

КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУ

ПОТАПОВ ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 625.033.373.4

Подовження термінів служби рейок системним шліфуванням в процесі експлуатації

Спеціальність 05.22.06 – залізнична колія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту на кафедрі “Колія та колійне господарство” Міністерства транспорту та зв’язку України.

Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент

Шраменко Володимир Павлович,

Українська державна академія залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв’язку України, завідувач кафедри “Колія та колійне господарство”.

Офіційні опоненти: доктор фізико-математичних наук, професор

Вербицький Володимир Григорович,

Донецький інститут автомобільного транспорту Міністерства транспорту та зв’язку України, завідувач кафедри “Основи проектування машин”;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Левченко Микола Пилипович,

Науково-дослідний інститут “УкрНДІмет” Державного науково-технічного центру з технології та обладнання, обробки металів, захисту навколишнього середовища та використання вторинних ресурсів для металургії та машинобудування “Енергосталь” Міністерства промислової політики України, завідувачий відділом транспортного металу.

Провідна установа: Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна.

Захист відбудеться “12” квітня 2007 р. о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.820.01 у Київському університеті економіки і технологій транспорту за адресою: 03049, м. Київ, вул. Лукашевича, 19.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського університету економіки і технологій транспорту.

Автореферат розісланий “10” березня 2007 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Карпов

М. І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ Беручи до уваги зростання по окремих напрямках швидкостей руху поїздів на залізницях України, що накладає більш жорсткі вимоги щодо надійності роботи усієї конструкції залізничної колії, зокрема рейок – як одного з основних конструктивних елементів, особливу увагу необхідно приділяти розробці нових, удосконаленню, і що найголовніше, реальному впровадженню існуючих технічних заходів щодо подовження термінів служби рейок, до одного з яких відноситься шліфування рейок в колії рейкошліфувальними поїздами з активними робочими органами.

Актуальність роботи. Спираючись на багаторічний закордонний досвід застосування рейкошліфувальних поїздів (РШП) з активними робочими органами, а також беручи до уваги той факт, що вітчизняні залізниці знаходяться лише на початковій стадії впровадження технології профільного шліфування, колійний комплекс України може використати усі переваги цього технічного засобу не методом помилок, а лише адаптацією до експлуатаційних умов наших залізниць. Але цей процес повинен бути поступовим, при безумовному забезпеченні матеріально-технічними засобами, а також розумінням того, що лише системний підхід до шліфування дозволить досягти бажаних результатів щодо подовження термінів служби рейок.

Відсутність саме системного підходу до проведення шліфування рейок в колії на залізницях України може привести з одного боку навіть до зниження термінів служби рейок, особливо на ділянках з прискореним рухом поїздів, а з іншого боку до нераціонального використання технічних засобів та коштів.

Вищенаведене свідчить про необхідність розробки системи проведення шліфування рейок в колії із застосуванням РШП з активними робочими органами на залізницях України.

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи **“Подовження термінів служби рейок системним шліфуванням в процесі експлуатації”** є актуальною.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є подовження терміну служби рейок за рахунок розробки системи проведення шліфувальних робіт з використанням РШП з активними робочими органами на залізницях України.

Для досягнення поставленої мети було поставлено і вирішено такі задачі:

- ◆ проведено аналітичний огляд існуючих технічних заходів щодо подовження терміну служби рейок в колії;
- ◆ проведені дослідження існуючих теорій щодо механізму появи та розвитку дефектів рейок контактно-втомлювального походження.

- ◆ на основі проведеного аналізу гіпотез щодо виникнення дефектів контактнo-втомлювального походження доопрацьовані існуючі математичні моделі роботи рейок для різних експлуатаційних умов;
- ◆ спираючись на етапи дефектоутворення в рейках, розроблено систему шліфування рейок в колії РШП з активними робочими органами;
- ◆ проведені дослідження якісних характеристик та процесу розвитку пластичних деформацій металу в головці рейок в процесі експлуатації;
- ◆ на основі розподілу пластичних деформацій в головці рейок визначено терміни проведення шліфування рейок в колії РШП з активними робочими органами.

Об'єкт досліджень – рейки.

Предмет досліджень – робота рейок в колії, процеси пластичної деформації металу головки рейок в процесі експлуатації.

Методи дослідження. Для розробки математичної моделі роботи рейок в колії для різних експлуатаційних умов використано методи теорії надійності, теорії руйнування, математичної статистики. Рівень та розподіл пластичної деформації визначали за характером зміни твердості у головці рейок.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. вдосконалені математичні моделі роботи рейок в колії при їх пошкодженні дефектами контактнo-втомлювального походження для різних експлуатаційних умов.
2. отримано аналітичні вирази зміни твердості металу в головці рейок за глибиною залежно від пропущеного тоннажу, виду термічної обробки та матеріалу підрейкових опор

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що на основі результатів дисертаційної роботи розроблено нормативну базу при плануванні та проведенні шліфування рейок в колії РШП з активними робочими органами на залізницях України. Крім того визначені терміни служби рейок з урахуванням особливостей експлуатаційних умов метрополітену, які розширюють раціональне використання елементів верхньої будови колії в умовах обмежених фінансових ресурсів.

Результати досліджень впроваджено при розробці таких нормативних документів:

“Технічні вказівки на експлуатацію рейок та елементів стрілочних переводів Київського метрополітену”.

“Технічні вказівки на експлуатацію рейок та елементів стрілочних переводів Харківського метрополітену”.

“Положення про комплексну систему шліфування рейок в колії (ЦП 0127).

Особистий внесок здобувача.

Автором особисто уточнено механізм появи і розвитку дефектів контактно-втомлювального походження в рейках в процесі експлуатації. Вдосконалені математичні моделі роботи рейок при їх пошкодженні дефектами контактно-втомлювального походження. Визначено терміни проведення профілактичного шліфування рейок РШП з активними робочими органами.

У співавторстві виконані експериментальні дослідження роботи рейок в умовах метрополітену та магістральних колій, дослідження розподілу твердості в головці рейок в процесі експлуатації, визначені терміни проведення первинного шліфування рейок в колії, впровадження результатів досліджень.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати наукових досліджень по дисертації доповідались на:

- 63-й, 64-й, 66-й, 67-й Міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (м. Харків 2001, 2002, 2004, 2005 р.).
- 68-й Міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми ресурсосбереження на транспорті” (м. Харків 2006 р.).

