Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

ДЬОМІН АНДРІЙ ЮРІЙОВИЧ

УДК 629.083

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ ТЕПЛОВОЗНИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНОГО ЗНОСОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ

05.22.20 − експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків − 2016

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі якості, стандартизації, сертифікації та технологій виготовлення матеріалів Українського державного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Тимофеєва Ларіса Андріївна,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технологій виготовлення матеріалів, завідувач кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кельріх Михайло Борисович,
Державний економіко-технологічний університет транспорту, кафедра вагонів та вагонного господарства, завідувач кафедри;

кандидат технічних наук, доцент
Гончаров Олександр Михайлович,
Філія «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту» ПАТ «Укрзалізниця», науково-дослідний відділ рухомого складу, начальник відділу.

Захист відбудеться «10» листопада 2016 р. о 11^{00} годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 при Українському державному університеті залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «05» жовтня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ресурс тепловозного дизеля в значній мірі визначається станом кривошипно-шатунного механізму, а отже, станом колінчастого вала як головної ланки цього механізму. Колінчастий вал є найбільш відповідальною і дорогою деталлю двигуна. Його вартість може становити до 25 % вартості всього двигуна.

Колінчасті вали експлуатуються в складних умовах змінних навантажень. Від 45 до 70 % випадків відмов дизельного двигуна припадає на дефекти колінчастого вала: задири та знос шийок, деформація, втомні руйнування та ін. Основною передумовою відмов колінчастих валів дизелів є знос їх робочих поверхонь − шийок. Передчасний знос шийок вище допустимих значень призводить до значних витрат на ремонт або заміну валів, що у свою чергу збільшує час простою тепловоза в ремонті. Більшість колінчастих валів вибраковується з причини зношення, не виробивши при цьому заданий ресурс.

У даний час існує велика кількість технологій відновлення колінчастих валів, які припускають відновлення геометричних розмірів їх шийок, але не забезпечують антифрикційні властивості відновленої поверхні. Існуючі способи і методи відновлення не забезпечують заданий ресурс колінчастих валів, оскільки при їх використанні не враховуються вид зношування, стан робочої поверхні після експлуатації, технологічні особливості при відновленні геометричних розмірів і зміцненні.

У цьому зв'язку, розроблення нових способів і методів відновлення працездатності колінчастих валів є актуальним завданням.

Найбільш перспективним у цьому відношенні є розроблення науково-прикладного підходу до удосконалення технології відновлення колінчастих валів, що включає в себе зміцнення і нанесення антифрикційного зносостійкого покриття в одному технологічному циклі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалися в рамках держбюджетних наукових тем кафедри «Якість, стандартизація, сертифікація та технології виготовлення матеріалів» Українського державного університету залізничного транспорту в період 2013 − 2016 рр. відповідно до планів науково-дослідних робіт університету за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки «Розроблення високоефективного фільтра для очистки дизельного палива від механічних домішок» (ДР № 0114U006550), «Розроблення технології комплексної механічної обробки для деталей транспортного призначення» (ДР № 0115U006512), «Розроблення нового складу ріжучого інструменту для обробки твердих матеріалів (загартованих сталей важкооброблюваних деталей з чорних і кольорових металів)» (ДР № 0115U006511).

Мета і задачі дослідження. Метою цієї роботи є удосконалення технології відновлення колінчастих валів тепловозних дизелів шляхом розроблення комплексного підходу, що забезпечує підвищення зносостійкості їх робочих поверхонь. Реалізація поставленої мети передбачала вирішення таких завдань:

1. Аналіз методів оцінки умов роботи, ресурсу і вимог, пропонованих до колінчастих валів.

2. Дослідження особливостей зносу й руйнування колінчастих валів тепловозних дизелів та існуючих способів їх відновлення.

3. Розроблення моделі процесу підвищення зносостійкості колінчастих валів тепловозних дизелів за рахунок використання нового способу відновлення.

4. Встановлення залежностей між параметрами технологічного процесу відновлення та експлуатаційними властивостями колінчастого вала, аналіз їх впливу на його працездатність.

5. Проведення досліджень і визначення ефективності запропонованої технології ремонту колінчастих валів.

6. Визначення техніко-економічної доцільності використання комплексної технології відновлення колінчастих валів як способу удосконалення процесу ремонту та підвищення ресурсу тепловозних дизелів у цілому.

Об'єкт дослідження – процес підвищення зносостійкості колінчастих валів тепловозних дизелів.

Предмет дослідження – ресурс колінчастих валів.

Методи дослідження. У роботі при виконанні експериментальних досліджень використовували обладнання для триботехнічних випробувань. Проведені дослідження базуються на основних положеннях технології машинобудування, теорії зносу деталей, технологічного забезпечення при відновленні деталей машин.

Для обробки результатів випробувань використовували методи математичної статистики та моделювання. Для вивчення структурно-фазового складу використовували методи металографічного, рентгеноструктурного, рентгеноспектрального аналізів та електронної мікроскопії. Достовірність результатів, отриманих у роботі, підтверджується застосуванням експериментально-теоретичних положень з математичного планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів. Положення, що характеризують наукову новизну дисертації, полягають у такому:

Вперше:

− запропоновано нове рішення науково-прикладного завдання збільшення працездатності колінчастих валів тепловозних дизелів за рахунок розроблення методу підвищення їх зносостійкості під час відновлення, що, на відміну від існуючих, враховує формування структури та морфології поверхневого шару;

− розроблено модель технологічного процесу, що побудована на принципі суперпозиції, яка дає змогу отримати раціональні параметри нової комплексної технології підвищення зносостійкості колінчастих валів тепловозних дизелів;

− встановлено залежності між параметрами технологічного процесу відновлення та експлуатаційними властивостями колінчастого вала, що дає можливість впливати на його працездатність.

Удосконалено:

− метод відновлення працездатності колінчастих валів тепловозних дизелів шляхом розробки комплексної технології, яка базується на одночасному термоциклюванні та формуванні антифрикційного зносостійкого покриття.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблена комплексна технологія відновлення, що включає локальну термічну обробку з подальшим нанесенням зносостійкого антифрикційного покриття, все це забезпечує істотне підвищення зносостійкості, навантаження задироутворення і зниження коефіцієнта тертя з'єднання «шийка-вкладиш» колінчастих валів тепловозних дизелів (Патент України № 109212).

На підставі отриманих експериментальних даних визначено можливість локальної термічної обробки поверхні корінних і шатунних шийок колінчастих валів у комплексі з насиченням їх поверхні хімічними елементами сірковмісної речовини − технічного лігносульфонату. За рахунок цього забезпечуються антифрикційні та зносостійкі властивості деталі та підвищення її ресурсу.

Розроблений новий склад матеріалу ріжучих інструментів для обробки зношених та наплавлених поверхонь, що забезпечує задану шорсткість, твердість, структурно-фазовий склад поверхневого шару деталі (Патент України № 107900).

Розроблена комплексна технологія відновлення використовується у процесі ремонту колінчастих валів тепловозних дизелів на ПрАТ «Івано-Франківський локомотиворемонтний завод», а результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень впроваджено у навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту при вивченні таких дисциплін як: «Технологія конструкційних матеріалів», «Ресурсозберігаючі матеріали та технології виготовлення деталей транспортного призначення», «Нові матеріали та технології виготовлення і відновлення деталей».

