfuly, Morteza Esmaeili, Davood Poorveis // Wear. – 2016. – 374. – P. 228 – 244.
9. Коган А.Я., Левинзон М.А. Теоретические исследования влияния различных эксплуатационных факторов на износ рельсов, гребней и бандажей колесных пар // М.: ВИНТИ, 1996. – Деп. № 6054. – 119 с.
10. Загорский В.К., Хусаинов М.А., Загорский Я.В. Электродуговое упрочнение бандажей колесных пар на транспорте. Эксплуатационные испытания упрочненных бандажей колесных пар на электротранспорте // Вестник ГЭТ России. – 2001. - № 6. – с. 8 – 16.
11. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України / Е.І. Даніленко, А.М. Орловський, М.Б. Курган, В.О. Яковлев та інші. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.: іл.
12. Левочко Б.С., Махота А.О., Шехватов О.О. Дослідження хвилеподібного зносу рейок із застосуванням кореляційного аналізу / Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління: Тези доп. першої наук.-практ. конф. Частина 1: Техніка, технологія. – К.: КУЕТТ, 2003. – с. 59 – 60.
13. Седов В.М., Кузнецов О.Е. Износ гребней колесных пар электровозов // Железнодорожный транспорт. – 1997. - № 7. – с. 29 – 30.
14. Киселев С.Н. Плазменное упрочнение гребней колес: за и против // Железнодорожный транспорт. – 2000. - № 1. – с. 27 – 29.

#### REFERENCES

1. Poverhnoznaya prochnost pri trenii / B.I.Kostetskiy, I.G.Nosovski, A.K.Karaulov i dr. – Kiev: TehnIka, 1976. – 296 s. (Rus)
2. Kostetskiy B.I. Upravlenie iznashivaniem mashin. – Kiev: Izd-vo «Znanie», 1984. – 20 s. (Rus)
3. Eyre T.S. Wear mechanisms // Powder Metals. – 1981. – № 2. – p. 57 – 63.
4. Kosarchuk V.V. Suchasni metody zmitsnennia i pidvyshchennia znosostiikosti par tertia / Kosarchuk V.V., Kulbovskiy I.I., Aharkov O.V. // Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. – K.:NTU,2015. – Vypusk 31. – s. 263 – 268.(Ukr)
5. Kosarchuk V.V. Suchasni metody zmitsnennia i pidvyshchennia znosostiikosti par tertia / Kosarchuk V.V., Kulbovskiy I.I., Aharkov O.V. // Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. – K.:NTU,2016. – Vypusk 34. – s. 202 – 210.(Ukr)

6. Kogan A.Ya. Dinamika puti i ego vzaimodeystvie s podvizhnyim sostavom. – M.: Transport, 1997. – 326 s. (Rus)
7. Xiaoyuan Liu. Analysis of vertical dynamic wheel/rail interaction caused by polygonal wheels on high-speed trains / Xiaoyuan Liu, Wanming Zhai // Wear. – 2014. – 314. – P. 282 – 290.
8. Javad Sadeghi. Investigation of rail irregularity effects on wheel/rail dynamic force in slab track: Comparison of two and three dimensional models / Javad Sadeghi, Amin Khajehdezfuly, Morteza Esmaeili, Davood Poorveis // Wear. – 2016. – 374. – P. 228 – 244.
9. Kogan A.Ya., Levinzon M.A. Teoreticheskie issledovaniya vliyaniya razlichnykh ekspluatatsionnykh faktorov na iznos relsov, grebney i bandazhey kolesnykh par // M.: VINITI, 1996. – Dep. № 6054. – 119 s. (Rus)
10. Zagorskiy V.K., Husainov M.A., Zagorskiy Ya.V. Elektrodugovoe uprochnenie bandazhey kolesnykh par na transporte. Ekspluatatsionnye ispytaniya uprochnennykh bandazhey kolesnykh par na elektrotransporte // Vestnik GET Rossii. – 2001. - № 6. – s. 8 – 16. (Rus)
11. Instruktsiya z ulashtuvannya ta utrymannya koliyi zaliznyts' Ukrayiny / E.I. Danilenko, A.M. Orlovs'kyu, M.B. Kurhan, V.O. Yakovlyev ta inshi. – K.: TOV «NVP Polihrafservis», 2012. – 456 s.: il. (Ukr)
12. Levochko B.S., Makhota A.O., Shekhvatov O.O. Doslidzhennya khvylepodibnoho znosu reyok iz zastosuvannya korelyatsiynoho analizu / Problemy ta perspektyvy rozvytku transportnykh system: tekhnika, tekhnolohiya, ekonomika i upravlinnya: Tezy dop. pershoi nauk.-prakt. konf. Chastyna 1: Tekhnika, tekhnolohiya. – K.: KUETT, 2003. – s. 59 – 60. (Ukr)
13. Sedov V.M., Kuznetsov O.E. Iznos grebney kolesnykh par elektrovozov // Zheleznodorozhnyi transport. – 1997. - № 7. – s. 29 – 30. (Rus)
14. Kiselev S.N. Plazmennoe uprochnenie grebney koles: za i protiv // Zheleznodorozhnyi transport. – 2000. - № 1. – s. 27 – 29. (Rus)