Публікації: Основні положення дисертації опубліковані у трьох наукових працях.

Структура дисертації: Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг роботи складає 168 сторінок, з них основного тексту 144 сторінки. Робота ілюстрована 50 рисунками, наведено 23 таблиці. Список використаних джерел складається з 122 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Розкрито актуальність роботи та коротко викладені задачі досліджень.

У першому розділі розглянуто перелік питань, які пов'язані з подовженням терміну служби рейок в колії при застосуванні різних технічних заходів, що спрямовані на відновлення службових властивостей рейок під час експлуатації.

Експлуатаційна стійкість рейок в колії залежить від багатьох факторів (осьове навантаження, вантажонапруженість, план та профіль колії, швидкість та режими ведення поїздів) та зокрема від механічних характеристик металу.

Дослідженню роботи рейок в колії присвятили свої роботи цілий ряд таких видатних вчених як Н.П. Щапов, А.И. Скаков, В.Н. Данилов, А.Ф. Золотарський, Л.М. Школьник, В.В. Лемпицький, Р.С. Ніколаєв, Л.С. Казарновський, Г.М. Шахунянц, Я.Р. Раузін, А.В. Веліканов, А.Д. Конюхов, С.В. Амелін, О.П. Єршков, А.Я. Коган, В.Ф. Яковлев, В.Г.

Альбрехт, Г.П. Копанєв, М.Ф. Веріго, Є.М. Бромберг, Л.П. Мелентьєв, П.П. Цуканов, А.В. Лук'янов, В.Л. Порошін, В.Я. Шульга, В.А. Кіслік, Є.А. Шур, М.А. Чернишов, О.О. Шехватов, М.І. Кулагін, В.С. Лисюк, С.А. Колотушкін, В.А. Рейхарт, М.Х. Ахметзянов, А.Ю. Абдурашитов.

Беручи до уваги складність процесу накопичення пошкоджень рейок, їх розвитку та руйнування можна умовно виділити три етапи роботи: етап накопичення пошкоджень до виникнення поздовжніх мікротріщин у головці рейки, етап розвитку мікротріщин (переростання в макротріщини, а при наявності додаткових концентраторів напружень виникнення поперечних тріщин), розвиток поперечних макротріщин до відповідної величини, що може призвести до повного руйнування. Цей умовний розподіл дає змогу на кожному із етапів дефектоутворення у рейках застосувати необхідний математичний апарат (теорію надійності, трибофатику, механіку руйнування тощо).

Накопичений позитивний досвід ряду зарубіжних країн з експлуатації рейок свідчить про можливість подовження терміну служби нових рейок на 35-40% при їх ремонті в колії, а з урахуванням багатоетапності їх перекладання і відповідно з ремонтом - залежно від умов експлуатації ще на 70-90% й більше.

Важливим резервом підвищення строку служби рейок у колії є шліфування їх в колії, призначення якого повинно встановлюватись згідно з характером дефектів та пошкоджень метала головки рейок.

Технологію шліфування рейок широко застосовують багато залізничних компаній й адміністрацій в світі.

У Північній Америці:

- ◆ Canadian Pacific (CPR) - з 1989 р.;
- ◆ Canadian National (CN) - з 1989 р.;
- ◆ Burlington Northern and Santa Fe (BNSF) - з 1991 по 1995 р. і з 1998 р.;
- ◆ Union Pacific (UP) - с 2000 р.;
- ◆ CSX Transportation (CSXT) - з 2001 р.

В інших регіонах світу:

- ◆ BHP Billiton (Австралія) - з 1989 р.;
- ◆ Queensland Rail (QR, Австралія) - з 1995 р.;
- ◆ Companhia Vale do Rio Doce (CVRD, Бразилія) - з 1990-х років;
- ◆ Network Rail (Великобританія) - з 2002 р.

Світовий досвід використання РШП з активними робочими органами показав високу ефективність цього технічного заходу щодо подовження термінів служби рейок в колії. За рахунок видалення дефектів на поверхні кочення рейок знижується рівень вертикальних

динамічних сил, шуму і вібрацій при проходженні рухомого складу, подовжується термін служби усіх елементів верхньої будови колії, суттєво збільшується цикл виправлення колії у плані та профілі, знижуються витрати на утримання колії та рухомого складу.

На канадських залізницях Canadian National (CN), Canadian Pacific (CPR), BNSF проведення шліфування дало стійке зниження кількості дефектів в рейках, у тому числі дефектів контактно-втомлювального походження (див. табл 1). Аналогічні результати отримані в Австралії, де застосування профільного шліфування привело до зниження кількості дефектів контактно-втомлювального походження більш ніж у два рази.

Таблиця 1

Вплив шліфування на обсяги заміни рейок на залізниці CPR

Заміна рейок на CPR при шліфуванні й без нього				
Метод шліфування	Рік	Інтервали між циклами шліфування, млн. т брутто поїзного навантаження	Обсяг заміни рейок, км	Вартість заміни рейок, млн. дол. США (у приведенні до 2003 р.)
Без шліфування	1970	–	618	81
Корегувальне	1985	31,8 – 36,3	516	68
Превентивне	2003	22,7	454	65

Аналогічні результати було отримано і на інших залізницях, що безумовно підтверджує ефективність проведення систематичного шліфування рейок в колії.

На залізницях Північної Америки профільне шліфування, як правило, виконується в три етапи. На першому за один чи кілька проходів видаляють поверхневі дефекти, на другому також за один чи кілька проходів відновлюють первісний обрис головки рейки, на третьому формують її необхідний обрис. Якщо профілактичне шліфування з метою підтримки заданого профілю рейки проводиться часто, поверхневі дефекти не встигають розвинути і, як правило, буває досить одного проходу.

Іншою сферою застосування профільного шліфування є контроль за розвитком дефектів контактно-втомлювального походження, до яких відносяться відшарування й викришування металу на робочій грані головки рейок. Залізниці з інтенсивним вантажним рухом, що застосовують шліфування, домоглися істотного збільшення терміну служби рейок. Ще одним з напрямків застосування РШП з активними робочими органами є зниження

контактних напружень в зоні робочої грані головки зовнішньої рейки, завдяки формуванню відповідного ремонтного профілю рейки.