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Всі дослідження проводились в Українському державному університеті залізничного транспорту. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, автором проведена така робота: [2,3,12,19] – обґрунтування напрямків дослідження при розробленні нових способів відновлення і підвищення ресурсу колінчастих валів тепловозних дизелів; [4,5,8,10,14] – проведення теоретичних та експериментальних досліджень з визначення впливу технологій і способів підвищення працездатності деталей на їх фізико-механічні, триботехнічні та експлуатаційні характеристики; [9,11,13] – розроблення комплексної технології відновлення, що включає термічну обробку і нанесення антифрикційного покриття в одному технологічному циклі; [16] – застосування методів математичної статистики при визначенні раціональних технологічних параметрів нової комплексної технології відновлення; [1] – проведення експериментальних досліджень структурно-фазового складу розробленого захисного покриття.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах: 14-му міжнародному науково-технічному семінарі «Сучасні проблеми виробництва і ремонту у промисловості і на транспорті» (24 − 28 лютого 2014 р., м. Свалява); 5-й міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (31 березня − 7 квітня 2014 р., м. Лондон, Великобританія); 76-й міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» УкрДАЗТ (15 − 17 квітня 2014 р.,

м. Харків,); 14-й міжнародній науково-технічній конференціїї «Инженерия поверхности и реновация изделий» (2 − 6 червня 2014 р., м. Свалява); 14-й міжнародній науково-практичній конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика» (23 − 26 вересня 2014 р., м. Одеса); 15-му міжнародному науково-технічному семінарі «Сучасні проблеми виробництва й ремонту у промисловості і на транспорті» (23 − 27 лютого 2015 р., м. Свалява); 15-й міжнародній науково-технічній конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий» (1 − 5 червня 2015 р., смт. Затока, Одеська обл.); 15-й міжнародній науково-практичній конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика» (15 − 18 вересня 2015 р., м. Одеса); 15-й Міжнародній виставці промислового обладнання і металообробки «Машпром-2015» «Ефективні технології при виготовленні, ремонті і відновленні деталей»(7 жовтня 2015 р., м. Дніпропетровськ).

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 19 наукових праць, у тому числі 7 наукових статей (дві з них без співавторів) у фахових наукових виданнях України, що включені до міжнародних науково-метричних баз, 9 тез доповідей на наукових конференціях і семінарах, 2 патенти України на винахід та 1 додаткова праця.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п’ятьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг дисертації складає 154 сторінки, з яких обсяг основного тексту − 127 сторінок. Робота ілюстрована 58 рисунками, з них 12 на окремих сторінках, містить 13 таблиць, список використаних джерел із 183 найменувань на 18 сторінках і 4 додатки на 7 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми дослідження, сформульована мета й завдання, наведені основні отримані автором наукові результати, визначено їх наукову новизну та практичне значення.

Перший розділ присвячено аналізу сучасних умов роботи, обслуговування та ремонту колінчастих валів транспортних двигунів внутрішнього згоряння.

Забезпечення транспортного виробництва запасними частинами, підвищення довговічності транспортних засобів і їх устаткування є важливим напрямком розвитку ремонтної галузі, особливо в умовах застарілого транспортного парку.

На сьогодні особливо важливим завданням є підтримання наявної транспортної техніки в справному стані шляхом розроблення та впровадження ефективних методів відновлення і зміцнення базових деталей. Дані існуючих досліджень показують, що однією з основних причин виходу дизельного двигуна з ладу (від 45 до 70 % випадків) є дефекти колінчастого вала: знос шийок, задири і схоплювання, втомні руйнування.

Колінчасті вали тепловозних дизелів виготовляють з вуглецевих, хромомарганцевих, хромонікельмолібденових та інших сталей, а також із спеціальних високоміцних (ВЧ) та легованих сірих чавунів (СЧ). Огляд літературних джерел надав можливість визначити основні вимоги, які висуваються до конструкції валу: достатні міцність, жорсткість, твердість й ступінь чистоти

обробки поверхні шийок, їх зносостійкість, надійність роботи при різних експлуатаційних умовах, висока точність виготовлення, динамічна врівноваженість та відсутність вібрацій.

Питанням дослідження технологічних процесів експлуатації, технічного обслуговування й ремонту транспортних засобів, підвищення працездатності та відновлення їх деталей технологічними методами, присвячено досить багато як аналітичних, так й експериментальних досліджень відомих вчених: Е.Д. Тартаковського, М.Б. Кельріха, Т.В. Бутько, В.І. Мороза, А.П. Фалендиша, Л.А. Тимофеєвої, В.Г. Масліева, Ю.В. Дьоміна, Г.К. Гетьмана та ін. У тому числі вивченню питань відновлення колінчастих валів транспортних двигунів присвячені роботи: В.І. Черноіванова, С.Е. David, Ф.Х. Бурумкулова, Д.Г. Вадівасова, В.І. Казарцева, William R. Gleason, І.Є. Ульмана, Е.Л. Воловика, J.C. Smith, А.А. Зуєва, М.А. Масино, А.І. Фоміна, Г.Є. Філатова, , B.S. Robinoff, В.І. Чепеленко, Jay C. Hardy та ін.

Аналіз науково-технічної літератури вітчизняних та зарубіжних авторів показав, що існує велика кількість способів відновлення геометричних розмірів зношених шийок, відомі різноманітні технології та методи підвищення працездатності колінчастих валів шляхом зміцнення їх робочих поверхонь. Вивчення раніше розроблених технологій показало, що частина з них містить енергоємні операції, інша частина підвищує зносостійкість, але при цьому знижується втомна міцність, також стоїть проблема використання дорогого устаткування й матеріалів, що у свою чергу не завжди виправдане в ремонтному виробництві. Розроблення методів підвищення зносостійкості колінчастих валів транспортних двигунів, а саме тепловозних дизелів, що дають змогу забезпечити високі триботехнічні характеристики робочої поверхні та ресурс деталі, є актуальною задачею й обумовлює мету і завдання дисертаційної роботи.

Другий розділ присвячено розробленню методології досліджень, яка включає проведення експериментів з оцінки структури і властивостей нанесеного антифрикційного покриття в одному технологічному циклі зі способом термічної обробки, що обумовлює сутність нової технології відновлення.

Нова комплексна технологія відновлення була заснована на базі існуючої технології відновлення колінчастих валів, що передбачає термічну обробку для забезпечення заданої твердості (індукційне гартування). У зв'язку з тим, що існуюча технологія не забезпечує задану зносостійкість та антифрикційність, було необхідно знайти новий підхід для відновлення колінчастих валів. За основу нового способу було прийнято виконання термічної обробки та нанесення антифрикційного покриття на робочі поверхні вала в одному технологічному циклі (рисунок 1).

Запропоновано як насичувальне середовище при формуванні антифрикційного покриття використовувати сірковмісну речовину, а саме технічний лігносульфонат, який є продуктом переробки деревної сировини. Процес формування покриттів з використанням нової технології та застосування як насичувальне середовище водного розчину лігносульфонату передбачає дифузію хімічних елементів розчину та хемосорбцію елементів складу покриття з утворенням оксидів заліза, натрію, калію, магнію й сульфідів.

Рисунок 1 − Схеми технологічних процесів базової та нової технології відновлення

Проведено лабораторні випробування з метою оцінки властивостей поверхневого шару щодо конкретних умов роботи колінчастого вала. Дослідження проводились таким чином, щоб задовольнялась повторюваність одержуваних результатів і зберігались у процесі експерименту постійні значення показників швидкості, температури і тиску. Випробування проводились за схемою ролик − сегмент, де внутрішній радіус сегмента дорівнював би зовнішньому радіусу ролика. Таким чином, процес тертя відбувається по поверхні, де питомий тиск залишається постійним.

Матеріалом для виготовлення ролика та сегмента служив матеріал, що використовується для виготовлення колінчастих валів (ВЧ, СЧ, сталь 42ХМФА) та вкладишів їх підшипників (БК2, БрС30, АО20-1, Сталь 10) відповідно. Для створення умов роботи пари тертя задавалися такі режими, які в певній мірі відповідали умовам роботи в експлуатації колінчастого вала і вкладиша корінного і шатунного підшипника.

