

Міністерство інфраструктури України
Українська державна академія залізничного транспорту

ОСТАПЧУК ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 629.083

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ
ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ
ПІД ЧАС РЕМОНТУ**

05.22.20- експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків - 2011

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Матеріали та технології виготовлення виробів транспортного призначення» в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства інфраструктури України

Науковий консультант:

доктор технічних наук, професор
Данько Микола Іванович,
Українська державна академія залізничного
транспорту, ректор

Офіційні опоненти: -

доктор технічних наук, професор
Кельрих Мусій Борисович,
Державний економіко-технологічний університет
транспорту, кафедра «Вагони», завідувач
кафедри

доктор технічних наук, професор
Фалендиш Анатолій Петрович,
Українська державна академія залізничного
транспорту, кафедра «Експлуатація та ремонт
рухомого складу», професор

доктор технічних наук,
Горобець Володимир Леонідович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту ім. академіка В.
Лазаряна,
галузева науково-дослідна лабораторія динаміки
та міцності рухомого складу, головний науковий
співробітник

Захист відбудеться "24" листопада 2011 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.04 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7
З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7

Автореферат розісланий "24" жовтня 2011 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Одним з основних стратегічних пріоритетів діяльності залізничного транспорту є безпека пасажирських та вантажних перевезень, які залежать від надійності роботи деталей та вузлів засобів транспорту в умовах інтенсивної їх експлуатації. Найважливішою складовою частиною утримання та експлуатації засобів транспорту є система їх обслуговувань та ремонтів.

Метою системи обслуговування і ремонтів засобів транспорту є управління технічним станом протягом терміну їх служби, що дозволяє забезпечити попередження відмов і прискореного зносу, підтримання технічних характеристик на заданому рівні, надійність в експлуатації.

Актуальність теми. Щорічно на закупівлю нових деталей витрачаються значні кошти. У таких умовах виникає проблема щодо знаходження компромісного рішення між закупівлею та відновленням запасних частин. Однією з основних причин втрати працездатності є невідповідність геометричних розмірів нормативним внаслідок їх зносу. Одним з напрямків процесу утримання засобів транспорту є встановлення зв'язку між видом, величиною зносу робочих поверхонь деталей і необхідними технологічними методами їх відновлення, завдяки чому можна дозволить вирішити таку актуальну проблему, як реновація характеристик зношених деталей, що дозволить оптимально витратити ресурси підприємства виробника техніки, знизити витрати підприємства-споживача техніки, а також ремонтного підприємства.

У сучасних умовах, що вимагають економії на підприємствах, які експлуатують засоби транспорту, все більшої актуальності набувають питання відновлення зношених деталей замість закупівлі нових, оскільки проведення ремонтних робіт часто економічно вигідніше від їх заміни.

Аналіз існуючих засобів і методів відновлення зношених деталей та вузлів засобів транспорту свідчить про те, що вони вимагають використання спеціального обладнання і дорогих матеріалів, але при цьому не завжди забезпечують задану зносостійкість після їх відновлення. Крім того, при відновленні деталей не завжди враховується стан зношених поверхонь після їх експлуатації, вид зносу, це призводить до неякісного їх ремонту. З урахуванням великої номенклатури зношених деталей засобів транспорту до теперішнього часу не існує єдиного підходу до розроблення засобів і методів технологій їх відновлення не тільки геометричних розмірів, але і забезпечення якості робочих поверхонь. Це вимагає науково-обґрунтованого підходу до розвитку наукових основ підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту під час їх ремонту, що є актуальною науково-прикладною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дослідження за темою дисертаційної роботи виконувалося в рамках держбюджетних наукових тем кафедри «Матеріали та технології виготовлення виробів транспортного призначення» Української державної академії залізничного транспорту. Робота виконувалася за пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології на залізничному транспорті» в рамках держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України «Дослідження формування покриттів на керамічних матеріалах на основі оксиду хрому, вплив їх на фізико-механічні властивості матеріалів» (ДР № 0203U002672), «Розробка і впровадження технологій відновлення зношених деталей рухомого складу» (ДР № 0107U008937), «Проведення експлуатаційних досліджень нового складу ріжучого інструменту для обточки колісних пар при їх відновленні» (ДР № 0108U006512), «Створення технологій формування нового матеріалу покриттів на металевих матеріалах» (ДР № 010U008937), в яких автор був провідним виконавцем.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження полягає у підвищенні експлуатаційних властивостей деталей та вузлів засобів транспорту під час їх відновлення шляхом удосконалення технологічних процесів ремонту.

Для досягнення поставленої мети в роботі були сформульовані такі завдання:

- зробити аналіз систем ремонту та обслуговування засобів транспорту і технологічних процесів при їх виконанні;
- проаналізувати вихід з ладу деталей та вузлів засобів транспорту;
- встановити залежність між видом, величиною зносу робочих поверхонь деталей засобів транспорту та технологічними методами відновлення їх працездатності;
- розробити технологічні критерії необхідності ремонтного відновлення деталей засобів транспорту або необхідності їх заміни на нові;
- на основі теоретичних і експериментальних досліджень визначити шляхи підвищення зносостійкості відповідних деталей та вузлів засобів транспорту під час їх ремонту;
- розробити ефективні технологічні рішення відновлення працездатності зношених деталей засобів транспорту з урахуванням величини та виду зносу;
- розробити загальний методологічний підхід спрямованого вибору технології відновлення деталей транспортного призначення;
- розробити методологію оцінки якості відновлених поверхонь деталей засобів транспорту;
- розробити методи відновлення деталей засобів транспорту з використанням ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій;
- для оцінки практичної значущості результату виконаних розробок провести аналіз техніко-економічної ефективності використання нових

технологій, способів підвищення зносостійкості та ресурсу деталей, які рекомендуються для їх відновлення, та запропонувати їх у виробництво.

Об'єкт дослідження - технологічні процеси відновлення та ремонту деталей засобів транспорту.

Предмет дослідження - зносостійкість деталей та вузлів засобів транспорту під час їх ремонту.

Методи досліджень. Виконані в дисертаційній роботі дослідження ґрунтуються на методах математичної статистики та аналізу статистичних даних, теорії імовірності при дослідженні показників працездатності засобів транспорту, теорії надійності; методах об'єктно-орієнтованого програмування, експертних оцінок, комп'ютерного моделювання, математичної обробки експериментальних даних, методах та засобах експериментального дослідження експлуатаційних властивостей відновлених деталей, методах системного аналізу при формалізації процесу відновлення зношених деталей як цілісної системи при ремонті засобів транспорту.

Наукова новизна отриманих результатів. Основні положення, які характеризують наукову новизну дисертаційної роботи, полягають у такому.