На даний час в світі сформовано два стратегічних напрямки щодо проведення шліфування рейок в колії РШП з активними робочими органами: попереджувальне і корегувальне шліфування. Перший напрямок передбачає систематичне видалення шару металу з поверхні кочення для боротьби з наявними вже на поверхні кочення дефектами і, що найголовніше, попередження подальшої їх появи. Другий – підтримання деякого “оптимального”, для конкретних експлуатаційних умов поперечного профілю рейки, що визначається для кожного випадку залежно від умов контактування системи “колесо-рейка”.

У другому розділі розглянуто існуючі теорії щодо появи та розвитку дефектів контактено-втомлювального походження.

Питанням, що пов’язані із дослідженням механізмів появи та розвитку дефектів контактено-втомлювального походження було присвячено ряд публікацій ще на початку 30-х років ХХ сторіччя. Одна з перших гіпотез щодо причин виникнення та розвитку дефектів контактено-втомлювального походження, що була опублікована, належить професору Н.Т. Матюшину. Пізніше вона була розширена Г.М. Шахунянцем. Основна думка полягає в тому, що в процесі твердіння рейкової сталі в головках рейок виникають неоднорідності у вигляді лікваций та газових міхурів, а також шлаковин, плен та інших забруднювачів металу. Пізніше цю теорію експериментально підтвердив Р.С. Ніколаєв. Йому ж належить і гіпотеза про перетворення в рейках тріщин контактено-втомлювального характеру у поперечні.

Слід зазначити, що свого часу у всіх дослідженнях Всеросійського науково-дослідного інституту залізничного транспорту за наведеними вище видами внутрішніх тріщин в головці рейок головна роль відводилась наявності ланцюжків неметалевих включень. В результаті чого довкола них виникають пластичні деформації і в подальшому поздовжні тріщини. Тобто, підвищення якості макроструктури рейок є безперечними резервом суттєвого (на 30–35%) зменшення виходу рейок за дефектами контактено-втомлювального походження.

Дослідження Т.М. Равицької показали, що поряд з усіма змінами напружено-деформованого стану головки рейок необхідно ще враховувати і фазові зміни металу у зоні “наклепу”.

Окрім цього досліджувався вплив інших факторів і, насамперед, внутрішніх залишкових напружень та напруженого стану головки рейок, який виникає внаслідок дії динамічних навантажень від рухомого складу. Детально цим питанням присвячено роботи А.Д. Конюхова.

Контактні напруження в рейках вперше дослідив проф. Н.М. Беляєв (1917р – 1924р.). Ці дослідження базувалися на прийнятих у свій час припущеннях Г.Герца при загальних рішеннях контактних задач для необмеженого пружного напівпростору.

Принципово новими роботами з питань дослідження контактних задач теорії пружності, що стосується рейок, слід вважати роботи професора В.Ф. Яковлева., в яких показано недопустимість прийняття в розрахунках величин контактних напружень і деформацій в межах припущень, які приймалися раніше.

У більш пізніших роботах слід виділити роботи В.С. Лисюка, який основною причиною дефектів контакт-втомлювального походження вважає накопичення в процесі експлуатації у верхній частині робочого закруглення головки рейок на глибині до 4–13 мм залишкових напружень стискання внаслідок явища “наклепу” та одночасне накопичення у більш глибоких шарах металу напружень розтягування.

Проведений аналіз гіпотез дозволив запропонувати механізм появи та розвитку дефектів контакт-втомлювального походження в рейках, який полягає в тому, що після укладання нових рейок в колію знеуглецьований шар металу головки рейок зминається і розпочинається інтенсивний процес пластичної деформації, що є початком утворення наклепаного шару на поверхні кочення. Далі, внаслідок циклічної дії рухомого складу, збільшується товщина наклепаного шару, що інтенсивно пошкоджується поздовжніми мікротріщинами, в основі зародження яких лежить стан близький до стану чистого зсуву. В подальшому збільшується кількість цих тріщин в мікрооб’ємах металу, проходить розвиток й злиття цих тріщин, що призводить до виникнення вже макротріщин у наклепаному шарі. У цей же час росте пошкодженість поздовжніми мікротріщинами вглибину головки рейки, проходить інтенсивний процес зміни міцнісних характеристик вже і у підповерхневих шарах металу.

Поздовжні макротріщини, що утворились саме у наклепаному шарі металу, найбільш імовірно, і є джерелом дефектів за рисунком 11.1-2. Залягаючи на невеликій глибині (приблизно до 3,5–4 мм), розвиваючись під дією стискаючих напружень, ці тріщини мають велику імовірність виходу на поверхню кочення у вигляді різного роду викришувань.

Подальше зростання товщини наклепаного шару призводить до зміни напруженого стану в головці рейок. Наявність розміщеної підповерхневої зони металу сприяє полегшенню розвитку поздовжніх мікротріщин, що вже є в наявності у цій зоні. Розвиваючись вони призводять до виникнення вже магістральних поздовжніх або поздовжньо-нахильних макротріщин у більш глибоких шарах металу головки (від 4 мм від поверхні кочення). Ці магістральні поздовжні та поздовжньо-нахильні макротріщини і є, скоріше за все, початком утворення дефектів за рисунком 21.1-2. Розвиваючись вздовж рейки у підповерхневих шарах

або у перехідному шарі до основного металу головки, маючи у своїй площині концентратори напружень (сходинки, полоси ковзання, борозди тощо), вони призводять до виникнення вже поперечної втомлювальної тріщини саме від цих концентраторів напружень та під дією залишкових розтягуючих напружень.

Окремо слід сказати про неметалеві включення. Зрозуміло, що забрудненість рейкової сталі на жаль, залишається ще на доволі високому рівні. І тому в процесі розвитку поздовжніх та поздовжньо-нахильних макротріщин у головці існує дуже велика імовірність попадання неметалевого включення в зону зростання цих тріщин і, безперечно, у цьому випадку в епіцентрі виникнення поперечної тріщини буде знаходитися саме неметалеве включення. Однак слід наголосити, що наявність неметалевих включень не є першопричиною виникнення поперечних тріщин, а лише прискорює цей процес.

В подальшому поперечна тріщина збільшує свої розміри як під дією рухомого складу, так і під впливом залишкових розтягуючих напружень, що призводить, при досягненні критичних розмірів, до крихкого руйнування.