Розроблена комплексна технологія є універсальною і може використовуватись як при виготовленні нових колінчастих валів, так і при їх ремонті. Залежно від величини зносу робочих поверхонь колінчастого вала технологічний процес ремонту передбачає перешліфування на черговий ремонтний розмір. При відновленні колінчастих валів перешліфуванням під ремонтний розмір шийок практично неможливо забезпечити їх 100 % -й ресурс, і він зменшується тим більше, чим більше номер ремонтного розміру. Це пояснюється тим, що твердість шийок зменшується від поверхні по перетину вала і при шліфуванні видаляється найбільш твердий шар. Корінні і шатунні шийки, що вийшли за ремонтні розміри, відновлюють наплавленням. Для цього використовувався наплавний матеріал у вигляді дроту: Св-15ГСТЮЦА (ГОСТ 2246-70). Після відновлення геометричних розмірів зношених поверхонь вала, проводиться механічна обробка наплавленого шару. Доведено, що якість поверхні у процесі механічної обробки залежить від режимів різання та матеріалу ріжучого інструменту. Тому було проведено комплексні дослідження впливу матеріалу різців й параметрів процесу різання на якість поверхневого шару, точність обробки та експлуатаційні властивості поверхні деталі. Встановлено необхідність ретельного підбору ріжучого інструменту, що використовується для обробки робочих поверхонь колінчастого вала.

Загальним недоліком, більшості застосовуваних оброблювальних інструментів є недостатній контроль у зоні різання процесів адгезії, дифузії, мікро- й макродеформування. Запропоновано для обробки наплавлених поверхонь шийок колінчастих валів використовувати ріжучий інструмент з цирконієвої кераміки, який має триботехнічне покриття, що забезпечує підвищення стійкості та зносостійкості ріжучого інструменту на основі діоксиду цирконію при малому значенні коефіцієнта тертя в робочій зоні.

Результатом проведених досліджень стало розроблення нового підходу до відновлення колінчастого вала, сутність якого полягає в тому, що для забезпечення заданих властивостей відновлюваної деталі необхідно враховувати матеріал різців для обробки наплавленого шару у поєднанні з комплексною технологією відновлення. Наочне зображення факторів й параметрів, що впливають на критерії поверхневого шару деталі у технологічному процесі комплексної технології відновлення, показано на схемі (рисунок 2).

Подана схема враховує параметри розробленої технології відновлення шляхом зміцнення та нанесення зносостійкого покриття у поєднанні з операціями підготовки поверхні, що включають у себе цілий ряд факторів, які у комплексі впливають на критерії поверхні, отримуваної у кінцевому результаті.

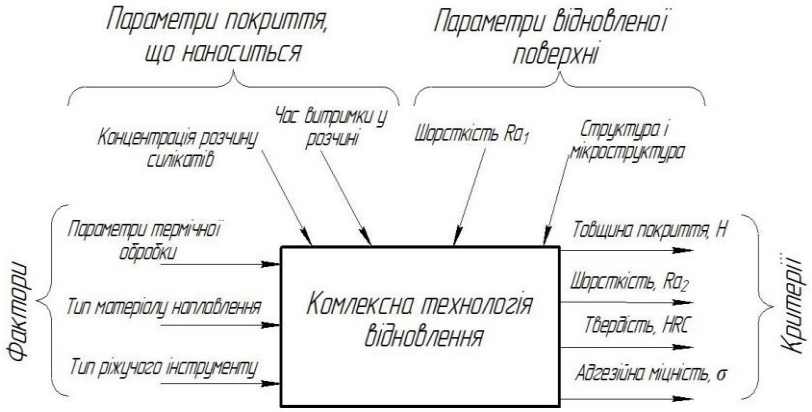


Рисунок 2 – Фактори й параметри, що впливають на критерії поверхневого шару деталі у технологічному процесі комплексної технології відновлення

У третьому розділі проведено комплексні експериментальні дослідження з вибору раціональних параметрів нової комплексної технології відновлення й досліджено вплив цих параметрів на властивості антифрикційного зносостійкого покриття.

На підставі обґрунтованих пропозицій удосконалення існуючої технології зміцнення шляхом уведення у технологічний процес відновлення операції з нанесення антифрикційного зносостійкого покриття було розроблено модель технологічного процесу підвищення зносостійкості, що побудована на принципі суперпозиції та зображена у вигляді графа на рисунку 3.

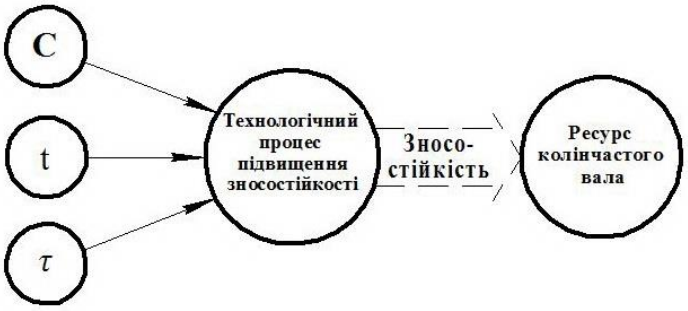


Рисунок 3 − Граф технологічного процесу підвищення зносостійкості колінчастого вала: С − концентрація розчину лігносульфонату, %; t − температура гартування, °С; τ − час витримки у розчині, хв

Виходячи з вищенаведених передумов цільову функцію математичної моделі у неявному вигляді та відповідну систему обмежень представлено таким чином:

$$I = f(C, \tau, t) \to \min \quad . \qquad \begin{cases} 500 \le t^o \le 900, \\ 500 \le c \le 90, \\ 2 \le \tau \le 6. \end{cases}$$

Метою планування експерименту було дослідження впливу технологічних факторів (параметрів) процесу комплексної технології відновлення (температури гартування, концентрації розчину лігносульфонату, часу витримки в розчині) на критерії отриманого поверхневого шару (зносостійкість, товщину покриття, твердість, шорсткість поверхні).

Виходячи з результатів серії попередніх дослідів була вибрана вихідна точка й інтервали варіювання факторів (параметрів), таблиця 1.

Таблиця 1 – Значення змінних факторів процесу комплексної технології відновлення при дослідженні критеріїв поверхневого шару

Фактори (параметри) / Показники	Температура гартування (t,°C)	Концентрація розчину лігносульфонату (C, %)	Час витримки у розчині (τ, хв)
Кодове позначення	X_1	X_2	X_3
Основний рівень, $x_i = 0$	700	80	4
Верхній рівень, $x_i = +1$	900	90	6
Нижній рівень, $x_i = -1$	500	50	2
Інтервал варіювання, Δx_i	50	5	0,5

На підставі експериментальних досліджень зроблено припущення вважати технологічні параметри незалежними. Після реалізації експерименту і отримання залежностей у вигляді рівнянь регресії (рисунки 4-6), перевірялася гіпотеза про адекватність отриманих залежностей і визначалася раціональна область параметрів режиму технологічного процесу.

Визначення точності проведення експерименту виконувалося шляхом обчислення оцінки дисперсії відтворюваності експериментальних даних. Для

отримання необхідних даних проводилося дублювання дослідів. Перевірка показала, що серія проведених експериментів є відтворюваною.