Вперше:

- на підставі аналізу технології відновлення зношених деталей та вузлів засобів транспорту запропоновано системний підхід до оцінки технологічних процесів шляхом відновлення поверхонь з урахуванням індивідуальних умов їх експлуатації;

- розроблено математичну модель розбирання деталей засобів транспорту з оптимізацією часових технологічних ланцюгів;

- розроблено методи відновлення деталей засобів транспорту з використанням ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій;

- розроблено модель вибору раціональних технологічних рішень відновлення працездатності зношених деталей та вузлів засобів транспорту з урахуванням величини та виду зносу;

- визначено шляхи підвищення зносостійкості деталей з конкретних матеріалів після їх відновлення в умовах експлуатації на основі теоретичних і експериментальних досліджень та їх узагальнення;

- отримано залежності раціональних параметрів технологічних процесів відновлення зношених деталей та вузлів засобів транспорту, що дозволяють прогнозувати ступінь їх подальшої експлуатації.

Доопрацьовано:

- метод визначення величини зносу робочих поверхонь деталей засобів транспорту залежно від параметрів технології для окремих видів деталей з врахуванням властивостей поверхневого шару;

- технологічні критерії необхідності ремонтного відновлення деталей та вузлів засобів транспорту або необхідності їх заміни на нові, які, на відміну від відомих критеріїв, враховують зносостійкість їх поверхонь.

Практичне значення одержаних результатів. На основі теоретичних і експериментальних досліджень вдосконалено методи та засоби підвищення зносостійкості та параметри технологічних процесів, що дозволяє поліпшити експлуатаційні властивості деталей та вузлів засобів транспорту шляхом впровадження розроблених комплексних науково-обґрунтованих підходів.

Розроблені технологічні методи підготовки деталей для їх відновлення шляхом технологічних рекомендацій з використанням нових інструментальних матеріалів забезпечують відновлення геометричних розмірів та усунення дефектів на поверхні деталей засобів транспорту.

Розроблено модель технологічного процесу розбирання деталей та вузлів засобів транспорту, яка дозволяє оцінювати вплив всіх елементів часу технологічного процесу, економічні показники і показники надійної експлуатації.

Розроблено спосіб поверхневого зміцнення коліс суцільнокатаних (Патент України АС № 85113). Розроблено склад матеріалу електрода для відновлення поверхні зношених деталей (Патент України № 14356). Розроблено спосіб підвищення зносостійкості деталей рухомого складу (Патент України № 33358). Розроблено склад матеріалу, що підтверджується відповідними актами впровадження.

Результати роботи впроваджено при відновленні деталей засобів транспорту в локомотивних депо Південної залізниці, НТО «Технологія» м. Харкова та інших підприємствах транспортного призначення при виготовленні та відновленні устаткування спеціального призначення та деталей засобів транспорту. На основі методологічних рекомендацій удосконалення методів і засобів підвищення зносостійкості та ресурсу деталей, вузлів, агрегатів засобів транспорту в технології ремонту запропоновано нове технічне рішення щодо оптимізації процесу їх відновлення на підприємствах залізничного транспорту.

Матеріали роботи використовуються в навчальному процесі УкрДАЗТу при вивченні студентами механічного факультету та факультету управління процесами перевезень дисциплін «Технологія конструкційних матеріалів», «Нові матеріали та технології виготовлення і відновлення деталей», «Ресурсозберігаючі матеріали та технології виготовлення деталей транспортного призначення», «Нові технологічні матеріали та методи неруйнуючого контролю», «Нормативне забезпечення якості продукції».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення, розробки та результати досліджень, що виносяться на захист, отримано особисто автором. У працях, написаних у співавторстві, йому належать: визначення напрямків досліджень [2, 26, 27, 44, 46]; розроблення і встановлення

механічних та експлуатаційних властивостей відновлених деталей та узагальнення результатів [12, 14, 15, 18, 19]; постановка завдання і проведення досліджень, основні технічні рішення і проведення досліджень, отримання основних технічних рішень за результатами досліджень [16, 17, 23, 24, 25, 30, 37]; отримання початкових даних і визначення рівня властивостей, вузлів засобів транспорту [31, 33, 34, 36, 27, 28, 30]; виконано комплексні дослідження зносостійкості та працездатності відновлених деталей [7, 41, 42, 43], розроблено методологію та обґрунтовано системний підхід до вибору технології відновлення деталей та вузлів засобів транспорту [20, 21, 22, 32, 39, 40, 41, 42].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертації були повідомлені та обговорювалися на 22 міжнародних науково-технічних конференціях та міжнародних науково-практичних семінарах:

- 3, 5, 6, 10 міжнародних науково-технічних семінарах «Сучасні проблеми підготовки виробництва, обробки та складання в машинобудуванні та приладобудуванні» (25-27 лютого 2003 року, м. Свалява; 22-24 лютого 2005 року, м. Свалява; 25-28 лютого 2006 року м. Свалява; 22-26 лютого 2010 року м. Свалява.);

- 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 міжнародних науково-технічних конференціях «Інженерія поверхні і реновація виробів» (29-31 травня 2001 року, м. Феодосія; 27-29 травня 2003 року, м. Ялта; 25-27 травня 2004 року, м. Київ; 27-29 вересня 2005 року, м. Ялта; 30 травня - 1 червня 2006 року, м. Київ; 27-29 травня 2008 року, м. Київ; 25-29 травня 2009 року, м. Ялта; 24-28 травня 2010 року, м. Ялта);

- 7, 8, 9, 11 міжнародних науково-практичних конференціях «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика», (25-27 вересня 2007 року, м. Ялта; 25-28 вересня 2008 року, м. Ялта; 21-25 вересня 2009 року, м. Ялта, 26-29 вересня 2011р., м. Ялта);

- 68, 71, 73 науково-технічних конференціях кафедр УкрДАЗТ та фахівців залізничного транспорту (25-27 квітня 2006 року м. Харків; 22-24 квітня 2009 року, м. Харків; 12-13 квітня 2011 року, м. Харків);

- 24-й міжнародній конференції «Перспективні комп'ютерні, управляючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (12-15 вересня 2011 року, м. Алушта);

- XXI-й міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми розвитку рейкового транспорту» (26-30 вересня 2011 року, м. Ялта).

