

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису
УДК 621.891:629.4.027.4.434

МАРЧЕНКО Дмитро Миколайович

**ЗНИЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ
КОЛІС ЛОКОМОТИВІВ І РЕЙОК
ШЛЯХОМ ПОЛІПШЕННЯ УМОВ
ЇХ КОНТАКТУВАННЯ**

05.22.07 - Рухомий склад залізниць і туди подіє

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Луганськ 1995

29.4
29.404

АВ 33.105

Робота виконана на кафедрі локомотивобудування Східноукраїнського державного університету

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00761294 (Т)

Наукові керівники

М. І. Осенін

Офіційні опоненти

доктор технічних наук, професор
К. М. Коротенко

кандидат технічних наук,
В. М. Бакуров

Провідне підприємство

Виробниче об'єднання
"Луганськтепловоз"

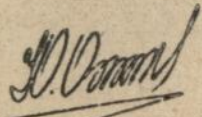
Захист відбудеться "24" 10 1995 р. о 14⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 18.02.01 при Східноукраїнському державному університеті за адресою: 348034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а, СУДУ

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці університету.

Автореферат розіслано "22" 09 1995 р.

Відгуки на автореферат у двох екземплярах, завірені печаткою, просимо надсилати до спеціалізованої ради Д 18.02.01 при Східноукраїнському державному університеті за адресою: 348034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а, СУДУ

Вчений секретар спеціалізованої ради
доктор технічних наук, с. н. с.



М. І. Осенін

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження.

Одним з головних чинників економічного розвитку держави є стала робота її транспортної системи, склад і міць якої мають бути достатніми по відношенню щодо поточних й перспективних потреб населення і економіки.

Особливістю України з її чітко виявленим аграрно-індустріальним профілем і відповідною інфраструктурою транспортних мереж визначає, як основний тип транспортної техніки - залізничний, що формує жорсткі вимоги до високої надійності тягових засобів та захисту їх вузлів від завчасного спрацювання.

Збільшення швидкості руху та вагових норм поїздів, забезпечення безпеки й безперервності їх пересування вимагають розробки запобіжних заходів щодо зниження рівня інтенсивності спрацювання, наперед, елементів екіпажної частини локомотиву, що становлять принципову основу рейкового транспорту - елементів триботехнічної системи (ТС) "гребінь колеса-рейка".

Актуальність постановки і вирішення завдання підвищення якості функціонування й надійності ТС, як частини загальної проблеми забезпечення надійності локомотива, обумовлена тим, що структура експлуатаційних відмовлень викриває останнього часу, як визначну причину втрати працездатності - інтенсивне спрацювання гребнів коліс локомотивів та бокове спрацювання рейок.

Втрати від знашування взаємодіючих тіл досягають значних розмірів. Все більш гострою стає проблема відтворення рейкової та бандажної сталей внаслідок втрачення працездатності та вилучення їх з експлуатації.

З огляду на умови, що склалися, проблема збільшення ресурсу елементів ТС "гребінь колеса-рейка" стає однією з найбільш актуальних.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є розробка, дослідження і практична реалізація технічних засобів, знижуючих в експлуатаційних умовах інтенсивність спрацювання робочих поверхонь гребенів коліс локомотивів та рейок.

Досягнення поставленої мети передумовляє розв'язання наступних теоретичних і експериментальних завдань.

1. Дослідження особливостей формування напружено-деформованого стану зони контакту ТС "гребінь колеса-рейка" й умов реалізації зовнішнього тертя з урахуванням зміни властивостей структури трибосистеми, обумовлених впливом вхідних силових факторів.

2. Розробка математичної моделі ТС, встановлюючої зв'язок між властивостями її елементів, режимами їх взаємодії й вихідними характеристиками системи.

3. Розрахунково-теоретичні дослідження тривкості елементів ТС, визначення основних компонентів її структури та впливаючих факторів, маючих головне значення для розв'язання проблеми.

4. Дослідження впливу параметрів твердомастильного шару, створеного на межі розділу "гребінь колеса-рейка", на функціональні характеристики системи і встановлення меж стійкої роботи ТС за критеріями коефіцієнта тертя й інтенсивності спрацювання.

5. Розробка засобу мащення елементів ТС і створення необхідних технічних засобів і алгоритмів їх керування, що реалізують цей засіб.

6. Аналіз причин виходу з ладу твердомастильного елемента (ТМЕ) в умовах експлуатації. Розробка конструкції і технології виготовлення ТМЕ, забезпечуючого поліпшення його фізико-механічних якостей та мастильної здібності.

7. Лабораторні, стендові та дослідно-промислові випробування основних вузлів системи гребнемащення локомотива (пристрій подання

твердого мастила, блок керування, мастильний елемент).

Методика дослідження.

Теоретичні дослідження базувались на молекулярно-механічній теорії зовнішнього тертя та теорії фрикційної втоми.

Оцінювання вихідних параметрів триботехнічної системи проведено із застосуванням методів математичного планування експерименту в сполученні з модельними лабораторними та стендовими випробуваннями.

Обробка одержаних результатів виконувалася на підставі методів теорії ймовірності та математичної статистики.