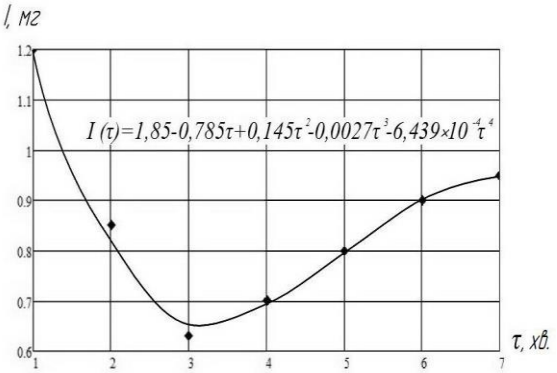


Рисунок 4 − Залежність величини зносу від часу витримки у розчині

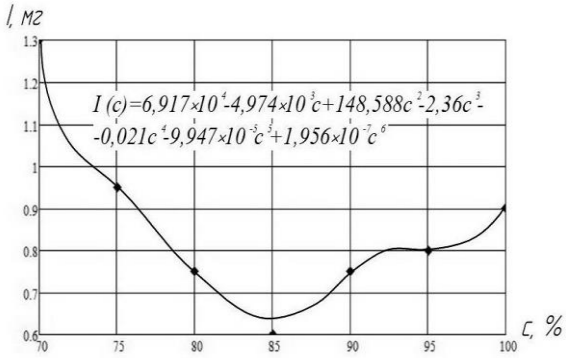


Рисунок 5 − Залежність величини зносу від концентрації розчину

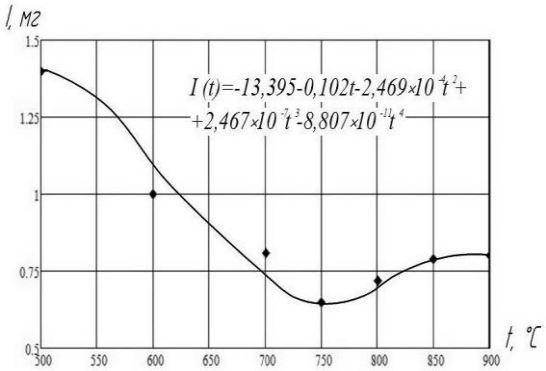


Рисунок 6 − Залежність величини зносу від температури гартування

Перевірка статистичної значущості тих чи інших коефіцієнтів рівнянь регресії виконувалася за допомогою t-критерію Стьюдента. Перевірка адекватності рівняння регресії результатами експерименту проводилася за допомогою F-критерію Фішера. Обробка результатів експерименту проводилась за допомогою обчислювального пакета Mathcad.

Таким чином, характер впливу параметрів технологічного процесу комплексної технології відновлення на зносостійкість поверхні деталі буде описуватися рівняннями:

− функціональна залежність зносу від температури гартування:

$$I(t) = -13,395 - 0,102t - 2,469 \cdot 10^{-4} t^2 + 2,467 \cdot 10^{-7} t^3 - 8,807 \cdot 10^{-11} t^4 \to \min;$$

− функціональна залежність зносу від концентрації розчину лігносульфонату:

$$I(c) = 6,917 \cdot 10^4 - 4,974 \cdot 10^3 c + 148,588c^2 - 2,36c^3 - 0,021c^4 -$$
$$-9,947 \cdot 10^{-5} c^5 + 1,956 \cdot 10^{-7} c^6 \to \min;$$

− функціональна залежність зносу від часу витримки у розчині:

$$I(\tau) = 1,85 - 0,785\tau + 0,145\tau^2 - 0,0027\tau^3 - 6,439 \cdot 10^{-4} \tau^4 \to \min.$$

Рівняння є адекватними й уточненими, тому можуть бути використані для визначення раціональних параметрів комплексної технології відновлення.

Для виявлення раціональних параметрів технологічного процесу комплексної технології відновлення були проведені дослідження впливу часу витримки, температури гартування та концентрації насичувального середовища на знос, товщину покриття, його шорсткість і твердість та одержані графічні залежності якості поверхонь деталей від параметрів технологічного процесу, були змодельовані поверхні кожної із властивостей покриття залежно від двох параметрів технологічного процесу (рисунки 7-10).

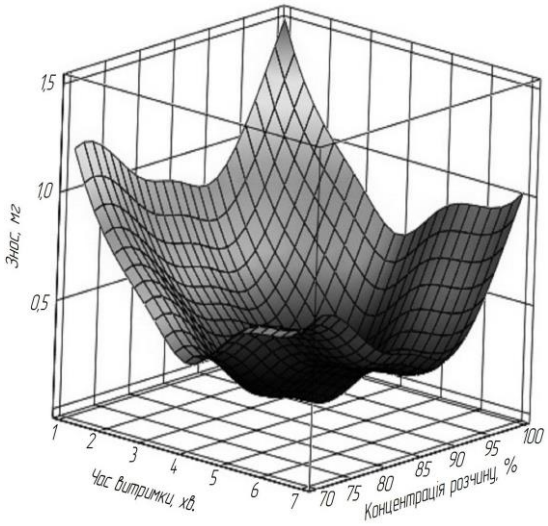


Рисунок 7 − Залежність зносу від часу витримки і концентрації розчину лігносульфонату

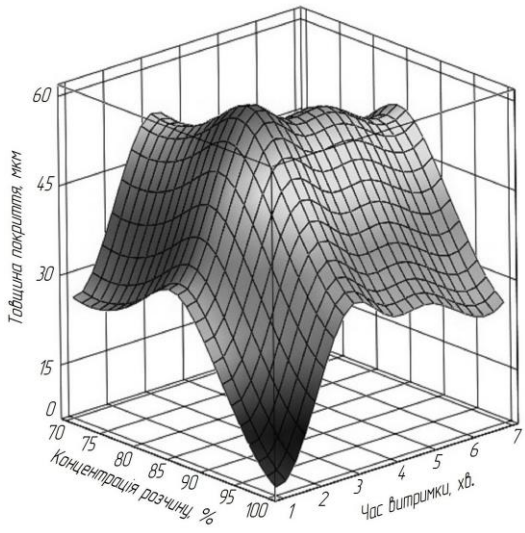


Рисунок 8 − Залежність товщини покриття від часу витримки і концентрації розчину лігносульфонату

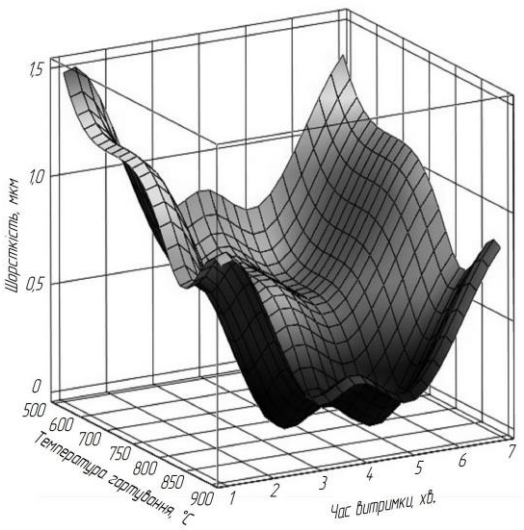


Рисунок 9 − Залежність шорсткості поверхні від температури гартування і часу витримки

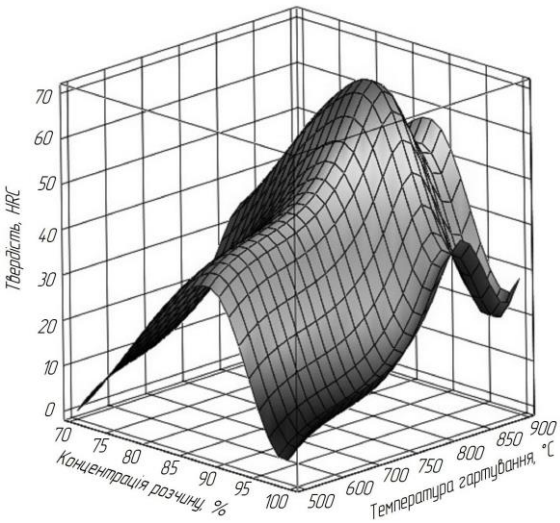


Рисунок 10 − Залежність твердості від концентрації розчину і температури гартування

На змодельованих поверхнях наочно показані екстремуми значень зносу, товщини покриття, твердості й шорсткості, визначено діапазон варіювання властивостями покриття за рахунок зміни параметрів процесу їх нанесення. Було встановлено, що мінімальний знос робочих поверхонь колінчастого вала тепловозних дизелів буде забезпечуватися при температурі гартування 750−780 °С, концентрації розчину лігносульфонату 85 % і часі витримки у розчині 3−4 хв. Отримане покриття характеризується товщиною 55 мкм, твердістю в 60−64 HRC і шорсткістю Ra = 0,6−0,65 мкм.