Основні положення дисертації доповідалися на кафедрі з 2006 по 2011 роки. У повному обсязі дисертаційна робота доповідалася в 2011 році на розширеному засіданні кафедри «Матеріали та технології виготовлення виробів транспортного призначення» Української державної академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації результатів досліджень. Всього опубліковано 47 праць, з них 22 статті опубліковано у фахових виданнях, 3 патенти України, а також 22 тези та матеріали конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Повний обсяг дисертації складає 341 сторінка, із яких основного тексту 267 сторінок, 66 ілюстрацій, 58 таблиць, 4 додатки, список використаних джерел включає 429 найменувань на 39 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми дисертації та розглянуто наукову проблему з розроблення основ підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту під час ремонту, сформульовано мету і завдання теоретичних та практичних досліджень, показано зв'язок з науковими темами та програмами, визначено наукову та практичну цінність отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, а також результати апробації та впровадження роботи в транспортному машинобудуванні країни, обсяг і структуру дисертації.

У першому розділі зроблено аналіз технологічних процесів при ремонті і технічному обслуговуванні засобів транспорту. Огляд літератури з результатами досліджень вітчизняних та закордонних науковців свідчить про те, що роботи з підвищення експлуатаційних властивостей деталей та вузлів транспортних засобів проводяться в напрямку вдосконалення існуючих технологій відновлення, покращення технологічних процесів їх виробництва та умов експлуатації, розроблення нових технологічних способів та методів відновлення робочих поверхонь деталей транспортних засобів з урахуванням їх зносостійкості.

Теоретичною та методологічною основою дослідження способів і технологічних процесів експлуатації, технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, відновлення їх деталей є праці вчених і фахівців з проблем теорії організації ремонтного виробництва та ремонту засобів транспорту: Бодняра Б.Є., Блохіна Є.П., Бутько Т.В., Гетьмана Г.К., Грищенка С.Г., Голубенка О.Л., Горобця В. Л., Данька М. І., Дьоміна Ю.В., Кельриха М.Б., Котенка А.М., Косова Є.Є., Кудряша А.П., Мямліна С.В., Мовшовича А.Я., Маслієва В.Г., Мороза В. І., Нагорного Є.В., Самсонкіна В.М., Тартаковського Е. Д., Фалендиша А. П. та інших.

На мережі залізниць для проведення всіх видів ремонту та огляду щодоби відволікається з перевізного процесу близько 12 % експлуатованого парку рухомого складу. З аналізу технічного стану деталей та вузлів засобів транспорту видно, що за період з 2000 по 2011 рік спостерігається тенденція до збільшення кількості непланових ремонтів.

Організація обслуговування та ремонту технічних засобів залізничного транспорту України в основному базується на системі планово-попереджувального ремонту, що регламентує види, періодичність та обсяги основних ремонтних робіт. При цьому використовуються єдині технологія і організація виконання обслуговування та ремонту вузлів і деталей засобів транспорту, таких як дизель-генераторна установка, тягові електричні машини, колісні пари та редуктори, буксові вузли, паливна апаратура та ін. Це дозволяє вважати, що проблема розвитку наукових основ підвищення експлуатаційних властивостей засобів транспорту під час їх ремонту ще не повністю вирішена. Діюча система планово-попереджувального ремонту орієнтована на середньостатистичний рівень його технічного стану. У порядку її вдосконалення регулярно коригується перелік видів ремонту та середньомережені норми міжремонтних періодів для кожної серії та типу засобів транспорту. Правила ремонту розроблені для кожної серії і передбачають виконання обов'язкового певного обсягу огляду та ремонтних робіт незалежно від напрацювання і фактичного технічного стану обладнання кожної одиниці. Інша частина робіт виконується за результатами передбачених вимірювань, огляду, дефектації вузлів, систем і агрегатів після їх демонтажу з повним або частковим розбиранням. Дефекти виявляються за зовнішніми ознаками (підвищений люфт, вібрація, шум, нагрів, знос, стан кріплення і т. п.). Крім того, зіставляються результати вимірювань (геометричних розмірів, електричних параметрів, натискань тощо).

Основними показниками відповідності складу та обсягу робіт, виконуваних при планово-попереджувальному ремонті, фактичному технічному стані є число псувань, несправностей, непланових ремонтів. За результатами обліку та аналізу таких відмов у депо і на залізницях розробляються заходи з підвищення якості ремонту найбільш ушкоджуваних вузлів, що лімітують надійність.

Таким чином, при експлуатації та ремонті засобів транспорту можна виділити ряд технічних, організаційних та економічних проблем:

- зростання обсягу перевезень залізничним транспортом і необхідність їх забезпечення рухомих складом необхідної потужності і надійності;
- обмеженість фінансових ресурсів галузі та необхідність збільшення витрат на підтримку засобів транспорту в працездатному стані внаслідок його старіння;
- застарілий рівень технологій та матеріально-технічних баз ремонтних організацій, підприємств та депо і необхідність підвищення якості та ефективності ремонту;
- висока вартість дизельного палива та електроенергії і потреба зниження частки витрат енергоресурсів на тягу поїздів;
- фізичне та моральне старіння рухомого складу і необхідність забезпечення необхідного рівня безпеки руху, створення відповідних

ергономічних та санітарно-гігієнічних умов для роботи локомотивних бригад. При моделюванні системи ремонту обов'язковими вимогами є використання нових технологічних рішень та засобів для їх реалізації.

Основними шляхами підвищення ефективності технологічного процесу ремонту засобів транспорту як складної системи є:

- визначення стану вузлів та агрегатів, що впливають на працездатність, безпеку руху і зниження питомих енерговитрат;
- регламентоване застосування засобів діагностування, а також комплексних інформаційних технологій для обліку та аналізу даних з експлуатації, відмов і ремонту обладнання;
- можливість оперативно перебудовувати виробничі процеси при впровадженні нової техніки і технологій для відновлення робочої поверхні деталей та вузлів транспортних засобів.

Оцінка інтенсивності зносу, прогнозування залишкового ресурсу обладнання засобів транспорту як процес управління його експлуатацією та ремонтом дозволяє впливати на підвищення надійності деталей та вузлів засобів транспорту при їх ремонті. Для прогнозування структурного стану поверхні і властивостей виробів необхідно заздалегідь встановити ступінь впливу різних чинників на рівень зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту під час їх ремонту, використовуючи єдиний підхід. У зв'язку з виявленими невирішеними теоретичними та практичними завданнями визначилося коло проблем, для вирішення яких сформульовано мету і завдання дисертації.

У другому розділі досліджено та узагальнено причини виходу з ладу деталей засобів транспорту, технології та методи їх відновлення при ремонті з використанням ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій.

Вихід з ладу деталей засобів транспорту, що знаходяться в процесі експлуатації, є наслідком фізичного зносу різних видів: втомних руйнувань, повзучості матеріалів, механічного зносу, корозії, ерозії, кавітації, старіння матеріалу та ін.