Наукова новизна роботи.

1. Встановлено діапазони зовнішніх силових факторів, відповідно зміні домінуючих механізмів спрацювання, обумовлюючих вичерпання несущої здібності зони контакту ТС.

2. Показано, що змінення індивідуальних мікрогеометричних якостей елементів трибосистеми під впливом зовнішніх силових факторів передумовлює необхідність корегування інтегрального кількісного показника межі зовнішнього тертя і врахування цієї обставини при оцінюванні інтервалів зовнішніх умов, визначаючих змінення властивостей фрикційного контакту і типу спрацювання.

3. Розроблена математична модель процесу спрацювання елементів ТС "гребінь колеса-рейка", і запропонована методика розрахункової оцінки інтенсивності спрацювання її елементів.

4. Запропоновані статистичні поліноміальні моделі закономірностей формування і руйнації шарів твердомастильного матеріалу, які визначають зони ефективного мащення взаємодіючих поверхнів, обмежені критичними величинами вантажно-швидкісних параметрів мастильних шарів.

5. Запропоновано засіб мащення, який реалізує встановлений зв'язок між параметрами задовільного функціонування трибосистеми й

оптимальними режимами подання мастильної речовини, забезпечуючий автоматичне підтримування цього взаємозв'язку в експлуатації.

6. Створено пристрій для мащення гребеня колеса залізничного екіпажу, забезпечуючий дискретне подання до взаємодіючих поверхонь необхідної кількості мастила й автоматичне керування цим процесом.

7. Створено конструкцію мастильного елемента, яка має по відношенню до існуючого базового варіанту поліпшені фізико-механічні якості і мастильні властивості, досягнуті завдяки нанесенню армуючого каркасу, а також секційного його оформлення з проміжними пружними елементами, що забезпечує сполучення необхідних деформативних якостей та міцці.

Практична цінність.

Проведені дослідження є частиною Державної Науково-Технічної Програми "Створення тепловоза нового покоління для поставок на експорт".

Встановлені залежності змінювання типу фрикційного руйнування взаємодіючих тіл створюють передумову для істотного збільшення адекватності оцінювання критичних параметрів визначних процесів спрацювання реальному стану поверхневих проварків елементів трибосистеми.

Розроблений новий засіб мащення гребеня колеса залізничного екіпажу і створений пристрій, який реалізує цей засіб, дозволили здійснити мастильну систему, що забезпечує автоматичне керування процесом мащення при економічному (більш, ніж у 10 разів по відношенню до базового варіанту) витраченні мастильного матеріалу.

Апробація.

Основні результати виконаної роботи доповідались на Міжнародних науково-технічних конференціях: "Проблеми розвитку локомотивостроєння" (Крым, 1993), "Состояние и перспективы развития локомотивостроєння" (г. Новочеркасск, 1994), "Проблеми підвищення износо-

тойкості газонефтепромислового обладнання" (г. Москва, 1994), "Проблеми транспорту і шляхи їх вирішення" (г. Київ, 1994), наукових семінарах і засіданнях кафедри локомотивобудування СУДУ.

Реалізація та впровадження результатів дослідження.

Отримані результати дослідження покладені в основу створеного пристрою для мащення гребеня колеса залізничного екіпажу, захищеного авторським свідоцтвом. Пристрій обладнано маневровий тепловоз ТГМ6, здійснюючий внутрішні перевезення на коліях ВО "Луганськпогрузтрасуголь", і тепловоз 2ТЭ116 приписного парку депо Кондрашевська-Нова Донецької залізниці.

Експлуатація мастильної системи показала її ефективність щодо підвищення терміну елементів ТС "гребінь колеса-рейка", а також економії мастильного матеріалу.

На підставі результатів дослідження розроблено рекомендації щодо оцінювання тривкості гребенів коліс локомотивів і прогнозування їх ресурсу в умовах експлуатації.

Публікації.

За результатами виконаних досліджень опубліковано 13 робіт, перелік яких наведено наприкінці автореферату.

Структура та обсяг роботи.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку літератури і додатків. Основна частина роботи викладена на 150 сторінках машинописного тексту, містить 8 таблиці і 48 малюнка в тексті дисертації. Бібліографія включає 186 джерел.

Особистий внесок дисертанта у розробку наукових результатів:

- розроблена математична модель процесу спрацювання елементів ТС "гребінь колеса-рейка";
- оцінені критичні характеристики зовнішнього тертя ТС та встановлені визначні види спрацювання її елементів;
- отримані статистичні поліноміальні моделі закономірностей

формування і руйнації шарів твердомастильного матеріалу:

- розроблено засіб мащення гребеня колеса залізничного екіпажу і створено пристрій, що його реалізує;

- розроблено рецептурний склад, конструкцію та технологію виготовлення твердомастильного елемету.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

1. Сучасний стан проблеми дослідження.

Функціонування пари системи "гребінь колеса-рейка" супроводжується складною сукупністю взаємозв'язаних і узгоджених фізико-механічних, хімічних, структурно-реологічних процесів і не піддається адекватному опису в межах однієї наукової дисципліни, що визначило поєднання зусиль учених - представників різноманітних галузей знань.