У четвертому розділі наведено дані експериментальних досліджень застосування комплексної технології відновлення колінчастих валів тепловозних дизелів.

Встановлено, що в процесі припрацювання пар тертя із залізовуглецевих сплавів, відбувається формування рівноважної шорсткості й вторинних структур, які підвищують несучу здатність та довговічність виробів у післяприпра-цювальний період. Новий шар, який формується при терті, є відповідальним за результати роботи на тертя. Відбувається самоорганізація у вузлах тертя, структурна пристосованість матеріалів, проявляється сумісність тертьових поверхонь. Однак вторинні структури, сформовані на поверхні пари тертя «шийка колінчастого вала − вкладиш підшипника ковзання» тепловозних дизелів, при терті не забезпечують необхідні фізико-механічні та хімічні властивості: опір схоплюванню, протизадирні властивості, опір абразивного зношування, низький коефіцієнт тертя. Матеріал та застосовувані зміцнювальні технології обробки серійних деталей тепловозних дизелів не забезпечують формування в процесі тертя захисного шару, який забезпечив би необхідну несучу здатність і зносостійкість. Вирішення цього питання можливе за рахунок застосування нової комплексної технології, що підвищує ресурс деталі.

У результаті проведених триботехнічних випробувань виявлено, що фазові перетворення металу, деталей пари тертя, що відбуваються під дією фізико-хімічних процесів, супроводжуючих процес зношування, призводять до руйнування робочої поверхні шийок колінчастих валів тепловозних дизелів. У поверхневому шарі металу утворюються оксикарбонітриди, які служать каталізатором процесу руйнування. Усунення цього ефекту передбачає регенерацію поверхневого шару деталі, без утворення структур, які за своїми властивостями відрізняються від вихідних. Вторинні структури, що сформувалися в процесі тертя, повинні успадкувати склад і структуру вихідного поверхневого шару. Ці структури можуть бути отримані на базі модифікованого оксидного поверхневого шару.

Вивчення розподілу хімічних елементів за товщиною шару дали змогу виявити загальні закономірності, а саме, що в утворенні поверхневого шару беруть участь не тільки хімічні елементи насичувального середовища, а й ті елементи, які входять до складу залізовуглецевих сплавів.

Для виявлення впливу розробленої технології відновлення на ресурс колінчастих валів, відновлених за відомою технологією і відновлених за новою комплексною технологією, були проведені порівняльні триботехнічні випробування.

Результати порівняльних випробувань наплавлених зразків без покриття і наплавлених зразків із нанесеним захисним покриттям подані на рисунку 11 і рисунку 12.

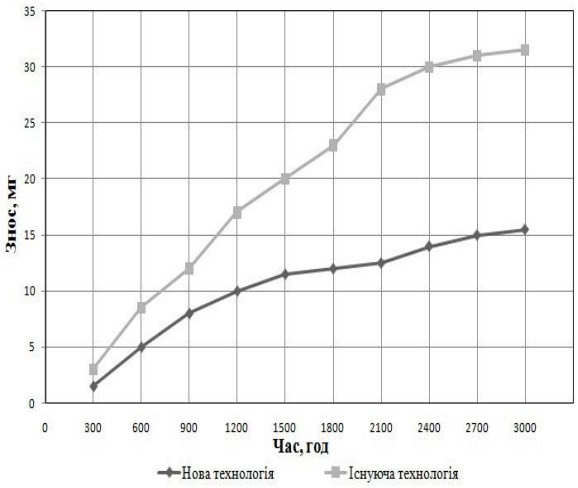


Рисунок 11 − Порівняльні випробування з визначення зносу для наплавлених зразків без покриття за існуючою технологією та наплавлених зразків із захисним покриттям, нанесеним за новою технологією

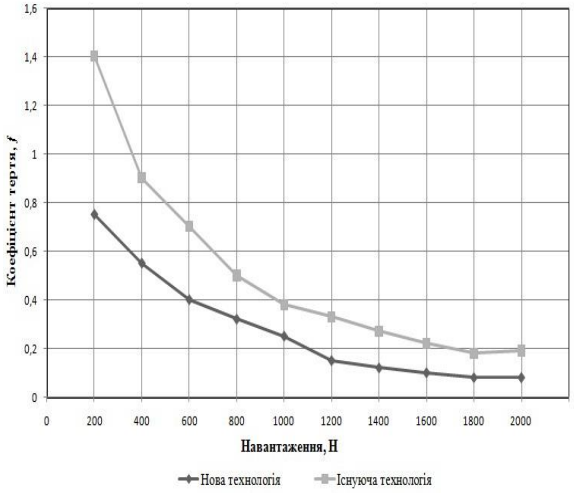


Рисунок 12 − Порівняльні випробування за визначенням коефіцієнта тертя для наплавлених зразків без покриття за існуючою технологією та наплавлених зразків із захисним покриттям, нанесеним за новою технологією

У порівнянні з існуючою технологією зміцнення індукційним гартуванням, яка була взята за базову при розробленні нової, комплексна технологія відновлення колінчастих валів тепловозних дизелів дає змогу забезпечити необхідні фізико-механічні характеристики для пари тертя «шийка − вкладиш»: знизити знос й збільшити навантаження задироутворення одночасно зі зниженням коефіцієнта тертя.

На рисунку 13 показано зміну зносу матеріалу зразків залежно від часу випробування, для зразків, оброблених за існуючою та новою технологією зміцнення. Навантаження в процесі випробування залишалося постійним і дорівнювало 800 Н. Випробування проводилися з регульованим капілярним способом підведення мастила на поверхню тертя. На рисунку 14 показано зміну коефіцієнта тертя залежно від поданого навантаження, для зразків оброблених за існуючою й новою технологією. Випробування проводилися з регульованим капілярним способом підведення масла на поверхню тертя.

Важливо зазначити, що застосування нової технології, в порівнянні з існуючою технологією прототипом, не веде до зниження твердості поверхневого шару, вона перебуває в необхідних межах для такого типу деталей, як колінчастий вал. Особливу роль відіграє й товщина нанесеного покриття, яка відповідає допустимій величині з урахуванням «зазору на масло» для колінчастих валів тепловозних дизелів різної потужності.