Найбільш поширеною причиною порушення працездатності деталей та вузлів засобів транспорту є знос та пошкодження їх робочих поверхонь. Якість поверхні деталей визначається геометричними характеристиками і фізико-механічними властивостями поверхневого шару. Технологічний аналіз деталей, для яких можливе управління якістю оброблення їх робочих поверхонь, дозволив розбити їх на окремі групи залежно від вимог, що висуваються як до самих деталей, так і до їх поверхонь.

Великий вплив на знос поверхонь деталей має середовище, в якому вони працюють (агресивні гази, рідини і т. п.). Завдання підвищення опору стирання важливе для деталей, що працюють у забрудненому середовищі, до яких належать, деталі засобів транспорту, а саме вали, осі, колінвали транспортних, будівельно-колійних машин та ін.

На рис. 1 і 2 показано окислювально-абразивний знос шатунних шийок колінчастого вала дизеля тепловоза ЧМЕЗ і корозійно-абразивний знос підшипників шийок вала ротора насоса НС-180.



Рис. 1. Окислювально-абразивний знос шатунних шийок колінчастого вала дизеля тепловоза ЧМЕЗ

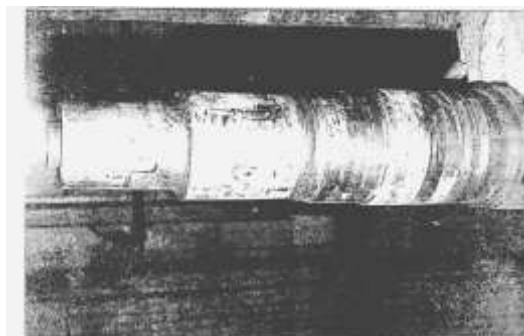


Рис. 2. Корозійно-абразивний знос підшипників шийок вала ротора насоса НС-180

В окремих випадках вали виходять з ладу через зношення та задири посадочних шийок. Посадочні шийки валів відновлюють до номінальних розмірів шляхом нарощування наплавленням, металізацією, електролітичним покриттям, способом пластичного деформування, застосуванням напресування втулки.

Для підвищення несучої здатності деталей типу валів застосовуються різні методи їх зміцнення: гартування шийок вала струмами високої частоти (СВЧ), нанесення гальванічних покриттів, азотування, зміцнення методами ЕЕЛ тощо.

У роботі розглянуто основні закономірності зношування деталей циліндро-поршневої групи та математична інтерпретація графічних залежностей перетворення технологічного рельєфу в експлуатаційний.

Загальну математичну інтерпретацію затраченої роботи тертя формалізовано так:

$$dA = S\mu dP = S\mu f(l)dl, \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт тертя;

P – тиск;

S – шлях тертя;

l – довжина гільзи циліндра.

У двигунів найбільш схильна до теплових і механічних навантажень верхня частина гільзи, де температура і тиск газів найвищі (рис. 3). Нижня частина гільзи знаходиться в кращих умовах, оскільки сприймає менший тиск і теплове навантаження. При русі поршня сила тертя між кільцями і гільзою досягає максимуму в момент зміни напрямку руху, тобто коли швидкість поршня наближається до нуля.

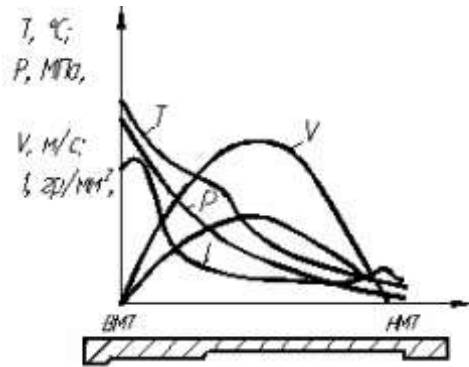


Рис. 3. Зміна температури (Т), тиску (Р), швидкості руху (V), зносу (I) по довжині циліндричної втулки

Товщина мастильної плівки між поршнем і гільзою змінюється залежно від температури, тиску і швидкості ковзання поверхонь. По довжині циліндра поршневі кільця можуть працювати в умовах сухого і граничного тертя. У місцях реверсування і, особливо, у верхній зоні циліндра товщина масляного шару мінімальна, тому що тут найбільші температура і питомий тиск. Якість внутрішньої поверхні гільз циліндрів досягається правильністю геометричної форми гільз і необхідною шорсткістю (чистотою) обробки їх поверхні.

У роботі визначено причини зносу колісних пар рухомого складу, які з урахуванням умов експлуатації викликають утворення дефектів на поверхні кочення колеса і наростання швидкості їх зношування, що веде до повної або часткової втрати їх працездатності.

Проведені експериментальні дослідження показали, що поведінка металу в процесі експлуатації залежить від ряду зовнішніх чинників - навантажень і вихідних внутрішніх чинників - механічних властивостей. Основні механічні властивості виробу визначають не лише працездатність, але і стійкість до стирання й утворення тріщин.

Характерними несправностями колісних пар рухомого складу є знос бандажів, прокат, вибоїни або повзуни, підріз гребеня; ослаблення бандажа, колісного центра, зубчастого колеса, тріщини, вм'ятини, відколи зубів зубчастого колеса; тріщини, риски, забоїни, вм'ятини на шийках осі та ін.

Вибоїни або повзуни на поверхні кочення бандажа утворюються внаслідок заклинювання колісних пар при неправильному гальмуванні, руйнуванні роликотішипників, заклинюванні зубчастої передачі (рис. 4, 5).



Рис. 4. Вищербина I типу
гальмівного походження



Рис.5. Тріщини від термофрікційно-
го термічного впливу на
поверхні кочення колеса

Інтенсивність зносу за профілем обода колісних пар останнім часом істотно зростає. До основних причин цього можна віднести підвищення швидкості руху поїздів і навантаження на вісь без істотної зміни конструкції колісної пари. Одним із шляхів зниження інтенсивності зношування деталей засобів транспорту під час їх відновлення є створення на поверхні деталей шарів з заданими структурою і властивостями.

Систематизовано існуючі методи підвищення зносостійкості деталей засобів транспорту, проаналізовано їх недоліки та запропоновано шляхи розвитку наукових основ підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту під час їх ремонту.

У третьому розділі розглянуто методологію направленої вибору технології відновлення деталей засобів транспорту під час їх ремонту.

Методологічний напрям полягає в розробленні методів дослідження і конструювання складно організованих об'єктів – систем різних типів і класів – та є теоретичною основою системного аналізу. Системний аналіз включає ряд інших, підлеглих йому методів. Один з них є метод направленої вибору, який являє собою сукупність спеціальних методів дослідження.

Методологія направленої вибору технології відновлення деталей транспортного призначення охоплює весь його життєвий цикл, що включає матеріал виробу та його елементів, технологію ремонту і відновлення їх. Можна виділити дві сфери існування виробу: інформаційну і матеріальну (рис. 6).