Суттєве просування у вирішенні цієї проблеми стало можливим, дякуючи роботам С.М. Андрієвського, Ф.Т. Барвела, С.П. Блохіна, Н.О. Буше, О.Л. Голубенка, В.Д. Дановича, Ю.А. Євдокимова, І.П. Ісаєва, В.А. Кіслика, О.М. Коняєва, М.Л. Костенка, І.В. Крагельського, С.М. Куценка, Т.В. Ларіна, Ю.М. Лужнова, В.Н. Лісунова, М.М. Машнева, Н.М. Міхіна, В.І. Осеніна, Г.В. Самме, Д.Тейбора, Т.А. Тібілова, Д.М. Толстого, В.Ф. Ушкалова, А.В. Чічінадзе, Н.П. Шапова, М.Л. Якушева та багатьох інших учених.

За спільністю науково-методичних ознак виділяються три основних напрямки вирішення проблеми: поглиблення властивостей контактуючих елементів ТС при варіюванні матеріалознавчими і технологічними факторами; зниження коефіцієнта тертя шляхом поліпшення умов контактування елементів системи за рахунок використання мастильних матеріалів, попереджувачих безпосередній контакт металевих поверхні; удосконалення конструкції, норм устрою й утримання колії та ходових частин рухомого складу з метою зниження динамічної наван-

таженості вузла тертя.

Найліпші перспективи розвитку має другий напрямок, завдяки високій його ефективності та швидкій окупності витрат, а також можливості реалізації в найкоротший термін за рахунок застосування технічних засобів лубрикації гребенів коліс та рейок, що стимулює проведення наукових досліджень по створенню різноманітних мастильних систем.

При цьому формулюються наступні основні риси, що характеризують функціонування вузла тертя, які випливають з вимог забезпечення здібності ТС реалізувати обумовлений мінімальними збитками матеріалів та енергії стан: стаціонарність процесів роботи трибосполучення і стабільність (безперервність) формування (регенерації) мастильного шару в широкому інтервалі змінення впливаючих факторів.

Таким чином, проблема зниження спрацювання гребенів коліс та рейок за рахунок поліпшення умов їх контактування передбачає, як основні складові свого розв'язання, проведення комплексу досліджень, пов'язаних з вивченням процесів і супроводжуючих їх явищ, мавчих місце в зоні контакту; з'ясуванням головних механізмів, що визначають характер функціональних перетворень трибологічних величин; розробкою та створенням на цих заставах ефективноі системи гребнемащення з метою подання оптимальних доз мастильного матеріалу та забезпечуючої необхідні параметри тертя при мінімумі витрат останнього.

Сучасний стан цього питання дозволяє стверджувати, що як в теоретичному плані, так і в плані розробки і практичної реалізації отримані на підставі сформульованого вище положення результати сприятимуть більш ефективному розв'язанню з цих позицій науково-практичних проблем тривкості елементів розглядаємої ТС через поліпшення умов контактування її елементів.

2. Розрахунково-теоретичні дослідження тривкості елементів триботехнічної системи " гребінь колеса-рейка".

Спрацювання гребенів коліс і рейок становить собою складне явище - дискретний результат безперервного накопичення пошкоджень під впливом експлуатаційних силових, в тому числі, мінливо-циклічних факторів у сполученні з фізико-механічними недосконаленнями матеріалу і, як правило, обумовлено різними механізмами спрацювання, діючими одночасно та у взаємозв'язку. Однак завжди існує домінуючий механізм, який визначається, в кінцевому підсумку, напружено-деформованим станом матеріалу в зоні контакту.

Аналіз силової фрикційної взаємодії ТС з урахуванням змін мікрогеометричних властивостей поверхнів виявив, що напружений і деформований стан зони контакту пари в усьому діапазоні зовнішніх умов при вписуванні локомотива у криві ділянки колії, визначається пластичним деформуванням матеріала мікронерівностей і об'ємною пружною деформацією хвиль хвилястості поверхнів і характеризується накладенням ланів напруги й деформації, що обумовлює 90 % правку по відношенню до існуючих розрахункових схем.

Відповідно до цього отримано залежність, яка встановлює зв'язок між величиною втрат матеріалу в напрямку, перпендикулярно-му до поверхні тертя та основними параметрами ТС, і визначає принципово необхідні для керування процесом спрацювання міри:

$$H_1 = \frac{4}{3} \delta \frac{A_n P_n}{Dz} \sqrt{\frac{0.46 R_{max}}{R}} \left(\frac{f}{\delta} \right)^\xi [NB (4.9 \sqrt{h/R_{max}} - 0.5)]^{1-1}. \quad (1)$$

де H_1 - лінійне спрацювання поверхнів за один цикл, м; δ - величина відносного ковзання; P_n - номінальний тиск, Па; D - діаметр колеса по середній лінії зони тертя, м; z - ширина зони тертя м; R - радіус закруглення мікронерівності, м; R_{max} - максимальна висота мікронерівності, м; f - коефіцієнт тертя; ξ - стала втомного матеріалу; h - величина укорінювання, м.