Також беруть участь у розвитку поздовжніх, поздовжньо-нахильних і поперечних тріщин температурні сили у безстиковій колії, поздовжні сили, викликані режимами ведення поїздів, угоном рейок тощо.

Виходячи з вищенаведеного можна зробити висновок, що наклепаний шар металу на поверхні кочення є джерелом виникнення дефектів за рисунком 11.1-2. Його наявність змінює напружений стан в головці рейок і спричиняє розміщення підповерхневих шарів, що у свою чергу призводить до появи поперечних тріщин за рисунком 21.1-2.

Підсумовуючи можна відмітити що, механізми появи дефектів за рисунками 11.1-2, 21.1-2, доволі схожі. Обидва дефекти виникають від поздовжніх або поздовжньо-нахильних тріщин. Різниця полягає лише у глибині залягання поздовжніх або поздовжньо-нахильних тріщин.

У третьому розділі на підставі теорії надійності розроблено математичні моделі роботи рейок при їх пошкодженні дефектами контактної-втомлювального походження для різних умов експлуатації.

Історично наука про надійність розвивалась за двома основними напрямками, а саме: математичним і фізичним.

Математичний напрямок виник у радіоелектроніці, що пов'язано із розвитком математичних методів оцінки надійності складних систем, а також з розробкою методів статистичної обробки інформації. Теоретичною базою для цього напрямку є теорія імовірності, математична статистика, теорія випадкових процесів, математичне моделювання та інші розділи математики.

Фізичний напрямок виник у машинобудуванні, що пов'язано з дослідженням фізики процесу відмов та розробкою методів розрахунку на міцність, зносостійкість та інше. Теоретичною базою для цього напрямку є природні науки, які вивчають різні аспекти руйнування, старіння та зміну властивостей матеріалів (механіка руйнування, трибологія, фізико-хімічна-механіка матеріалів, теорія пружності, пластичності та повзучості тощо).

За першим напрямком було розроблено математичну модель роботи рейок в умовах метрополітену. Як показав аналіз роботи рейок в умовах Київського та Харківського метрополітенів, основною причиною вилучення рейок із колії є їх пошкодження за рисунком 11.1-2. Основним фактором, що суттєво впливає на вихід рейок, є план залізничної колії.

Залізнична колія розглядалась, як відновлювальна система з окремих елементів (80 рейок на один кілометр).

Згідно до теорії надійності усі відмови за характером зміни основного параметру об'єкта до моменту виникнення відмови поділяються на раптові і поступові.

Основною ознакою поступових відмов є монотонно зростаючий характер залежності інтенсивності відмов від напрацювання рейок.

Цій умові задовольняє нормальний закон розподілу випадкової величини ∇_1 – напрацювання об'єкта до відмови. Щільність нормального закону розподілу, як відомо, визначається згідно з виразом:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{t})^2}{2\sigma^2}}; P\{t \leq T\} = P\{T \leq t\} = 0.5 + \Phi\left(\frac{t-\bar{t}}{\sigma}\right), \quad (1)$$

де \bar{t} – середнє напрацювання до відмови;

∇ – середньоквадратичне відхилення напрацювання до відмови;

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz - \text{функція Лапласа.}$$

Раптові відмови виникають в результаті сполучення ряду факторів та випадкових зовнішніх впливів, які перевищують здатність об'єкта до їх сприйняття. Вони характеризуються скачкоподібним характером залежності інтенсивності відмов від напрацювання рейок.

Для моделювання раптових відмов використовують експоненційний закон розподілу. Основні характеристик визначаються як $P(t) = e^{-\lambda t}$; $F(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t}$; $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$.

Двома показниками надійності для систем (або їх елементів), що підлягають відновленню є частота відмов $a(t)$ і параметр потоку відмов $\lambda(t)$, характеризує відношення числа елементів, які відмовили за одиницю пропущеного тоннажу до загального числа

елементів, що експлуатуються, за умови, що всі елементи, які відмовили замінюються новими або відремонтованими. Статистично $a(t)$ і $\lambda(t)$ визначається як

$$a(t) \approx \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t}; \quad (2)$$

$$\lambda(t) \approx \frac{n(\Delta t)}{N \Delta t}. \quad (3)$$

де N_0 – число елементів на початок експлуатації;

$n(\Delta t)$ – число відмов елементів в інтервалі пропущеного тоннажу від $t \approx \Delta t / 2$ до $t \approx \Delta t / 2$.

Системою ведення рейкового господарства на магістральних коліях, а також у метрополітені, передбачається суцільна заміна рейок до певної імовірності відмови рейок (певного гама-ресурсу 4–5%). Решта рейок замінюється раніш середнього напрацювання до відмови \bar{T} . Тому спостерігати за їх роботою в колії можливо тільки в початковий період. У цьому випадку, коли в результаті спостережень отримано r значень напрацювань ($r < n$, де $n=80$ шт/км) для рейок, що були вилучені при відповідному пропущеному тоннажі t_1, t_2, \dots, t_r , а $n-r$ рейок залишилося в експлуатації після якогось часу $t_0 \geq t_r$ з встановленим гама-ресурсом, параметри \bar{T} та λ було оцінено за методом квантилів.

Враховуючи, що $\bar{T} \approx f(R)$ та $\lambda \approx f(R)$, запропоновано вираз для визначення математичного очікування та середньоквадратичного відхилення у вигляді

$$\bar{T}(R), \lambda(R) \approx a \approx b \approx n(R), \quad (4)$$

де a, b – емпіричні коефіцієнти, які було знайдено методом найменших квадратів за експериментальними даними.

В імовірнісному уявленні на відповідній частині щільності параметру потоку відмов та щільності частоти відмов не має великої розбіжності, тому можна припустити $\lambda(t) \approx a(t)$, тобто

$$\lambda(t) \approx a(t) \approx \frac{1}{\lambda \sqrt{2\lambda}} \exp\left[-\frac{(t-\bar{T})^2}{2\lambda^2}\right], \quad (5)$$

а інтегральна функція виходу рейок, або сумарний вихід рейок на 1 км колії в функції пропущеного тоннажу з урахуванням виразу (4) для i -го радіусу буде мати вигляд:

$$F_i(t, R_i) \approx \int_0^t \lambda_i(t, R_i) \approx \frac{N}{\lambda(t, R_i) \sqrt{2\lambda}} \int_0^t \exp\left[-\frac{[t-\bar{T}(R_i)]^2}{2\lambda^2(t, R_i)}\right] dt. \quad (6)$$

Задаючись певним гама-ресурсом на підставі (6), було визначено нормативний тоннаж по суцільній заміні рейок для Київського і Харківського метрополітенів.