У даній інтерпретації просліджується сам метод системного аналізу. Сукупність проблем і питань, пов'язаних з розробленням технології підвищення зносостійкості деталей транспортного призначення, складають наочну галузь методології в даному дослідженні.

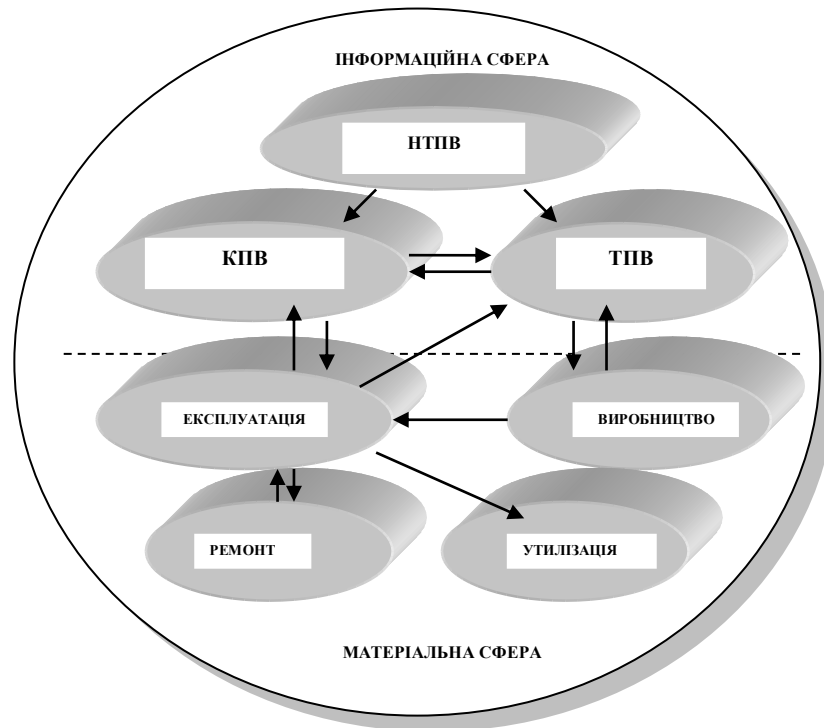


Рис. 6. Взаємозв'язок інформаційної і матеріальної сфер створення та існування виробів (НТПВ – науково-технічна підготовка виробництва; КПВ – конструкторська підготовка виробництва; ТПВ – технологічна підготовка виробництва)

Останнім часом, враховуючи необхідність вирішення оптимізаційних завдань, значно зростає роль інформаційної сфери. Проте відсутність виявлених закономірностей з формування необхідної якості поверхневого шару деталі після відновлення вимагає проведення значних експериментів для правильного вибору технологічного процесу ще до його запуску у виробництво.

Науково-технічна підготовка виробництва через розроблення і використання нових технологій, через виявлення закономірності ходу виробничих процесів впливає на конструкторську підготовку виробництва і технологічну підготовку виробництва.

При обробці виробів на технологічність з урахуванням стадій їх життєвого циклу відбувається коректування властивостей виробів або підбирається раціональна технологія виготовлення. Залежно від технологічної раціональності конструкції виробу можуть істотно змінюватися економічні, енергетичні, екологічні показники виробництва та якісні показники виробів.

Характеристики виробу, отримані на стадії виробництва, виявляються у сфері експлуатації. При цьому по мірі морального старіння виробів до них висуваються більш високі вимоги. Це спричиняє необхідність зміни як конструкції, так і технології виготовлення виробу.

Вимоги до виробів постійно підвищуються, що вимагає нових досліджень і подальшого просування НТПВ.

Експлуатація тісно взаємопов'язана з ремонтом виробів. Від правильності експлуатації залежить кількість і терміни ремонтів. У свою чергу якість виконаного ремонту визначає тривалість експлуатації виробу до наступного ремонту або утилізації.

Останньою стадією існування виробу є його утилізація. На сьогодні ще мало розроблені ефективні технології утилізації відходів промислових виробництв.

Необхідність використання системного підходу при проведенні досліджень вимагає проведення аналізу та доцільного використання методології направленої вибору технологій досягнення заданої якості поверхневих шарів виробів на всіх стадіях їх життєвого циклу.

На етапі конструкторської підготовки виробництва, при проектуванні виробів, що виконують ті або інші функції, важливо знати методи, використання яких забезпечать необхідні характеристики поверхні, і відповідно до цього призначати її якісні показники (технологічна раціональність конструкції). Як показує практика виробництв, таких методів може бути багато.

На етапі технологічної підготовки виробництва знання методології, технологій відновлення деталей транспортного призначення дозволяють планувати раціональну технологію набуття заданих властивостей.

З використанням результатів планованих наукових досліджень з'являється можливість проектувати вибір раціонального способу здобуття заготовок деталей. Можливо, вони виготовлятимуться з менш дешевих матеріалів, з меншими припусками на обробку тощо. Знання закономірності технології відновлення деталей після механічної обробки дає можливість вибрати методи, які будуть найбільш придатними і економічно обґрунтованими.

Одержані результати досліджень також необхідно використовувати при плануванні і здійсненні складального процесу. Вибір тих або інших операцій зборки – зварювання, склеювання, збирання з термодією та інші – залежить від якості відновленої деталі. Це призводить до глибшого аналізу складального процесу, оскільки на завершальних стадіях виробничого процесу остаточно формуються необхідні характеристики деталей. Використання нової методології на етапі ремонту деталей дозволяє економічніше вирішити завдання відновлення їх працездатності. Одержані результати також необхідно знати для раціональної утилізації деталей, оскільки переробка виробів багато в чому залежить від складу і структури деталей.

При вирішенні завдань з відновлення зношених деталей важливо враховувати не лише вартісні, але й екологічні характеристики технологічних процесів (рис. 7).