Модель (1) отримана, виходячи із засновку пластичної схеми напружено-деформованого стану зони контакту й бере до уваги кінетичність процесів формування та руйнування шарів поверхонь, обумовлену специфікою силової взаємодії та відображує середній час поодинокого контакту, протягом якого відбуваються структурні та фазові перетворення в поверхневих шарах матеріалів, хімічні процеси на поверхнях й інтенсивне спрацювання тіл.

Відзначено, що умови реалізації зовнішнього тертя суттєво залежать від основних параметрів, що характеризують роботу ТС, і при незмінному фізико-хімічному стані поверхонь елементів трибосистеми і механічних якостях, обумовлюються мікростаном структури ТС, яке, в свою чергу, саме є функцією зовнішніх параметрів і проявляється при взаємодії елементів ТС.

Загальна закономірність полягає в тому, що для даної пари матеріалів існують діапазони зовнішніх умов, в яких показники тертя та спрацювання стійкі та на декілька порядків нижче, ніж за цими діапазонами.

Наявність таких критичних ситуацій пояснюється переходом від одного типу порушення фрикційного зв'язку до іншого, що викликає необхідність оцінювати інтервали зовнішніх умов, відповідних зміні визначавчих механізмів спрацювання, оскільки це обумовлює різку зміну типу кривої спрацювання, як функції зовнішніх параметрів.

Для оцінки критичного стану ТС використана формула Крагельського-Друянова та залежності, що зв'язують глибину укорінювання з питомим навантаженням та шерехатістю. Стосовно даних умов, формула представлена у вигляді:

$$\Delta \leq \frac{1}{2 \sqrt{\eta}} \left(1 - \frac{2\tau_n}{\sigma_T} \right), \quad (2)$$

де Δ - комплексний критерій шерехатості; η - відносна площа контакту; τ_n/σ_T - відношення зсувного опору на мікронерівності до

межі текучості матеріалу.

Аналіз типів порушення фрикційних зв'язків, обумовлених напружено-деформованим станом зони контакту пари, показав, що реалізуемий рівень силової взаємодії гребеня колеса і рейки перевищує припустимі з точки зору збереження умов зовнішнього тертя, і визначає реальну можливість виходу ТС у зону руйнування й спрацювання мікрорізанням.

Збудування відповідних залежностей типу $h/R = \Phi(\tau_n/b_T)$ та аналіз отриманої математичної моделі (1) виявило, що розширення діапазону зовнішніх умов, в межах яких пара здібна задовільно виконувати свої функції, можливо шляхом упорядження в контактні шари побічного м'якого матеріалу і пов'язане із здійсненням відповідної мастильної системи, як одного з методів забезпечення цієї умови.

На підставі розгляду типів порушення фрикційних зв'язків при різному фрикційному стані взаємодіючих поверхонь визначені відповідні критичні параметри та обґрунтована доцільність використання твердомастильних матеріалів (зокрема дисульфиду молібдена MoS_2), забезпечувачих високу несучу здібність контакту.

Використовуючи трибологічні характеристики, якими наділена зона контакту триботехнічної системи "гребінь колеса-рейка" при мащенні MoS_2 , виявлені зміни, що виникають при цьому в характері фрикційної взаємодії, полягаючи в реалізації пружної (проти пластичної в сполученні з мікрорізанням) схеми контактування, і тгтге за собою збільшення межової величини циклів тертя, які викликають фрикційне руйнування і, як наслідок, зменшення рівня інтенсивності спрацювання.

3. Дослідження кінетичних закономірностей тертя та спрацювання твердомастильних шарів.

Розробка і створення мастильної системи, забезпечуючої автоматичне нанесення твердомастильного матеріалу на поверхню гребінки

колеса залізничного екіпажу передбачає вибір певної стратегії керування процесом мащення при наявності наступної інформації:

- які параметри обрати, як керовані і які значення вони повинні приймати;

- коли необхідне керування;

- умови працездатності (кількісна міра), згідно з якими даний об'єкт можна вважати оптимально функціонуючим;

- математична модель процесу.

Досліди провадилися на фізичній моделі гребеня колеса та рейки, яка реалізує ролікову аналогію, з урахуванням масштабного фактору, а також на стендовому обладнанні, забезпечуючому відтворення реальних умов контакту. Для проведення випробувань використовувалась методологія математичного планування експерименту.

Результати дослідження показали, що кількість N циклів тертя, забезпечуючих утворення ефективної плівки, обумовлена тривкістю етапу активного перенесення мастильного матеріалу, відповідно до періода встановлення режиму стаціонарного тертя TME та виявляється в стабільних величинах інтенсивності спрацювання останнього:

$$N = (e^{-30.4} v^{6.1}) (\ln v^{1.3} - 5.9)^{-1} \quad (3)$$

Результати дослідження залежності інтенсивності спрацювання I_c мастильного елемента від кількості циклів тертя й швидкозношуваних параметрів (мал. 1) дозволили виявити загальну закономірність, яка полягає в зниженні інтенсивності перенесення мастильної речовини з розвитком процесу тертя внаслідок насичення поверхнів та зменшення тієї частки загальної кількості продуктів спрацювання твердомастильного елемента, яка утримується на поверхнях і приймає участь у створенні та регенерації плівки.

$$I_c = e^{-1.5} p^{2.25} v^{-1.14} - 0.36 \ln p \quad N^{-0.45} \quad (4)$$

Утворення ефективного мастильного шару, що характеризується стабільним та мінімальним моментом тертя M , відбувається досить швидко при тривалому ще високому різні інтенсивності спрацювання твердомастильного елемента (мал. 2).