Спираючись на фізику процесу відмови рейок (другий напрямок розвитку теорії надійності), запропонована математична модель складної відмови, яка містить у собі елементи як поступових, так і раптових відмов. Процеси зародження мікротріщини втомлювального руйнування рейки діють послідовно. Спочатку повинна з'явитися причина (подія \bar{A}_P - зародження мікротріщини), потім – наслідок (подія $\bar{A}_П$ - поступове зростання втомлювальної тріщини до критичного розміру, або злам, що відповідає відмові). Імовірність події \bar{A} (відмова рейки) можна визначити як $\bar{A} = \bar{A}_P \cap \bar{A}_П$, при цьому події \bar{A}_P та $\bar{A}_П$ є залежними. За теоремою множення ймовірностей випадкових подій імовірність відмови рейки при цьому складе $P[\bar{A}] = P[\bar{A}_P] \cdot P[\bar{A}_П | \bar{A}_P]$ або $1 - P[A] = 1 - P[A_P] \cdot P[A_П | A_P]$, де $P(A) = P(t)$ - імовірність безвідмовної роботи рейок, яка віднесена до проміжку часу (тоннажу t), який розглядається; $P(A_P) = P_P(t)$ – імовірність незародження мікротріщини, до того ж проміжку часу (тоннажу); $P[A_П | A_P] = P_П(t)$ - умовна імовірність недосягнення втомлювальною тріщиною критичних розмірів у проміжок часу (тоннажу t), що може призвести до крихкого зламу рейки за умови що тріщина зародилася.

У четвертому розділі запропонована комплексна система шліфування рейок в колії рейкошліфувальними поїздами з активними робочими органами.

Проведений аналіз існуючих теорій щодо появи і розвитку дефектів контактно-втомлювального походження дозволив виділити шість умовних періодів дефектоутворення у головці рейок.

Перший період – зминання знеуглецьованого шару металу, інтенсивний початок утворення наклепу, поява геометричних нерівностей на поверхні кочення у поздовжньому та поперечному напрямках, що обумовлено неоднорідністю фізико-механічних властивостей металу поверхні кочення.

Другий період – поява хвилеподібного зносу, утворення мікротріщин у поверхневих шарах металу головки рейки.

Третій період – розвиток хвилеподібного зносу, розвиток мікротріщин у поверхневих шарах головки рейки і як наслідок поява макротріщин у цій зоні, поява мікро тріщин у підповерхневих шарах металу головки.

Четвертий період – розвиток макротріщин у поверхневих шарах металу, розвиток мікротріщин у підповерхневих шарах металу і, як наслідок, поява внутрішньо-поздовжніх та внутрішньо-поздовжньо-нахильних тріщин (ВПТ та ВПНТ) контактно-втомлювального походження.

П'ятий період – відшарування та викришування поверхневих шарів металу головки, розвиток ВПТ та ВПНТ і, як наслідок, поява поперечних тріщин у підповерхневих шарах.

Шостий період – подальше відшарування поверхневих шарів металу, розвиток поперечних тріщин у підповерхневих шарах і, як наслідок, висока імовірність крихкого руйнування рейки при досягненні поперечної тріщини критичного розміру для даного напруженого стану та умов експлуатації.

Таке умовне розділення всього експлуатаційного циклу рейок на періоди дефектоутворення дозволяє чітко розставити пріоритети щодо застосування РШП з активними робочими органами на залізницях України. Весь спектр шліфувальних робіт залежно від їх призначення, розділено на 4 види.

Первинне шліфування призначається для:

- ◆ зняття знеуглецьованого шару металу з поверхні кочення рейок, наявність якого на початковій стадії роботи рейок сприяє інтенсивному розвитку пластичних деформацій в головці рейок, а також знижує коефіцієнт зчеплення;
- ◆ усунення початкових нерівностей „виробничого” походження, наявність яких є причиною підвищення рівня динамічної взаємодії колії та рухомого складу;
- ◆ усунення нерівностей в зоні зварних стиків рейкових плітей безстикової колії; в стиках ланкової колії через наднормативну різницю за висотою рейок.

Профілактичне шліфування призначається для:

- ◆ попередження появи дефектів контактнo-втомлювального походження шляхом зняття шару металу, який використав свої гнучко-пластичні властивості, має мікротріщини, і наявність якого сприяє появі внутрішніх мікротріщин контактнo-втомлювального походження у підповерхневих шарах головки рейки;
- ◆ зменшення інтенсивності розвитку хвилеподібного зносу рейок.

Профільне шліфування призначається для:

- ◆ зменшення інтенсивності розвитку дефектів контактнo-втомлювального походження шляхом формування поперечного обрису головки рейки відповідно заданого ремонтного профілю;
- ◆ зменшення інтенсивності розвитку бокового зносу рейок шляхом формування поперечного обрису головки рейки відповідно заданого ремонтного профілю;
- ◆ усунення напливів на боковій робочій грані рейок, які переукладено зі зміною робочого канту.

Поздовжньо-профільне шліфування призначається для:

- ◆ усунення геометричних нерівностей хвилеподібного зносу рейок;
- ◆ усунення дефектів у поверхневих шарах головки рейки.

Спираючись на запропоновані види шліфування, пропонується наступний комплекс заходів щодо шліфування рейок в колії на залізницях України, структура якого приведена на рисунку 1.

Рисунок 1 – Комплекс заходів щодо шліфування рейок в колії на залізницях України

Усі чотири види шліфування рейок в колії (блоки 1, 5, 7 та 8 рис.1) це єдина система заходів. Тільки застосування повного комплексу цих заходів спроможне суттєво підвищити термін служби рейок в колії. Порушення або недотримання хоча б одного з наведених на рис.1 заходів може призвести в окремих випадках не те що до подовження, а навіть до скорочення

термінів служби рейок. Особливу увагу слід приділяти першим двом видам шліфування рейок – первинному та профілактичному.