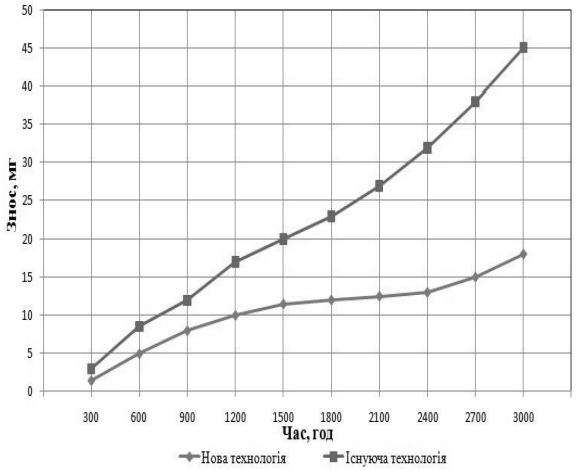


Рисунок 13 − Залежність зносу матеріалу зразків від часу випробування при використанні існуючої та нової технології відновлення

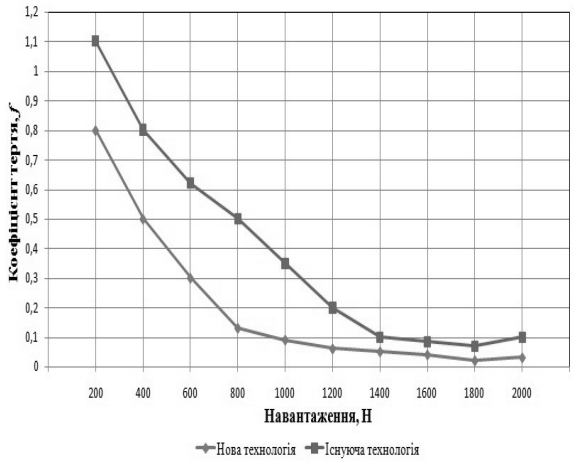


Рисунок 14 − Залежність коефіцієнта тертя від поданого навантаження, для зразків, оброблених за існуючою і новою технологією відновлення

Для всебічної оцінки експлуатаційних властивостей деталі, відновленої застосуванням розробленої технології, проводять експлуатаційні випробування. Однак, у даному випадку проведення експлуатаційних випробувань ускладнено внаслідок високої вартості колінчастого вала тепловозного дизеля. Тому були проведені порівняльні лабораторні випробування, за отриманими даними яких проведено прогнозне моделювання впливу порівнюваних способів обробки на зносостійкість колінчастого вала залежно від пробігу дизельного двигуна (рисунок 15).

У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування нової комплексної технології відновлення дає змогу підвищити міжремонтний ресурс колінчастих валів більш ніж у 1,5 разу в порівнянні з широко використовуваною технологією зміцнення.

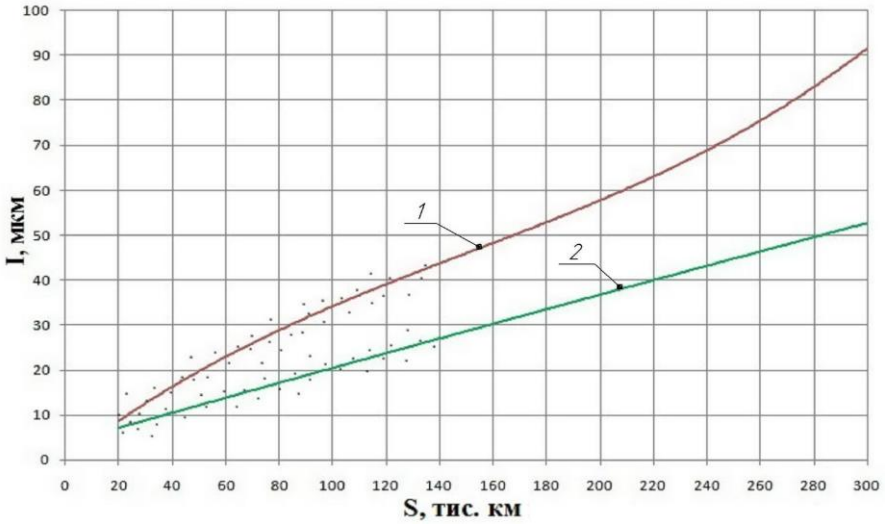
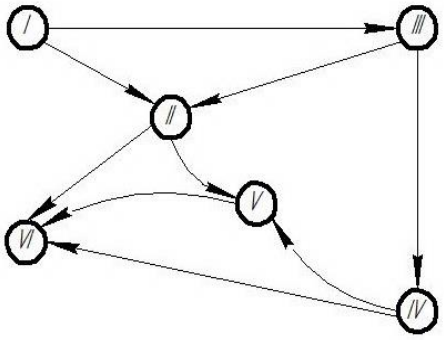


Рисунок 15 − Порівняльні залежності величини зносу робочих поверхонь колінчастого вала від пробігу: 1 − існуюча технологія; 2 − нова технологія

П’ятий розділ присвячено розробленню технологічних рішень щодо застосування нової технології відновлення та їх техніко-економічному аналізу.

На основі даних комплексу проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено технологічний процес відновлення колінчастих валів тепловозних дизелів. На рисунку 16 подано узагальнену схему технологічного процесу ремонту колінчастого валу з урахуванням застосування комплексної технології відновлення.



I − Підготовчі операції і дефектоскопія; II − Операції шліфування на ремонтний розмір шийок вала; III − Механічна обробка: розбирання і заварка тріщин; IV − Операції наплавлення шийок вала і подальшої механічної обробки; V − Операції зміцнення і нанесення антифрикційного покриття на шийки вала; VI − Правка, балансування і дефектоскопія вала, контроль і упакування.

Рисунок 16 − Технологічний процес ремонту колінчастих валів тепловозних дизелів з урахуванням застосування комплексної технології відновлення

Застосування багатофункціонального антифрикційного покриття в одному технологічному циклі з поверхневим зміцненням дає можливість підвищити твердість оброблених поверхонь до 60−64 HRC, збільшити в 1,5−2 рази зносостійкість, при цьому не знижуючи втомну міцність деталі. Важливо зазначити, технологічний процес застосування нової технології не передбачає введення додаткових операцій. За рахунок поліпшення експлуатаційних характеристик колінчастого вала збільшується його міжремонтний пробіг порівняно з використанням тільки способу індукційного гартування. У таблиці 2 наведено порівняльні характеристики існуючої технології індукційного гартування і нового розробленого способу відновлення.

Таблиця 2 – Порівняльні характеристики існуючої технології обробки і нової технології відновлення

Технологія відновлення	Механічні характеристики		Триботехнічні характеристики				Технологічні характеристики	
	Твердість, HRC	Шорсткість, R_a мкм	Коефіцієнт тертя, f	Навантаження задироутворення, кН	Знос, мг	Припрацювання, год	Кількість технологічних операцій	Час на проведення операцій, год
Існуюча технологія	54-58	0,7-0,72	0,8-0,12	1,7	30-33	8,5	Однакова	0,2
Розроблена технологія	60-64	0,6-0,65	0,02-0,05	2,0	13-16	6,0		0,15

Економічний ефект відновлення колінчастого вала визначався із зіставлення наведених витрат на відновлення за розробленою технологією й технологією,

раніше широко застосовуваною. Річний економічний ефект від впровадження нової комплексної технології відновлення становить близько 143 тис. грн. на одну деталь. Економічний ефект забезпечується за рахунок підвищення експлуатаційних властивостей деталі, збільшення часу міжремонтних періодів, низької собівартості матеріалів розробленої технології, а також за рахунок того, що технологічний процес відновлення не містить додаткових операцій.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання − удосконалення технології відновлення колінчастих валів тепловозних дизелів шляхом нанесення антифрикційного зносостійкого покриття, за рахунок поєднання технології зміцнення і нанесення антифрикційного покриття в одному технологічному циклі, що дасть змогу підвищити ресурс колінчастих валів тепловозних дизелів. У результаті проведеної роботи отримані такі основні результати:

1. На підставі досліджень умов роботи, причин виходу з ладу колінчастих валів дизельних дизелів, а також способів і методів відновлення їх працездатності встановлено, що на сьогоднішній день не існує універсальної технології, яка відповідала б заданим рівням експлуатаційних характеристик деталі з прийнятною технологічністю, ремонтопридатністю та економічністю процесів ремонту.