Звідки виходить, що більша кількість перенесеного мастила не означає, що на поверхні тертя утворюється мастильний шар з більшим припасеним об'ємом і ресурсом роботи (тривкістю L):

$$L = e^{-0.95} p^{2.6} v^{-0.2} n^{1.5} - 0.36 \ln p \quad (5)$$

Встановлені оптимальні режими контактування мастильного елемента з контртілом, забезпечуючі максимальну тривкістю L^{max} перенесених шарів у залежності від впливаючих факторів, обумовлюючи межі стійкої роботи шарів переносу по відношенню до зовнішніх параметрів:

$$M^{max} = 178 - 0.745 V; \quad (6)$$

$$L^{max} = 2.011 + 1.443 \cdot 10^{-2} V - 2.5678 \cdot 10^{-4} V^2. \quad (7)$$

Антифрикційні властивості дисульфіда молібдену і характер інтенсивності спрацювання мастильного шару в значній мірі залежить від температури, тому в процесі випробувань контролювався тепловий режим роботи вузла тертя.

Аналіз одержаної статистичної залежності

$$\Delta t = -2.38 + 10.75P + 0.12V - 0.04PV, \quad (8)$$

показав, що рівень фрикційного розігріву поверхні тертя мастильного елемента не досягає критичних величин, визначальних окислення речовини та не впливає на параметри тертя й спрацювання. Однак

температурний фактор має й самостійне значення, яке проявляється в генеруванні тепла при русі локомотива у гальмовому режимі внаслідок тертя колодки й бандажа колеса. За цих температурних умов виникає термоокисна деструкція мастильного матеріалу, екранування джерела мастила й безповоротня втрата ним мастильних властивостей.

Отримані кінетичні закономірності формування і руйнації шарів перенесення є підставою розробки принципово нового засобу мащення, суть якого заключається у періодичному (дискретному) поданні до взаємодіючих поверхонь оптимальної кількості мастила і підтримування властивостей мастильного середовища в необхідних межах, що дозволить, далі, здійснити мастильну систему із зворотнім зв'язком від вузла тертя, яка забезпечить автоматичне нанесення мастильного матеріалу в залежності від режиму роботи трибосполучення.

4. Підвищення експлуатаційних характеристик твердомастильного елемента.

Обґрунтовуючи необхідність підвищення надійного функціонування мастильного елемента (ТМЕ), як складової частини проблеми здійснення ефективної мастильної системи, відзначено два головних аспекти. ТМЕ повинен добре спрацьовуватись з контртіло при мінімальному тиску у взаємному контактi. У протилежному разі вузол тертя необхідно обладнувати спеціальним пристроєм для створення зусилля притискування, яке для здійснення великих навантажень може бути надзвичайно громіздким. В той же час, ТМЕ повинен витримувати умови роботи сполучення й мати достатню механічну міцність, забезпечуючу потрібний рівень тиску у контактi, який, в свою чергу, впливає на інтенсивність перенесення мастильної речовини.

Важливо, разом з цим, надання мастильному елементу пружних властивостей, обумовлюючих високу швидкість релаксації виникаючих при взаємодії деформацій і напружень. Тільки за цих умов буде за-

безпечено надійну роботу ТМЕ в широкому діапазоні умов експлуатації. Всі перераховані якості необхідно сполучати з високими мастильними властивостями речовини і спроможності ТМЕ створювати антифрикційний шар, маючий найбільшу тривкість і працездатність.

Створення в одному матеріалі цілого комплексу ніби протиречних фізико-механічних, фрикційних і протизносних властивостей практично неможливо в багатокомпонентному складі, але може бути здійснене в гетерогенній системі, у якій досягається сприятливе сполучення якостей різних матеріалів.

В зв'язку з цим пошук раціонального рецептурного складу ТМЕ при накладених обмеженнях за механічними якостями визначив компромісне рішення та зумовив значний вміст сполучного в базовій композиції.

Аналіз напружено-деформованого стану ТМЕ в процесі його роботи дозволив виявити основний захід щодо проблеми забезпечення фізико-механічних властивостей мастильного елемента, що полягає в нанесенні на його поверхню армувчого ниткового каркасу з волокнистого антифрикційного матеріалу.

Конструктивні й технологічні особливості одержання подібних структур розроблені проф. Г.Е.Фрегером и проф. В.А.Рач стали теретичною і практичною підставою для цього напрямку.

Основним параметром, зумовлюючим зміну властивостей ТМЕ, являється кут армування.

Обрано оптимальну (за критеріями антифрикційності та спрацювання) схему переплетіння волокон та їх відносне розташування.