В четвертому розділі також наведено результати досліджень зміни твердості в головці рейок в процесі експлуатації, проведених сумісно із Українським науково-дослідним інститутом металів.

Найбільш повно характеризує процес накопичення пластичних деформацій в головці рейок під час експлуатації величина твердості, як на поверхні кочення, так і вглибину головки. Об'єктом дослідження були 16 рейок типу Р65 виробництва Маріупольського металургійного комбінату “Азовсталь”, як з термічною обробкою поверхні кочення, та без неї, вилучених з діючих магістральних колій, що пропустили тоннаж від 76 до 749 млн.т.брутто. Всі рейки знаходились у приблизно однакових експлуатаційних умовах. Відібрані рейки було розподілено на чотири групи: перша група – рейки із термічною обробкою поверхні кочення, підрейкові опори – дерев'яні шпали; друга група - рейки із термічною обробкою поверхні кочення, підрейкові опори – залізобетонні шпали; третя група - рейки без термічної обробки поверхні кочення, підрейкові опори – дерев'яні шпали; четверта група - рейки без термічної обробки поверхні кочення, підрейкові опори – залізобетонні шпали.

Рейки розрізалися на поперечні темплети і після шліфування визначалася твердість за Віккерсом по трьом зонам: бокова робоча грань рейки, середина рейки, бокова неробоча грань рейки. Для всіх груп рейок максимальне значення твердості спостерігається на боковій робочій грані рейок. Найбільше значення твердості спостерігається на боковій робочій грані і досягає у рейок без термічної обробки з залізобетонними шпалами 368 HV та 364 HV з дерев'яними шпалами при середній вихідній твердості 260 HV. У рейок з термічною обробкою значення твердості досягає 444 HV з залізобетонними шпалами та 434 HV з дерев'яними шпалами при середній вихідній твердості 360 HV. Тобто бокова робоча грань рейки є найбільш деформованою зоною внаслідок безпосереднього контакту з колесами рухомого складу.

Другою зоною за ступенем пластичної деформації є неробоча грань рейки. У рейок без термічної обробки з залізобетонними шпалами та дерев'яними шпалами показники твердості практично рівні и складають 334 HV. Невелика різниця у значеннях твердості у рейок і з термічною обробкою: на залізобетонних шпалах - 414 HV, на дерев'яних - 410 HV.

Максимальні значення твердості по середині рейки складають: рейки без термічної обробки на дерев'яних та залізобетонних шпалах - 325 HV, рейки з термічною обробкою на залізобетонних шпалах 408 HV, рейки з термічною обробкою на дерев'яних шпалах 406 HV.

Проведені металографічні дослідження рейок, що були уражені дефектами контактено-втомлювального походження дозволили встановити діапазон значень твердості на

поверхні кочення, при якій відзначається розвиток незворотних процесів втомлювального характеру як на поверхні кочення, так і у підповерхневих шарах металу головки. Для рейок першої та другої групи середнє значення цієї твердості становить 421 HV, для рейок третьої і четвертої групи – 345 HV. Глибина перенаклепаного шару металу рейок, що пропустили тоннаж до 150 млн.т.брутто знаходилась у межах від 0,19 мм до 0,3 мм.

Спираючись на проведені дослідження процесу зміни твердості в головці рейок визначено терміни проведення первинного та профілактичного шліфування рейок в колії.

Як показали результати вимірювання твердості за глибиною головки рейок зміну твердості за глибиною можна описати наступним виразом:

$$HV_h = HV_{нач} \cdot A1 \cdot e^{A2 \cdot T} \quad (7)$$

де $HV_{нач}$ – початкове значення твердості для нових рейок залежно від наявності та виду термічної обробки рейок;

h – глибина від поверхні кочення, мм;

$A1, A2$ – коефіцієнти, що враховують характеристики металу головки кожної з груп рейок.

Для кожної з груп рейок було визначено значення цих коефіцієнтів і оскільки рейки у кожній групі пропустили різний тоннаж, це дало змогу отримати вираз $A1, A2$ також через пропущений тоннаж згідно:

$$A1(T) = B1 \cdot \frac{T^{B2}}{B3 + 1} \cdot B4 \cdot T^{B5} \quad (8)$$

$$A2(T) = C1 \cdot \frac{1}{C2 + 1} \cdot C3 \cdot T^{C4} \quad (9)$$

де T – пропущений тоннаж;

$B1, B2, B3, B4, B5, C1, C2, C3, C4$ – коефіцієнти

З урахуванням (13) та (14) у (12) отримано узагальнений вираз зміни твердості у головці рейки залежно від пропущеного тоннажу та глибини.

$$HV_h, T = HV_{нач} \cdot \left[B1 \cdot \frac{T^{B2}}{B3 + 1} \cdot B4 \cdot T^{B5} \right] \cdot \left[C1 \cdot \frac{1}{C2 + 1} \cdot C3 \cdot T^{C4} \right] \cdot h \quad (10)$$

На підставі (10) були отримані наступні вирази зміни твердості в процесі експлуатації по робочій грані рейок в залежності від наявності термічної обробки поверхні кочення та виду підрейкових опор.

Рейки із термічною обробкою поверхні кочення на дерев'яних шпалах:

$$HV_1 = HV_{нач} \cdot \left[13,784 \cdot \frac{T^{0.5}}{T^{0.119} + 1} \cdot 26,123 \cdot T^{0.322} \right] \cdot \left[1,005 \cdot \frac{1}{7 \cdot 0.252 + 1} \cdot 0,044 \cdot T^{0.125} \right] \cdot h \quad (11)$$

Рейки із термічною обробкою поверхні кочення на залізобетонних шпалах:

$$HV_2 \approx HV_{поч} \approx 25,979 \frac{T^{0.5}}{T^{0.119} - 1} \approx 39,744 T^{0.322} \approx 1,557 \frac{1}{T^{0.252} - 1} \approx 0,00022 T^{-0.125} \quad (12)$$

Рейки без термічної обробки поверхні кочення на дерев'яних шпалах:

$$HV_3 \approx HV_{поч} \approx 1,86 \frac{T^{0.5}}{T^{0.119} - 1} \approx 38,334 T^{0.212} \approx 2,077 \frac{1}{T^{0.012} - 1} \approx 0,75 T^{-0.005} \quad (13)$$