#### РЕФЕРАТ

Косарчук В.В. Аналіз умов роботи високонавантажених фрикційних пар відповідальних вузлів і агрегатів залізничного транспорту в експлуатаційних режимах / В.В. Косарчук, І.І. Кульбовський, О.В. Агарков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті виконано аналіз умов роботи високонавантажених фрикційних пар елементів рухомого складу та колії залізниць в експлуатаційних умовах.

Об'єкт дослідження – контактуючі поверхні пар тертя.

Мета роботи – провести аналіз умов роботи фрикційних пар високонавантажених агрегатів та вузлів в експлуатаційних умовах.

Метод дослідження – аналіз теоретичних та експериментальних даних проведених раніше досліджень.

Екстремальні умови експлуатації викликають підвищене зношування робочих поверхонь пар тертя, що часто є причиною виходу їх із ладу. Розрізняють наступні основні види зношування: адгезійне, абразивне, втомне і корозійне. У реальних умовах експлуатації фрикційних пар зношування контактуючих поверхонь відбувається, як правило, у результаті дії декількох механізмів. При цьому часто спостерігається синергетичний ефект.

Основними експлуатаційними факторами, що впливають на знос є статичні і динамічні сили, пропущений тоннаж, радіус кривих рейкової колії, нормативну твердість рейок, нормативні осьові навантаження рухомого складу, ухил поздовжнього профілю колії й т.п. В статті проведено аналіз відомих даних щодо впливу кожного із цих факторів.

Наведені дані можуть слугувати в якості орієнтовних при складанні графіка ремонтних робіт із заміни зношених ділянок рейкових ниток.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МЕТОД, КРИТЕРІЇ, ЗМІЦНЕННЯ, ЗНОС, ВТОМА, КОЛЕСО, РЕЙКА, ФРИКЦІЙНА ПАРА.

#### ABSTRACT

Kosarchuk V.V., Kulbovskiy I.I., Agarkov O.V. Analysis of work heavy duty friction pairs responsible units of railway transport in operating conditions. Visnyk National Transport University. Series

«Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37)

This article gives an analysis of the working conditions of heavy duty friction element pairs rolling stock and track railways in operating conditions.

Object of study – contact surfaces of friction pairs.

Purpose of the study – to analyze the working conditions of friction pairs of heavy duty units and units under operating conditions.

Method of the study – analysis of theoretical and experimental results of previous studies.

Extreme operating conditions cause increased wear of the working surfaces of friction pairs, which is often caused by the release of their failure. There are the following main types of wear: adhesive, abrasive, fatigue and corrosion. In actual use of the friction pairs of contacting surfaces wear occurs, usually as a result of several mechanisms. It is often observed synergistic effect.

The main operational factors affecting the wear are static and dynamic strength, missed tonnage curve radius of the track, the hardness of the rail regulatory, standard axle load of the rolling stock, the slope of the longitudinal profile of the path, etc. The article analyzes the known data on the effect of each of these factors.

These data can serve as a guideline when scheduling repairs by replacing worn sections of rails.

**KEYWORDS:** METHODS, CRITERIA, HARDENING, WEAR, FATIGUE, WHEELS, RAILS, FRICTION PAIR.

### РЕФЕРАТ

Косарчук В.В. Анализ условий работы высоконагруженных фрикционных пар ответственных узлов и агрегатов железнодорожного транспорта в эксплуатационных режимах / В.В. Косарчук, И.И. Кульбовський, А.В. Агарков // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37)

В статье выполнен анализ условий работы высоконагруженных фрикционных пар элементов подвижного состава и пути железных дорог в эксплуатационных условиях.