Оцінюючи пружні якості композиції на підставі аналізу реологічного ривняння матеріалу, одержано вираз частотної залежності його в'язко-пружних властивостей та виявлено пріоритет конструктивного (перед варіюванням рецептурним складом) методу розв'язання проблеми. Позитивного результату було досягнуто за рахунок секцій-

ного оформлення ТМЕ та впровадження проміжних пружних елементів, що забезпечило максимальну еластичність виробу та синфазність проходження процесів напруження й деформації (мал. 3).

Перевірка працездатності твердомастильного елемента провадилась в лабораторних умовах і в експлуатації. результати випробувань виявили переваги створеного ТМЕ перед базовим варіантом.

5. Реалізація розроблених рекомендацій.

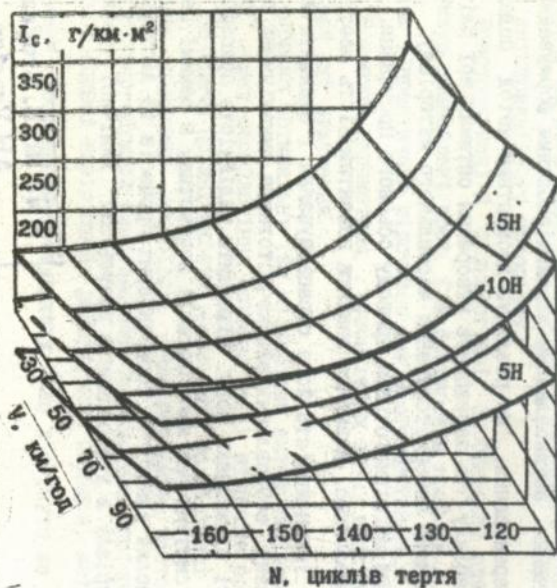
Проблема здійснення ефективної мастильної системи передумовлює опрацювання відповідних технічних засобів лубрикації зони антифрикційного контакту гребеня колеса та рейки і передбачає розробку блок-схеми пристрою, включаючи датчик швидкості руху локомотива, датчик кількості обертів колеса, блок керування, а також необхідних механізмів, забезпечуючих подання мастильного матеріалу.

Обливістю конструкції створеного пристрою й наявність спеціальних структурних елементів обумовлюють наступні функціональні можливості системи:

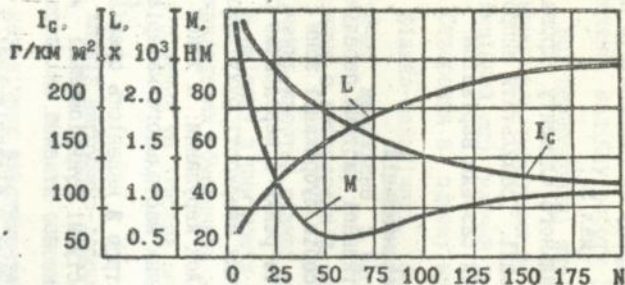
- керування процесом мащення, здійснюєме у відповідності з алгоритмом, визначеним встановленими закономірностями формування й руйнації шарів перенесення, що реалізує дискретний метод подання мастильного матеріалу та забезпечує утворення оптимальної плівки мастила і раціональне використання мастильного матеріалу;

- використання магнітного поля приводу осьового посування, як амортизуючого середовища, дозволяє знизити навантаженість мастильного елемента, інтенсивність його спрацювання і зменшити ймовірність його зламу, обумовлених високочастотними динамічними процесами в контакті і, завдяки чому, підвищити надійність пристрою;

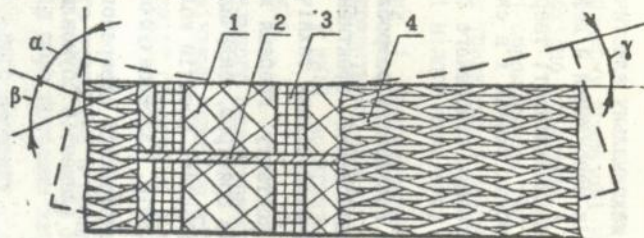
- вимкнення системи при експлуатації локомотиву в режимі рекуперації, що дозволяє запобігти термоокисних процесів та деструкції мастильного матеріалу з утворенням в результаті хімічної реакції



Мал. 1. Результати дослідження кінетики формування твердомастильних шарів (для трьох величин навантажень на твердомастильний елемент). N - число циклів тертя твердомастильного елемента з контртілом; I_c - інтегральна масова інтенсивність спрацювання T ; V - швидкість відносного пересування взаємодіючих поверхнів.



Мал. 2. Порівняльний аналіз закономірностей переносу MoS_2 шарів.



Мал. 3. Твердомастильний елемент. 1 - мастильний брикет; 2 - центральний згут; 3 - армуючий каркас; 4 - пружний елемент; α - кутова координата армування; β - кут взаємного переплетіння волокон; γ - кут пружного згибу консольної частини ТМЕ.

абразивного крихкого окислу й агресивного кислотного середовища;

- наявність спеціальних механізмів, забезпечуючих автоматичне подання мастильного елемента по мірі його спрацювання і стале зусилля притиснення його до поверхні гребеня колеса;

- зручність обслуговування, швидке й легкопосильне розміщення і заміна мастильного елемента.