Рейки без термічної обробки поверхні кочення на залізобетонних шпалах:

$$HV_4 \approx HV_{поч} \approx 6,929 \frac{T^{0.5}}{T^{0.119} - 1} \approx 51,043 T^{0.212} \approx 0,546 \frac{1}{T^{0.012} - 1} \approx 0,019 T^{-0.061} \quad (14)$$

Для визначення термінів проведення первинного шліфування для всіх чотирьох груп рейок було визначено максимум кривизни похідної для (11, 12, 13, 14). Терміни проведення первинного шліфування наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Терміни проведення первинного шліфування рейок

Рейки з термічною обробкою на з.б. шпалах	Рейки з термічною обробкою на дерев'яних шпалах	Рейки без термічної обробки на з.б. шпалах	Рейки без термічної обробки на дерев'яних шпалах
2,6 млн.т.бр	2,2 млн.т.бр	3 млн.т.бр	2,7 млн.т.бр

Оскільки основною задачею при проведенні профілактичного шліфування є недопущення появи мікротріщин втомлювального характеру у перенаклепаному шарі і, що найголовніше, у підповерхневих шарах металу головки, то спираючись на значення твердості на поверхні кочення, при яких інтенсивно зароджуються мікротріщини втомлювального характеру (для рейок з термічною обробкою поверхні кочення 421 HV; для рейок без термічної обробки поверхні кочення 345 HV), та товщину перенаклепаного шару (для розрахунків прийнято 0,25 мм) на підставі(11), (12), (13), (14), було побудовано графіки зміни твердості при $h=0$ та $h=0,25$ (рис.2-5), з яких й визначено терміни проведення першого профілактичного шліфування (табл. 3) та періодичність проведення подальших профілактичних шліфувань (табл. 4).

Рисунок 2 – Зміна твердості металу головки рейок з термічною обробкою на залізобетонних шпалах залежно від пропущеного тоннажу.

Рисунок 3 – Зміна твердості металу головки рейок з термічною обробкою на дерев'яних шпалах залежно від пропущеного тоннажу.

Рисунок 4 – Зміна твердості металу головки рейок без термічної обробки на залізобетонних шпалах залежно від пропущеного тоннажу.

Рисунок 5 – Зміна твердості металу головки рейок без термічної обробки на дерев'яних шпалах залежно від пропущеного тоннажу.

Таблиця 3

Терміни проведення першого профілактичного шліфування рейок,

Рейки з термічною обробкою на з.б. шпалах	Рейки з термічною обробкою на дерев'яних шпалах	Рейки без термічної обробки на з.б. шпалах	Рейки без термічної обробки на дерев'яних шпалах
30 млн.т.бр.	90 млн.т.бр.	25 млн.т.бр.	65 млн.т.бр.

Таблиця 4

Періодичність проведення профілактичного шліфування рейок

Рейки з термічною обробкою на з.б. шпалах	Рейки з термічною обробкою на дерев'яних шпалах	Рейки без термічної обробки на з.б. шпалах	Рейки без термічної обробки на дерев'яних шпалах
20 млн.т.бр	35 млн.т.бр.	10 млн.т.бр.	25 млн.т.бр.

Висновки

1. Ефективним технічним засобом для зменшення виходу рейок за дефектами контактно-втомлювального походження є проведення систематичних шліфувальних робіт із використанням рейкошліфувальних поїздів з активними робочими органами.

2. Дефекти контактно-втомлювального походження в рейках виникають у результаті сукупної дії динамічних контактних напружень, що виникають внаслідок дії рухомого складу, залишкових напружень на етапі виробництва, додаткових напружень, що пов'язані із температурною роботою безстикової колії, угоном рейок, режимами ведення рухомого складу.

3. Наявність шару металу на поверхні кочення рейок, який вичерпав свої пружно-пластичні властивості, ініціює інтенсивний процес зародження внутрішніх

поздовжніх та внутрішніх поздовжньо-нахильних тріщин у підповерхневих шарах металу головки рейок.

Систематичне видалення з поверхні кочення рейок цього шару металу дозволяє попередити (або суттєво віддалити) появу та сповільнити (при наявності) розвиток дефектів контактнo-втомлювального походження та хвилеподібний знос поверхні кочення.

4. Поперечні тріщини в головці рейок за рисунком 21 починають розвиватися від поздовжніх та поздовжньо-нахильних тріщин, що мають у своїй площині концентратори напружень у вигляді неметалевих включень, сходинок, смуг ковзання, борозен, тощо.

5. Наявність неметалевих включень у рейковій сталі не є основною причиною появи дефектів контактнo-втомлювального походження, а лише прискорює процес утворення поперечних внутрішніх тріщин від поздовжніх та поздовжньо-нахильних тріщин.

6. Стратегічним напрямком із застосування рейкошліфувальних поїздів з активними робочими органами повинно стати попередження появи та зменшення інтенсивності розвитку дефектів контактнo-втомлювального походження, а не боротьба з хвилеподібним зношуванням поверхні кочення рейок.

7. Шліфування рейок в колії на залізницях України повинно проводитись системно, виходячи з критеріїв призначення відповідного виду шліфування із безумовним дотриманням термінів проведення.

Список опублікованих праць за темою дисертації

1. Шехватов О.О, Вітольберг В.Г., Потапов Д.О. Дослідження роботи рейок в кривих ділянках колії в умовах метрополітену// Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна. Випуск 2, Дніпропетровськ, 2003. – С. 182-186.

Особистий внесок здобувача – аналіз експлуатаційних факторів, що впливають на вихід рейок за дефектами і пошкодженнями.

2. Шехватов О.О., Вітольберг В.Г., Потапов Д.О., Махота А.О. Положення про комплексну систему шліфування рейок в колії ЦП0127// Державна адміністрація залізничного транспорту України, Київ, 2006 – 45. С.

Особистий внесок здобувача – визначення термінів проведення профілактичного шліфування рейок в колії рейкошліфувальними поїздами з активними робочими органами.

3. Потапов Д.О., Вітольберг В.Г. Система шліфування рейок в колії рейкошліфувальними поїздами з активними робочими органами на залізницях України// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті №5,6, Харків, 2006 – С. 70-73.

Особистий внесок здобувача – уточнення етапів дефектоутворення в рейках, визначення критеріїв проведення відповідних видів шліфування.