2. На основі вивчених особливостей зносу і руйнування колінчастих валів встановлено, що широко застосовуваний спосіб зміцнення гартуванням струмами високої частоти не задовольняє триботехнічні характеристики, які висуваються до залізовуглецевих сплавів, з яких виготовляють вали, внаслідок неможливості формування антифрикційного покриття на їх поверхні.

3. Запропоновано нову комплексну технологію відновлення, при якій процес зміцнення поверхневого шару пропонується проводити в одному технологічному циклі з процесом нанесення антифрикційного зносостійкого покриття. Як насичувальне середовище при формуванні антифрикційного покриття пропонується використовувати технічний лігносульфонат, який є продуктом переробки деревної сировини.

4. Розроблено модель технологічного процесу, що заснована на принципі суперпозиції, яка дає змогу отримати раціональні параметри нової комплексної технології підвищення зносостійкості колінчастих валів тепловозних дизелів.

5. Визначено раціональні параметри нового технологічного процесу відновлення і встановлено, що мінімальний знос корінних і шатунних шийок колінчастого вала тепловозних дизелів буде забезпечуватися при температурі гартування 750−780 °С, концентрації розчину лігносульфонату 85 % і часі витримки в розчині 3−4 хв. Отримане покриття характеризується товщиною 55 мкм, твердістю в 60−64 HRC і шорсткістю Ra=0,6−0,65 мкм.

6. На основі теоретичних досліджень виконані лабораторні стендові випробування, які підтвердили ефективність нового способу відновлення в підвищенні зносостійкості шийок колінчастих валів у 1,5−2 рази. Підвищення ресурсу

колінчастих валів забезпечує у свою чергу збільшення ресурсу тепловозних дизелів у цілому.

7. Техніко-економічний аналіз нового технологічного процесу відновлення свідчить про його ефективність. Економічний ефект від впровадження нового способу забезпечується за рахунок підвищення експлуатаційних властивостей колінчастого вала, збільшення часу міжремонтних періодів, низької собівартості матеріалів розробленої технології, а також за рахунок того, що технологічний процес не містить додаткових операцій.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Дьомін, А.Ю. Підвищення ресурсу колінчастих валів транспортних двигунів / Л.А. Тимофеєва, А.Ю. Дьомін // Міжнародний професійний журнал «Локомотив-інформ». − 2015. − № 05-06(107-108). − С. 4 – 6.

Публікації у виданнях України, які включенні до міжнародних науково-метричних баз:

2. Дьомін, А.Ю. Вдосконалення технологій відновлення працездатності колінчастих валів дизелів транспортного призначення / Л.А. Тимофеєва, С.С. Тимофєєв, А.Ю. Дьомін, Є.С. Ягодинський // Східноєвропейський журнал передових технологій. − 2014. − Т. 1, № 1 (67). − С. 60 − 64.

3. Дьомін, А.Ю. Підвищення працездатності відновлених колінчастих валів / Л.А. Тимофеєва, А.Ю. Дьомін // Науково-технічний журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті». − 2014. − № 1. − С. 41 − 43.

4. Дьомін, А.Ю. Вибір технології відновлення деталей транспортного призначення / С.С. Тимофєєв, А.Ю. Дьомін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Технологія металів та матеріалознавство. − Харків: УкрДАЗТ, 2014. − Вип. 143. − С. 216 − 221.

5. Дьомін, А.Ю. Підвищення експлуатаційного ресурсу гільз циліндрів двигунів внутрішнього згоряння / Л.А. Тимофеєва, С.С. Тимофєєв, А.Ю. Дьомін, Є.С. Ягодинський // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. − 2014. − № 3 (210). − С. 256 − 261.

6. Дьомін, А.Ю. Системний підхід в оцінці якості нанесення захисного покриття при відновленні деталей транспортного призначення / А.Ю. Дьомін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. Технологія металів та матеріалознавство. − Харків: УкрДАЗТ, 2014. − Вип. 145. − С. 163 − 166.

7. Дьомін, А.Ю. Вплив параметрів комплексної технології реновації на властивості антифрикційного покриття / А.Ю. Дьомін // Науково-технічний журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті». − 2015. − № 6. − С. 33 − 36.

Додаткові праці, які відображають результати дисертації:

8. Дьомін, А.Ю. Формування поверхневого шару триботехнічного призначення для залізовуглецевих сплавів / Л.А. Тимофеєва, С.С. Тимофєєв,

А.Ю. Дьомін, Є.С. Ягодинський // Журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва». − 2014. − Т. 1, № 2 (15). − С. 8 − 13.

9. Пат. № 109212 Україна, (2015) C21D 1/00. Спосіб поверхневого зміцнення колінчастих валів із залізовуглецевих сплавів / [Тимофеєва Л.А., Тимофєєв С.С., Дьомін А.Ю.]; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. − № a2014 02626, заяв. 17.03.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 14.

10. Пат. № 107900 Україна, (2015) C04B 35/486. Спосіб отримання матеріалу триботехнічного призначення для інструментів на основі діоксиду цирконію / [Панченко С.В., Тимофеєва Л.А., Тимофєєв С.С., Дьомін А.Ю.]; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. − № u2014 03216, заяв. 31.03.2014; опубл. 25.02.2015, Бюл. № 4.

Праці апробаційного характеру:

11. Дьомін, А.Ю. Підвищення зносостійкості деталей двигунів внутріш-нього згоряння / С.С. Тимофєєв, А.Ю. Дьомін // Матеріали 14-го міжнародного науково-технічного семінару «Сучасні проблеми виробництва й ремонту у промисловості та на транспорті», 24 − 28 лютого 2014 р., м. Свалява − Київ. − С. 220 − 222.

12. Дьомін, А.Ю. Вдосконалення технологій відновлення колінчастих валів дизелів транспортного призначення / Л.А. Тимофеєва, С.С. Тимофеєв, А.Ю. Дьомін, Є.С. Ягодинський // Збірник наукових праць V міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті», 31 березня − 7 квітня 2014 р., м. Лондон. − С. 87 − 90.

13. Дьомін, А.Ю. Технологія відновлення деталей транспортного призначення / Л.А. Тимофеєва, А.Ю. Дьомін // Тези доповідей 76-ї міжнародної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті», м. Харків: УкрДАЗТ, 2014. − С. 256 − 257.

14. Дьомін, А.Ю. Оцінка якості нанесення покриття при реновації поверхні деталей транспортного призначення / Л.А. Тимофеєва, А.Ю. Дьомін // Матеріали 14-ї міжнародної науково-технічної конференції «Інженерія поверхні й реновація виробів», 2 − 6 червня 2014 р., м. Свалява − Київ. − С. 133 − 134.

15. Дьомін, А.Ю. Дослідження впливу ріжучого інструменту на якість обробки робочої поверхні колінчастого валу тепловозних двигунів / А.Ю. Дьомін // Матеріали 14-ї міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика», 23 − 26 вересня 2014 р., м. Одеса. − С. 41 − 43.

16. Дьомін, А.Ю. Вплив параметрів комплексної технології реновації на властивості антифрикційного покриття / Л.А. Тимофеєва, А.Ю. Дьомін // Матеріали 15-го міжнародного науково-технічного семінару «Сучасні проблеми виробництва й ремонту у промисловості і на транспорті», 23 − 27 лютого 2015 р., м. Свалява − Київ. − С. 178 − 179.

17. Дьомін, А.Ю. Підвищення зносостійкості колінчастих валів тепловозних двигунів / А.Ю. Дьомін // Матеріали 15-ї міжнародної науково-технічної конференції «Інженерія поверхні і реновація виробів», 1 − 5 червня 2015 р., смт. Затока, Одеська обл. − Київ. − С. 53 − 55.