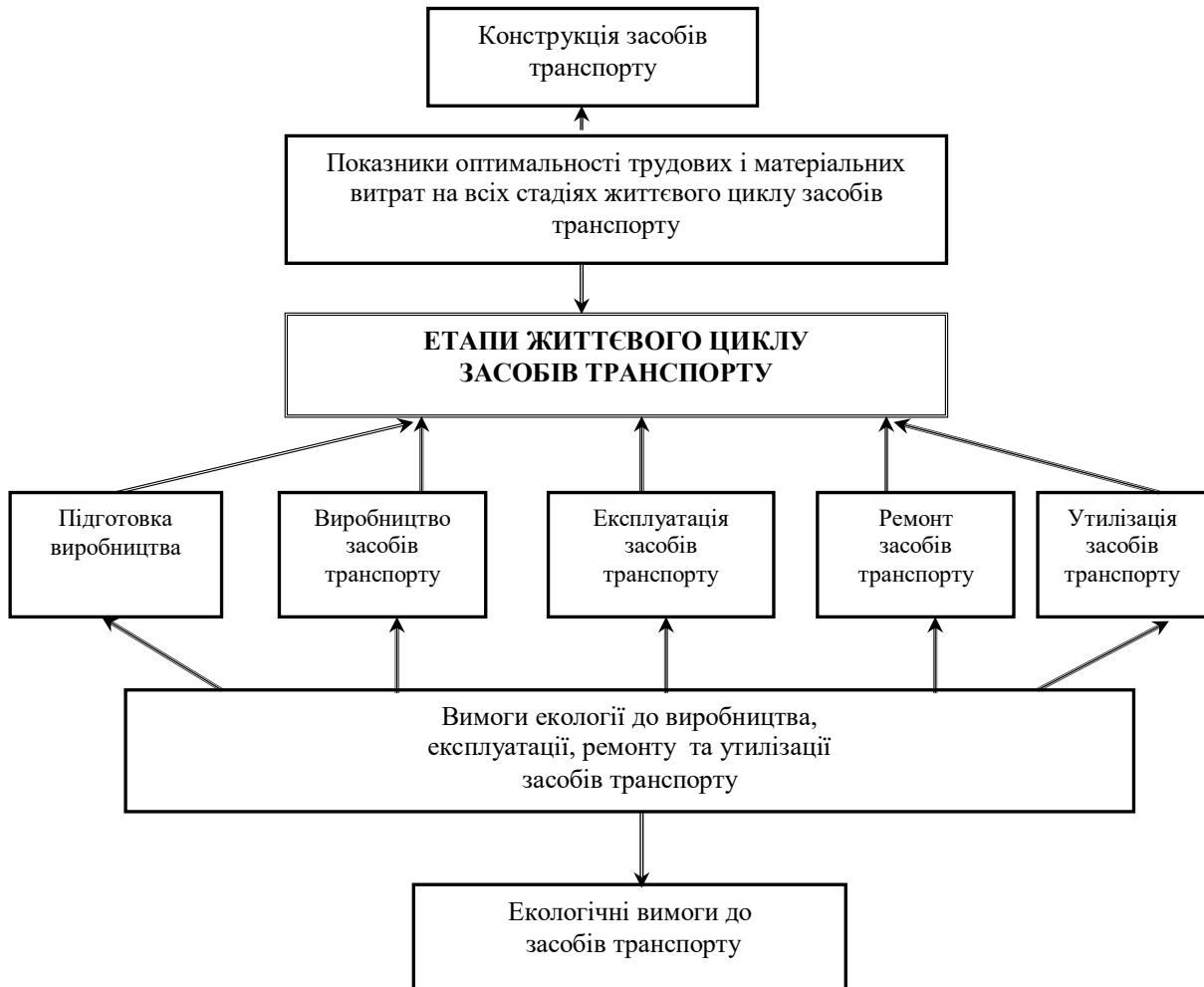


Рис. 7. Взаємозв'язок показників технологічності засобів транспорту на різних етапах життєвого циклу

Витрати на підтримку екологічних характеристик засобів транспорту або їх складових відповідного рівня вносяться до суми загальних витрат. Проте екологічні характеристики можуть бути використані як самостійний критерій оптимізації при прийнятті заздалегідь відібраних економічно доцільних варіантів.

При оптимізації може змінюватися набір методів, використовуваних для формування поверхні заданої якості, кількість шарів і режими роботи устаткування. На більш високому рівні завдання оптимізації може бути вирішене з урахуванням всіх стадій життєвого циклу засобів транспорту. При цьому необхідно аналізувати на всіх стадіях життєвого циклу деталей засобів транспорту шар матеріалу.

Дане оптимізаційне завдання вирішується з використанням методу динамічного програмування. Схема моделі проектування і вибору якості деталей засобів транспорту з урахуванням етапів життєвого циклу подана на рис. 8.

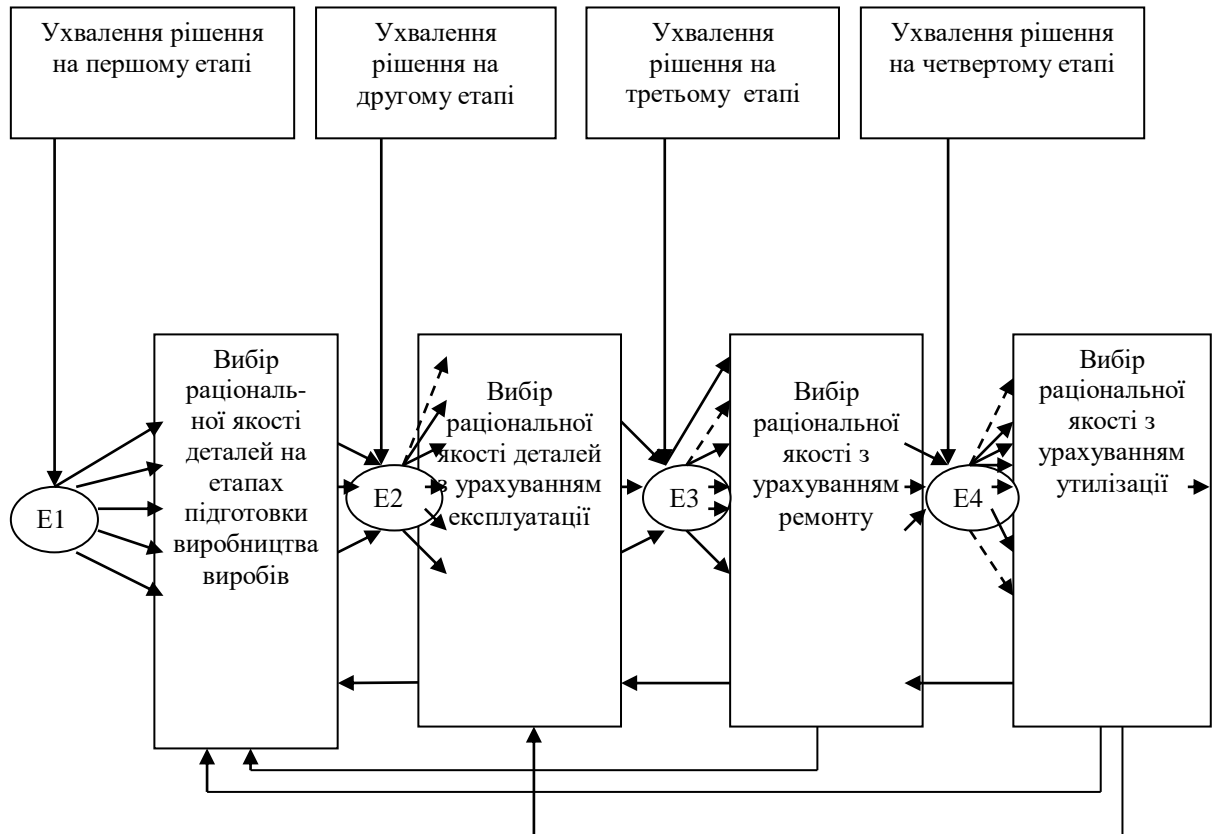


Рис. 8. Схема моделі багаторівневого процесу ухвалення рішення про якість деталей засобів транспорту: E1, E2, E3, E4 – етапи ухвалення рішення про якість деталі