Додаткові праці

1. Шехватов О.О., Потапов Д.О., Вітольберг В.Г. Розробка математичної моделі роботи рейок у метрополітені// Тези доповідей першої науково-практичної конференції “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління”, Частина 1, Київ, 2003. – С. 75.

Особистий внесок здобувача – визначення залежності середньоквадратичного відхилення середнього терміну служби рейок з урахуванням кривизни залізничної колії.

2. Потапов Д.О., Вітольберг В.Г. Дослідження розподілу твердості у головці рейок залежно від типу підрейкової основи в процесі експлуатації// Тези доповідей другої науково-практичної конференції “Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління”, Частина 1, Київ, 2004. – С. 110-112.

Особистий внесок здобувача – визначення характеру розподілу твердості за глибиною головки рейки залежно від термічної обробки та матеріалу підрейкових опор

3. Возненко С.І., Потапов Д.О., Вітольберг В.Г. Визначення періодичності проведення шліфування рейок в колії рейкошліфувальними поїздами// Тезиси 65 Международной научно-практической конференции “Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта”, Днепропетровск, 2005. – С. 176.

Особистий внесок здобувача – розробка методики щодо визначення термінів проведення профілактичного шліфування.

Анотація

Потапов Д.О. Подовження термінів служби рейок системним шліфуванням в процесі експлуатації. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.06 – залізнична колія, Київський університет економіки і технологій транспорту, Київ, 2007.

У роботі запропонована система шліфування рейок в колії на залізницях України із застосуванням рейкошліфувальних поїздів з активними робочими органами, виходячи із умов недопущення появи дефектів контактнo-втомлювального походження. Спираючись на етапи дефектоутворення в рейках визначені види шліфування, критерії їх призначення. Визначено терміни проведення первинного та профілактичного шліфування.

Ключові слова: рейки, дефекти рейок, шліфування рейок в колії, рейкошліфувальні поїзда, твердість, пластична деформація.

Анотация

Потапов Д.А. – Продление сроков службы рельсов системным шлифованием в процессе эксплуатации. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 – железнодорожный путь, Киевский университет экономики и технологий транспорта, Киев, 2007.

Диссертационная работа посвящена вопросу продления срока службы рельсов в пути посредством проведения их шлифования рельсошлифовальными поездами с активными рабочими органами. Исходя из поставленной цели, был проанализирован зарубежный опыт применения рельсошлифовальных поездов с активными рабочими органами, который показал высокую эффективность этого технического мероприятия в части продления сроков службы рельсов, а также необходимость системного подхода к проведению этих работ. Был сделан вывод о необходимости разработки системы проведения шлифования рельсов в пути с использованием рельсошлифовальных поездов с активными рабочими органами на железных дорогах Украины.

Проведен анализ существующих гипотез о механизме появления и развития дефектов контактно-усталостного происхождения в рельсах. Он позволил выделить основные этапы дефектообразования в головке рельсов, а также усовершенствовать существующие математические модели их работы в пути. Используя метод квантилей, определен средний срок службы рельсов для Киевского и Харьковского метрополитенов. Определен закон изменения среднего значения и среднеквадратического отклонения наработки до отказа рельсов в зависимости от пропущенного тоннажа и радиуса кривой.

Опираясь на физику процесса дефектообразования в головке рельсов, предложена математическая модель сложного отказа. Процесс зарождения усталостных трещин содержит в себе признаки внезапных отказов, а дальнейшее их развитие хорошо согласуется с постепенными отказами.

Предложена система шлифования рельсов в пути на железных дорогах Украины с применением рельсошлифовальных поездов с активными рабочими органами, исходя из условия предупреждения появления дефектов контактно-усталостного происхождения. Она включает в себя четыре вида шлифования: первичное, профилактическое, профильное, продольно-профильное. Для каждого из видов шлифования определены критерии назначения. В работе основное внимание предлагается уделять первичному и профилактическому шлифованию.

Проведенный металлографический анализ рельсовых проб, пораженных дефектами контактно-усталостного происхождения, позволил определить значение твердости на

поверхности катания рельсов при котором интенсивно зарождаются трещины усталостного характера в подповерхностных слоях металла головки рельсов.

Изучен процесс пластических деформаций в головке рельсов на основе измерения твердости как на поверхности катания так и вглубь головки. Наиболее интенсивно пластические деформации протекают в зоне боковой рабочей выкружки. Получены законы изменения твердости в головке рельсов по глубине в зависимости от наличия термической обработки поверхности катания, пропущенного тоннажа и вида подрельсовых опор. Это позволило определить сроки проведения первичного и профилактического шлифования рельсов в пути на железных дорогах Украины рельсошлифовальными поездами с активными рабочими органами.

Ключевые слова: рельсы, дефекты рельсов, шлифование рельсов в пути, рельсошлифовальные поезда, твердость, пластическая деформация.

Summary

Potapov D.A. - Extension of service life of rails by system grinding on-stream. - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of engineering science on a speciality 05.22.06 – railway track, The Kiev university of economics and technologies of the transport, Kiev, 2007.

In activity the system of grinding of rails on the way on railroads of Ukraine with application of railgrinding trains with fissile end-effectors is offered, outgoing from a condition of warning of occurrence of defects of a contact - fatigue parentage. Resting on stages of a defect formation in rails, the kinds of grinding, yardstick of their assigning are determined. Terms of realization of primary and preventive grinding are determined.

Keywords: rails, defects of rails, grinding of rails on the way, рельсошлифовальные of a train, hardness, plastic deformation.

Потапов Дмитро Олександрович

**ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНІВ СЛУЖБИ РЕЙОК СИСТЕМНИМ
ШЛІФУВАННЯМ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

05.22.06 – залізнична колія

Автореферат
Дисертації на здобуття наукового ступня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доцент Г.П. Таланов

Підписано до друку “___” _____ 2007р. Формат 60x90/16
Папір – офсетний. Спосіб друку – ізографія. Ум. – друк. арк. 0,9. Обл. вид. арк. 1,4
Замовлення № _____. Наклад 100 прим.

Надруковано у Видавництві КУЕТТ.
Свідоцтво про реєстрацію № 141 від 30.10.2001р.
03049, м. Київ – 49, вул. Лукашевича, 19