З метою перевірки працездатності основних вузлів створеної мастильної системи устаткуванням було обладнано тепловози, виконуючі вантажну й маневрову роботу на коліях ВО "Дуганскуголь" і приписного парку депо Кондрашевська-Нова Донецької залізниці. Виконані дослідження підтвердили ефективність та економічність пристрою.

Висновки

1. Ефективне розв'язання проблеми збільшення стійкості елементів триботехнічної системи (ТС) "гребінь колеса-рейка" можливо за умов змінення характеру їх контактування за рахунок обґрунтованого вибору параметрів режиму роботи ТС на підставі знань закономірностей реальних механізмів руйнування фрикційних зв'язків в залежності від зовнішніх факторів і передбачає, як найбільш доцільну міру, - безпосередній вплив на фрикційні властивості поверхонь.

2. Напружено-деформований стан зони контакту триботехнічної системи "гребінь колеса-рейка" зумовлен пластичним відтискуванням матеріалу мікронерівностей поверхні шерехатого шару й характеризується накладенням полів напруження і деформації на мікрорівні.

3. Змінення топографічних якостей елементів структури системи робить більш жорсткими умови формування і руйнації фрикційних зв'язків за рахунок геометричного фактору і передумовляє необхідність корегування інтегрального критерію граничного стану матеріалу при втомленні, який визначає масштаб його руйнування.

Аналіз типів порушення фрикційних зв'язків обумовлених напру-

жено-деформованим станом зони контакту пари, показав, що реалізуемий рівень силової взаємодії гребеня колеса і рейки перевищує припустимі з точки зору збереження умов зовнішнього тертя, і визначає реальну можливість виходу ТС у зону руйнування й спрацювання мікрорізнанням.

4. Запропонована математична модель трибосистеми "гребінь колеса-рейка", що виявляє зв'язок між лінійною інтенсивністю спрацювання і параметрами трибосполучення, яка дозволяє здійснити аналітичне оцінювання темпу спрацювання елементів ТС й прогнозування їх ресурсу, як в умовах експлуатації, так і на стадії проектування.

5. На підставі розгляду видів руйнування фрикційних зв'язків і використовуючи трибологічні якості, якими наділений контакт при різному фрикційному стані взаємодіючих поверхнів, визначені відповідні критичні параметри і встановлена перспективність застосування твердомастильних матеріалів, забезпечуючих вимоги високої відповідальності контакту.

6. Отримані поліноміальні математичні моделі, які описують кінетику формування і працездатність мастильних шарів, а також встановлюють зони ефективного мащення й умови раціонального використання ТМЕ.

7. Розроблен засіб мащення елементів ТС, передбачаючий керування процесом у відповідності з алгоритмом, забезпечуючим дискретне подання мастильного матеріалу в залежності від параметрів взаємодії контактуючих поверхнів. Застосування цього засобу доцільно в трибосистемах, роботу яких неможливо організувати в закритому обшарі. Прикладом такої системи є ТС "гребінь колеса-рейка".

8. Проведено комплекс досліджень, направлених на забезпечення сполучення необхідних пружно-міцнісних властивостей ТМЕ. На підставі аналізу реологічних рівнянь у їх зв'язку з динамічними процесами в зоні контакту гребеня колеса й мастильного елемента вста-

новлено, що можливість регулювання механічних якостей останнього шляхом зміни рецептурного складу композиції обмежена релаксаційними характеристиками, які притаманні полімерним системам.

Задовільнення вимогам експлуатації було досягнуто за рахунок конструктивного рішення, реалізованого за допомогою секційного оформлення ТСЕ і введення додаткових проміжних пружних елементів, зумовлюючих деформативні властивості, а також нанесення на його поверхню підкріплюючого армуючого шару, забезпечуючого його суцільність та якості міцності.

9. Створено пристрій для мащення гребеня колеса залізничного екіпажу, який реалізує опрацьований засіб мащення і визначає при усіх режимах роботи і зовнішніх умовах подання мастильного матеріалу до взаємодіючих поверхонь та автоматичне утримання властивостей мастильного середовища в потрібних межах. Пристрій захищено охоронним свідоцтвом за заявкою № 4936912/11.

Практичне використання розробленого пристрою дозволить збільшити ресурс мастильного елемента у 10-15 разів по відношенню до базового варіанту.

Основні положення дисертації опубліковані в роботах.

1. Коняев А.Н., Осенин Ю.И., Марченко Д.Н. Математическое моделирование износостойкости слоев переноса твердых смазок и кинетики их формирования/Луган. машиностр. ин-т. -Луганск, 1993. -15 с.: ил. - Библиогр. 9 наз. -Рус. -Деп. в ГНТБ Украины 16.11.93. -Ук93.

2. Коняев А.Н., Осенин Ю.И., Марченко Д.Н. Влияние режима контактирования смазочного элемента на характеристики трения/Луган. машиностр. ин-т. -Луганск, 1992 - 9 с.: ил. -Библиогр. 3 назв. -Рус. -Деп. в УкрИНТЭИ. 15.10.92. № 1609 - Ук 92.