На кожному з рівнів проектування вибирається декілька раціональних варіантів. При ухваленні рішення на i -му рівні кількість даних варіантів може бути збережена, зменшена або збільшена. Використовуючи програму оптимізації методом динамічного програмування, вибираємо оптимальний у заданих умовах варіант.

Для підвищення достовірності прогнозування виконано оцінку впливу різних чинників на рівень експлуатаційних властивостей під час ремонту деталей засобів транспорту.

У четвертому розділі розглянуто питання підвищення ефективності роботи технологічних систем розбирання деталей рухомого складу з оптимізацією часових технологічних ланцюгів.

Аналіз сучасних технологій ремонту деталей засобів транспорту показує значне відставання рівня технологічного оснащення та технологій, що використовуються на виробничому і ремонтному підприємствах. Однією з причин такого положення є відсутність методик синтезу оптимальних технологічних процесів ремонту.

Складність вирішення завдання велика у зв'язку з тим, що складний не тільки метод усунення дефектів, але і технологія відновлення елементів, що вийшли з ладу.

Це пов'язано з випадковістю появи дефекту і різною надійністю складових частин засобів транспорту.

Значний обсяг складально-розбиральних робіт у трудомісткості ремонту, низький рівень їхньої механізації та автоматизації призводять до значних простоїв дорогого технологічного устаткування. Керування працездатністю засобів технологічного оснащення є одним з найскладніших завдань ремонтного виробництва.

Одним з напрямків забезпечення працездатності таких систем є оптимізація часових технологічних ланцюгів розбирання виробів. Аналіз науково-технічної літератури і практики виробництва вказує на те, що при визначенні послідовності розбирання інколи використовується технологічна схема складання виробу.

У складальному виробництві якісно різні операції виконуються за різними законами, протікають у різних умовах, отже, з різною тривалістю їхнього виконання. Таким чином, при різній тривалості суміжні операції або поглинають, або накопичують оборотний запас, що у свою чергу призводить до простою устаткування або до міжопераційного очікування деталей у черзі перед їх обробленням.

Виходи устаткування з ладу причиняють собою зміну часу виконання операції, накладаючи ряд обмежень на протікання технологічного процесу.

Час протікання технологічного процесу складання характеризується тривалістю виробничого циклу (T_u), часом простою робочих місць (t_{ij}^{np}) і часом очікування предметів праці у виробництві ($t_{ij}^{M.O.}$). Всі три параметри, особливо два останніх, сильно залежать від значення максимальної тривалості однієї з операцій, від середньої тривалості всіх операцій і ступеня асинхронності тривалості операцій.

У результаті проведених досліджень було розроблено математичні моделі складових елементів часової структури (2), (3). Критерієм оптимізації в них був запропонований комплексний критерій, який враховує лінійні розміри деталей та структурний стан їх робочих поверхонь.

Це дозволило визначити закономірності розподілу часу всередині ТП і виявити типові часові структури.

$$t_{ij}^{np} = \begin{cases} t_{\max} - t_i & \text{при } t_{\max} > t_i; \\ 0, & \text{при } t_{\max} < t_i, \end{cases} \quad (2)$$

де $t_{\max} \in [t_1, t_{i-1}]$, $j = 1, n$;

t_i - час виконання i -ої операції на j -м обладнанні;

t_{ij}^{np} - час простою робочих місць.

$$t_{ij}^{M.O.} = \begin{cases} (t_{i+1} - t_{\max}) \cdot (j-1), & \text{при } t_{\max} < t_{i-1}; \\ 0, & \text{при } t_{\max} > t_i, \end{cases} \quad (3)$$

де $t_{\max} \in [t_1, t_i]$, $j = 1, n$;

$t_{ij}^{M.O.}$ - час очікування предметів праці у виробництві.

За наявності в часовій структурі паралельних ланцюгів (вузлових складань) її побудова відбувається з урахуванням лімітних операцій з максимальною тривалістю.

Для паралельних ланцюгів коригування структури відбувається згідно з залежностями:

$$t_{ij}^{M.O'} = \begin{cases} (t_{\max} - t_i) \cdot (j-1), & \text{при } t_{\max} > t'_i; \\ 0, & \text{при } t_{\max} < t'_i, \end{cases} \quad (4)$$

де $t_{\max} \in [t_1, t_i]$, $j = 1, n$;

$$\Delta t_{ij}^{M.O.} = \begin{cases} (t'_1 - t_{\max}) \cdot (j-1), & \text{при } t_{\max} < t'_i; \\ 0, & \text{при } t_{\max} > t'_i, \end{cases} \quad (5)$$

де $t_{\max} \in [t_1, t_{i+1}]$, $j = 1, n$.

Використовуючи розроблені математичні моделі часу простою устаткування і часу міжопераційного очікування, на підставі типових часових структур ми можемо прогнозувати наслідки експлуатації технологічної системи в реальних виробничих умовах з урахуванням динаміки розвитку процесу розбирання. Оскільки час простою устаткування і час міжопераційного очікування є як позитивним чинником, що підвищує надійність експлуатації, так і негативним чинником, що знижує ефективність експлуатації технологічної системи та збільшує тривалість виробничого циклу, то з метою раціонального синтезу технологічного процесу необхідно зробити комплексну оцінку наслідків присутності даних чинників у часовій складовій технологічного процесу розбирання виробу.

Наявність на i -й стадії технологічного процесу t^{np} чи $t^{M.O.}$ є часовим резервом, що підвищує надійність експлуатації технологічної системи.

Для кількісної оцінки впливу сукупного резерву часу на надійність експлуатації технологічної системи раціонально скористатися комплексним показником - коефіцієнтом готовності устаткування K_z .