18. Дьомін, А.Ю. Вплив багатофункціональних зносостійких покриттів на якість поверхневого шару деталей триботехнічного призначення / А.Ю. Дьомін // Матеріали 15-ї міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика», 15 − 18 вересня 2015 р., м. Одеса. − Київ. − С. 34 − 37.

19. Дьомін, А.Ю. Удосконалення технології відновлення колінчастих валів тепловозних дизелів / Л.А. Тимофеєва, А.Ю. Дьомін // Матеріали круглого столу в рамках 15-ї Міжнародної виставки промислового обладнання і металообробки «Машпром-2015» «Ефективні технології при виготовленні, ремонті і відновленні деталей», 7 жовтня 2015 р., м. Дніпропетровськ. − С. 112 − 113.

АНОТАЦІЯ

Дьомін А.Ю. Удосконалення технології відновлення колінчастих валів тепловозних двигунів шляхом нанесення антифрикційного зносостійкого покриття. − Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 − експлуатація та ремонт засобів транспорту. − Український державний університет залізничного транспорту МОН України, Харків, 2016.

Дисертація присвячена питанням удосконалення технології відновлення колінчастих валів тепловозних двигунів шляхом нанесення антифрикційного зносостійкого покриття, що дасть змогу підвищити працездатність тепловозних колінчастих валів.

З цією метою у роботі запропоновано комплексну технологію, що поєднує технології зміцнення і нанесення зносостійкого антифрикційного покриття в одному технологічному циклі. Як насичувальне середовище при формуванні антифрикційного покриття пропонується використовувати технічний лігносульфонат, який є продуктом переробки деревної сировини. Розроблено модель технологічного процесу, що побудована на принципі суперпозиції, яка дає можливість отримати раціональні параметри нової комплексної технології підвищення зносостійкості колінчастих валів тепловозних дизелів. Встановлено залежності між параметрами технологічного процесу відновлення та експлуатаційними властивостями колінчастого вала, що дозволяє впливати на його працездатність.

На основі теоретичних досліджень виконані лабораторні стендові випробування, які підтвердили ефективність нового способу відновлення в підвищенні зносостійкості шийок колінчастих валів у 1,5−2 рази. Підвищення ресурсу колінчастих валів забезпечує збільшення моторесурсу тепловозних дизелів у цілому. Техніко-економічний аналіз нового технологічного процесу відновлення свідчить про його ефективність.

Ключові слова: колінчасті вали тепловозних дизелів, комплексна технологія відновлення, антифрикційне зносостійке покриття, ресурс.

АННОТАЦИЯ

Дёмин А.Ю. Совершенствование технологии восстановления коленчатых валов тепловозных двигателей путем нанесения антифрикционного износостойкого покрытия. − Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 − эксплуатация и ремонт средств транспорта. − Украинский государственный университет железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2016.

Диссертация посвящена вопросам совершенствования технологии восстановления коленчатых валов тепловозных двигателей путем нанесения антифрикционного износостойкого покрытия, что позволит повысить работоспособность тепловозных коленчатых валов.

С этой целью в работе предложена комплексная технология, сочетающая технологии упрочнения и нанесения износостойкого антифрикционного покрытия в одном технологическом цикле. В качестве насыщающей среды при формировании антифрикционного покрытия предлагается использовать технический лигносульфонат, являющийся продуктом переработки древесного сырья. Разработана модель технологического процесса, основанная на принципе суперпозиции, которая позволяет получить рациональные параметры новой комплексной технологии восстановаления. Для оценки динамики изменения данных экспериментов был проведен регрессионный анализ. Определен характер влияния технологических параметров температуры закалки, концентрации раствора, времени выдержки на свойства полученного покрытия: толщину, твердость, шероховатость и износ.

Определены рациональные параметры разработанной технологии восстановления путем моделирования поверхности каждого из свойств покрытия в зависимости от двух параметров технологического процесса. Установлено, что минимальный износ коренных и шатунных шеек коленчатого вала тепловозного дизеля будет обеспечиваться при температуре закалки 750 − 780 °С, концентрации раствора лигносульфоната 85 % и времени выдержки в растворе 3 − 4 мин. Полученное покрытие характеризуется толщиной 55 мкм, твердостью в 60 − 64 HRC и шероховатостью Ra=0,6 − 0,65 мкм.

На основе теоретических исследований выполнены сравнительные лабораторные испытания на образцах, изготовленных из материала, применяемого для коленчатых валов. Для выявления фазового состава и структуры поверхностного слоя образцов с нанесенным покрытием были проведены триботехнические исследования, а также комплексные исследования взаимодействия элементов матрицы металла образцов и химических элементов, входящих в состав насыщающей среды, формирующей покрытие. Определено, что для улучшения эксплуатационных характеристик трущихся пар необходимо на поверхности трения получать новый материал поверхностного слоя на базе оксидов железа. Вторичные структуры, образовавшиеся в процессе трения, должны унаследовать состав и структуру

исходного поверхностного слоя. Этим будут объясняться и триботехнические свойства предложенного нового покрытия как целого материала.

Применение комплексной технологии восстановления эксплуатационных характеристик коленчатого вала тепловозных дизелей позволит значительно сократить время приработки деталей, повысить износостойкость, нагрузку задирообразования и обеспечит низкий коэффициент трения триботехнического соединения − «шейка − вкладыш», а также увеличит ресурс двигателя в целом.

На основе данных комплекса проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан технологический процесс восстановления коленчатых валов тепловозных дизелей. Технико-экономический анализ нового технологического процесса восстановления свидетельствует о его эффективности. Экономический эффект от внедрения нового способа обеспечивается за счет повышения эксплуатационных свойств коленчатого вала, увеличения времени межремонтных периодов, низкой себестоимости материалов разработанной технологии, а также за счет того, что технологический процесс не содержит дополнительных операций.

Ключевые слова: коленчатые валы тепловозных дизелей, комплексная технология восстановления, антифрикционное износостойкое покрытие, ресурс.

ABSTRACT

Dyomin A.Y. Improving the technology of recovery diesel engines crankshafts by applying an anti-friction wear-resistant coating. − Manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences on specialty 05.22.20 − vehicles operation and maintenance. − Ukrainian State University of Railway Transport MES of Ukraine, Kharkiv, 2016.

The thesis is devoted to improving recovery technology diesel engines crankshafts by applying antifriction wear-resistant coating that will improve the efficiency of diesel crankshaft.

To this end, in the proposed integrated technology that combines strengthen technology and the application of antifriction wear-resistant coating in a single technological cycle. Encouraged to use in the formation anti-friction coating the technical lignosulfonate, which is a product of the processing of raw wood. Developed the model of the technological process that is based on the principle of superposition, which enables to get a rational parameters of the new integrated technology enhance the wear-resistance of diesel engines crankshafts. Defined the dependencies between the parameters of recovery process and crankshaft running ability, that allow influence its performance.

Based on theoretical research, perform a laboratory bench testing, which confirmed the effectiveness of a new method of recovery in improving wear-resistance of crankshaft necks in 1,5−2 times. Improving the resource of crankshaft provides increased of engine life in general. Techno-economic analysis of the new technological process of recovery evidence of its efficiency.

Keywords: crankshafts diesel engines, complex technology of recovery, anti-friction wear-resistant coating, resource.

ДЬОМІН АНДРІЙ ЮРІЙОВИЧ

УДК 629.083

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ ТЕПЛОВОЗНИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНОГО ЗНОСОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ

05.22.20 − експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск доц. Федченко І.І.

Підписано до друку «30» вересня 2016р.
Формат 60х84 1/16. Папір для множних апаратів.
Умовн. -друк. арк. 0,7. Обл. -вид. арк. 0,9.
Замовлення № 396. Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДУЗТ. Свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДУЗТ, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.