Объект исследования - контактирующие поверхности пар трения.

Цель работы - провести анализ условий работы фрикционных пар высоконагруженных агрегатов и узлов в эксплуатационных условиях.

Метод исследования - анализ теоретических и экспериментальных данных проведенных ранее исследований.

Экстремальные условия эксплуатации вызывают повышенный износ рабочих поверхностей пар трения, что часто является причиной выхода их из строя. Различают следующие основные виды износа: адгезионный, абразивный, усталостный и коррозионный. В реальных условиях эксплуатации фрикционных пар износ контактирующих поверхностей происходит, как правило, в результате действия нескольких механизмов. При этом часто наблюдается синергетический эффект.

Основными эксплуатационными факторами, влияющими на износ являются статические и динамические силы, пропущенный тоннаж, радиус кривых рельсового пути, нормативную твердость рельсов, нормативные осевые нагрузки подвижного состава, уклон продольного профиля пути и т.п. В статье проведен анализ известных данных о влиянии каждого из этих факторов.

Приведенные данные могут служить в качестве ориентировочных при составлении графика ремонтных работ при замене изношенных участков рельсовых нитей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** МЕТОД, КРИТЕРИИ, УПРОЧНЕНИЕ, ИЗНОС, УСТАЛОСТЬ, КОЛЕСО, РЕЛЬС, ФРИКЦИОННАЯ ПАРА.

### АВТОРИ:

Косарчук Валерій Володимирович, доктор технічних наук, професор кафедри теоретичної та прикладної механіки Державного університету інфраструктури та технологій, email: kvval@voliacable.com, тел. +380445915187, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 216

Кульбовський Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій і споруд Державного університету інфраструктури та технологій, email: kulbovskiy@bigmir.net, тел. +380679305928, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Олександр Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної механіки Державного університету інфраструктури та технологій, email: [agarcov@ukr.net](mailto:agarcov@ukr.net), тел. +380443836397, Україна, 03049, м. Київ, вул. Лукашевича 19, к. 802

**AUTHOR:**

Kosarchuk Valeriy V., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, department of theoretical and applied mechanics State University of Technology and Infrastructure, email: [kvval@voliacable.com](mailto:kvval@voliacable.com), +380445915187, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 216

Kulbovskiy Ivan I., Ph. D., associate professor, department of building structures and facilities State University of Technology and Infrastructure, email: [kulbovskiy@bigmir.net](mailto:kulbovskiy@bigmir.net), tel. +380679305928, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 208P

Agarkov Oleksandr V., Ph. D., associate professor, department of theoretical and applied mechanics State Economy and Technology University of Transport, email: [agarcov@ukr.net](mailto:agarcov@ukr.net), tel. +380443836397, Ukraine, 03049, Kyiv, Lukashevicha str. 19, of. 802

**АВТОРЫ:**

Косарчук Валерий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной механики Государственного университета инфраструктуры и технологий, email: [kvval@voliacable.com](mailto:kvval@voliacable.com), тел. +380445915187, Украина, 03049, г. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 216

Кульбовский Иван Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и сооружений Государственного университета инфраструктуры и технологий, email: [kulbovskiy@bigmir.net](mailto:kulbovskiy@bigmir.net), тел. +380679305928, Украина, 03049, г. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 208П

Агарков Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Государственного университета инфраструктуры и технологий, email: [agarcov@ukr.net](mailto:agarcov@ukr.net), тел. +380443836397, Украина, 03049, г. Киев, ул. Лукашевича 19, к. 802

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Стасюк О.І., доктор технічних наук, професор, Державний економіко-технологічний університет транспорту, професор кафедри автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології транспорту, Київ, Україна.

Савенко В.Я., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівництва та експлуатації доріг Національного транспортного університету, Київ, Україна

**REVIEWER:**

Stasiuk O.I., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, State Economy and Technology University of Transport, professor, department of automation and computer-integrated technologies of transport, Kyiv, Ukraine

Savenko V.Y., Ph. D., professor, National University, professor, head of department of road construction and maintenance, Kyiv, Ukraine.