3. Коняев А.Н., Осенин Ю.И., Марченко Д.Н. Шведчикова И.А. Коэффициент сцепления колеса с рельсом при наличии в зоне контакта частиц песка/Луган. машиностр. ин-т. -Луганск, 1993. -15 с.: ил.

-Библиогр. 2 наз. -Рус. -Деп. в ГНТБ Украины 10.06.93. -Ук93.

4. Марченко Д.Н., Осенин Ю.И., Малахова Г.И. Разработка эффективного способа смазывания гребня колеса железнодорожного экипажа/Проблемы развития локомотивостроения/Тез. докл. IV Международная науч. - техн. конф. с. 34.

5. Осенин Ю.И., Марченко Д.Н., Крамарь Н.М. Оценка фрикционного состояния поверхности колеса по температуре скольжения контакта/Проблемы развития локомотивостроения/Тез. докл. IV Международная науч. - техн. конф. с. 36.

6. Марченко Д.Н., Осенин Ю.И. Исследование температурного режима контактирования смазочного элемента с гребнем колеса/Тез. докл. научн.-техн. конф. - Крым, - 1993.

7. Осенин Ю.И., Марченко Д.Н., Крамарь Н.М., Клжев А.С. Снижение энергии неупорядоченного процесса при реализации сцепления колеса с рельсом/Проблемы развития локомотивостроения/Тез. докл. IV Международная науч. - техн. конф. с. 39.

8. Фрегер Г.Е., Чесноков В.В., Горбунов Н.И., Осенин Ю.И., Марченко Д.Н. К расчету твердосмазочного элемента гребнесмазывателя/Тез. докл. научн.-техн. конф. - Новочеркасск, 1994.

9. Марченко Д.Н., Осенин Ю.И., Горбунов Н.И., Чесноков В.Н., Крамарь Н.М., Тихонюк Г.П. Повышение эффективности и экономичности системы гребнесмазывания локомотива/Тез. докл. научн.-техн. конф. - Новочеркасск, - 1994.

10. А.с. по заявке № 4936912/11 Способ смазывания гребня колеса железнодорожного экипажа и устройство для его осуществления. Осенин Ю.И., Марченко Д.Н., Коняев А.Н., Голубенко А.Л., Август В.В., Михин Н.М. 23.03.92 г.

11. Осенин Ю.И., Марченко Д.Н., Тихонюк Г.П. Сближение поверхностей колеса и рельса в условиях одновременного нагружения нормальной и тангенциальной силами// Проблемы повышения износостойкости газонефтепромышленного оборудования/ Тез. докл. III научн.-техн. конф. - Москва, - 1994.

12. Коняев А.Н., Осенин Ю.И., Марченко Д.Н. Влияние температуры поверхности трения на условия изнашивания твердосмазочного элемента / Луган. машиностроит. ин-т. - Луганск, 1993. - 9 с. - Деп. в ГНТБ Украины 30.03.93. № 715 - Ук 93.

13. Осенин Ю.И., Марченко Д.Н. и др. Методика экспериментального определения номинальной площади контакта поверхностей колеса и рельса / Восточнукр. гос. ун-т. - Луганск, 1995. - 6 с. - Деп. в ДНТБ Украины. - Ук 95.

Аннотация

Марченко Д. Н. Снижение износа колес локомотивов и рельсов путем улучшения условий их контактирования.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. Восточнoукраинский государственный университет, Луганск, 1995.

Защищается диссертационная работа, содержащая теоретические и экспериментальные исследования процесса контактного взаимодействия пары системы "гребень колеса-рельс". Разработана математическая модель системы и предложена методика расчетной оценки интенсивности изнашивания ее элементов. Предложен принципиально новый способ смазывания гребня колеса железнодорожного экипажа и создано устройство, его реализующее, разработана конструкция твердосмазочного элемента. Осуществлено промышленное внедрение полученных решений.

Annotation

Marchenko D. Decrease of wear of locomotives wheels and rails owing to improvement of the contacts conditions.

Dissertation for the receiving of the learned degree of the doctor technical science of the speciality 05.22.07 - rolling-stock of the railways and the pull of the trains. East-Ukrainian State University, Lugansk, 1995.

Dissertation work containing theoretical and experimental researches of the interaction process of the "wheels comb-rail". Mathematical model of the system is worked out and calculation method of wear-out intensity of its elements is offered. The brand new method of lubrication of a railway carriage wheels comb is offered, and the devise realiging this method is created, the construction of solid lubricant is worked out. Industrial inculation of the received solutions is carried out.

Ключові слова:

локомотив, гребінь колеса, рейка, тертя, спрацювання.



Марченко Дмитро Миколайович

**ЗНИЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ КОЛІС ЛОКОТИВІВ І РЕЙОК
ШЛЯХОМ ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ІХ КОНТАКТУВАННЯ**

05.22.07 - Рухомий склад залізниць і тяга поїздів

Підписано до друку 01.07.95. Формат 60x84 1/16, д. а. 1
Зам. 43. Тираж 100 прим.

Ротапринт СУДУ, 348034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а

444268

AB 33.105