Даний вибір визначається сутністю показника, що дозволяє кількісно оцінити вплив часової складової, пов'язаної з проведенням робіт з відновлення, на експлуатаційну надійність технологічної системи в цілому. Розглянемо докладно структуру елементів K_z . Коефіцієнт готовності дорівнює відношенню часу експлуатації до сукупного часу експлуатації і часу позапланових ремонтів:

$$K_z = \frac{F_d}{F_d + T_p + T_{н.р.}}, \quad (6)$$

де F_d - дійсний річний фонд часу експлуатації устаткування, год.;

$T_{н.р.}$ - несуміщений час, затрачуваний на позапланові ремонти, пов'язані з відмовами устаткування, год.;

T_p - несуміщений час, затрачуваний на планові ремонти, пов'язані з відмовами устаткування, год.

$$T_{рем} = \Delta t_i^e \left[\left(\left(M(t_i) - t_y + \frac{\omega_1}{2} \right) + \Delta t_i^H \right) - (t_i^{np} + t_{ij}^{MO}) \right] \cdot \lambda_i, \quad (7)$$

де ω - поле розсіювання часу виконання операції;

Δt_i^H - резерв часу на надійність виконання операції, хв.;

λ_i - потік відмов на i -му устаткуванні.

За умови, що $M(t_i) \approx t_i$; і $\Delta t_i^H \gg \omega_i/2$, формула (6) перетворюється в залежність (рис. 9):

$$\Delta t_i^{eидм} = [\Delta t_i^{над} - (t_i^{np} + t_{ij}^{MO})] \cdot \lambda_i = (\Delta t_i^{над} - t_i^{рез}) \cdot \lambda_i. \quad (8)$$

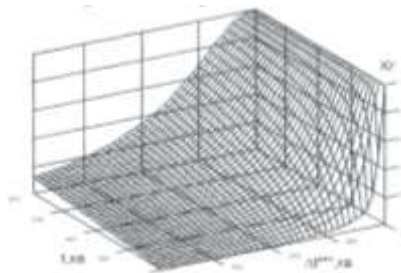


Рис. 9. Залежність надійності експлуатації від резерву часу

Складова T_p в залежності (5) з'являється внаслідок недостатнього сукупного резерву часу при виконанні i -ї операції складання або повній його відсутності (рис. 10).



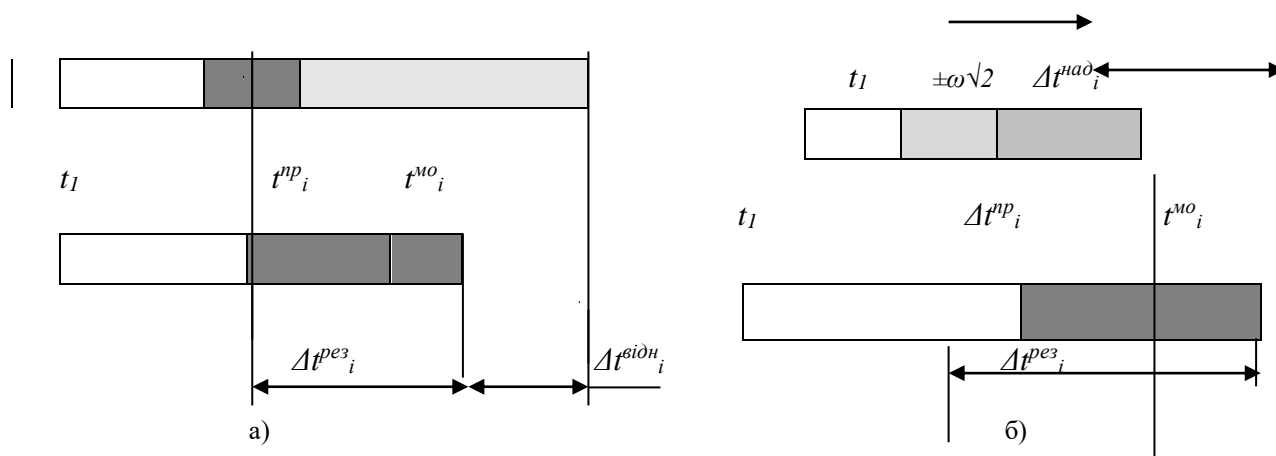


Рис. 10. Приклади впливу елементів часу операції на роботу технологічного процесу

У тому випадку, коли час відновлення після відмови на конкретній операції не виходить за межі сукупного часового резерву цієї операції, наслідки відмови устаткування не впливають на ритмічність роботи технологічної системи (рис. 10 б), що у край важливо в умовах автоматизованого виробництва. Але при цьому слід урахувати вірогідність появи зони нівелювання, яка при оптимізації повинна зникнути. У прикладі, наведеному на рис. 10 а, неминучої є відмова всієї технологічної системи через занадто малий часовий резерв.

Таким чином, наявність у часовій структурі технологічного процесу часу міжопераційного очікування і часу простою устаткування може підвищувати надійність експлуатації технологічної системи в цілому за рахунок введення частини часу виконання заходів з відновлення після відмови устаткування в діапазон і резерву часу, пов'язаного з дискретністю технологічного процесу.

Запропонований метод дозволяє на етапі підготовки виробництва класифікувати існуючі варіанти часових структур технологічного процесу та визначити раціональний варіант завдяки розробленому алгоритму. Отриманий у результаті дослідження метод може бути використаний при проектуванні нових технологічних процесів на залізничних підприємствах та при аналізі структури процесу на раціональність побудови, що дозволить повною мірою використовувати внутрішні резерви технологічної системи, зокрема часові.

Але технологічну схему складання виробу доцільно використовувати при повному розбиранні виробу. При частковому розбиранні виробу до деталі, що вийшла з ладу, необхідні методи, які оптимізують технологічний процес розбирання, зокрема за технологічною собівартістю.

Відомо, що повне розбирання устаткування при ремонті є небажаним, тому що при цьому порушуються відповідальні з'єднання, ушкоджуються працездатні деталі. Тому при їх ремонті важлива як

правильна дефектація, так і вибір оптимального шляху до вузла або деталі, що вийшла з ладу, і вибір раціональних засобів технологічного оснащення для виконання розбірних робіт.

Для вибору оптимального складу операцій та операційного комплексу технологічного процесу розбирання розроблено мережеву модель переходу від виробу в зборі (S_i) до дефектного розібраного місця (S_k).

Вершини графа відповідають операційному комплексу, ребра мають вагові характеристики - технологічну собівартість виконання операції. На одному рівні знаходяться операційні комплекси, що можуть бути використані на даному етапі технологічного процесу.

На рис. 11 зображений граф станів технологічного процесу розбирання деталей засобів транспорту. Використовуючи програму оптимізації методом лінійного програмування, вибираємо оптимальний у заданих умовах варіант.

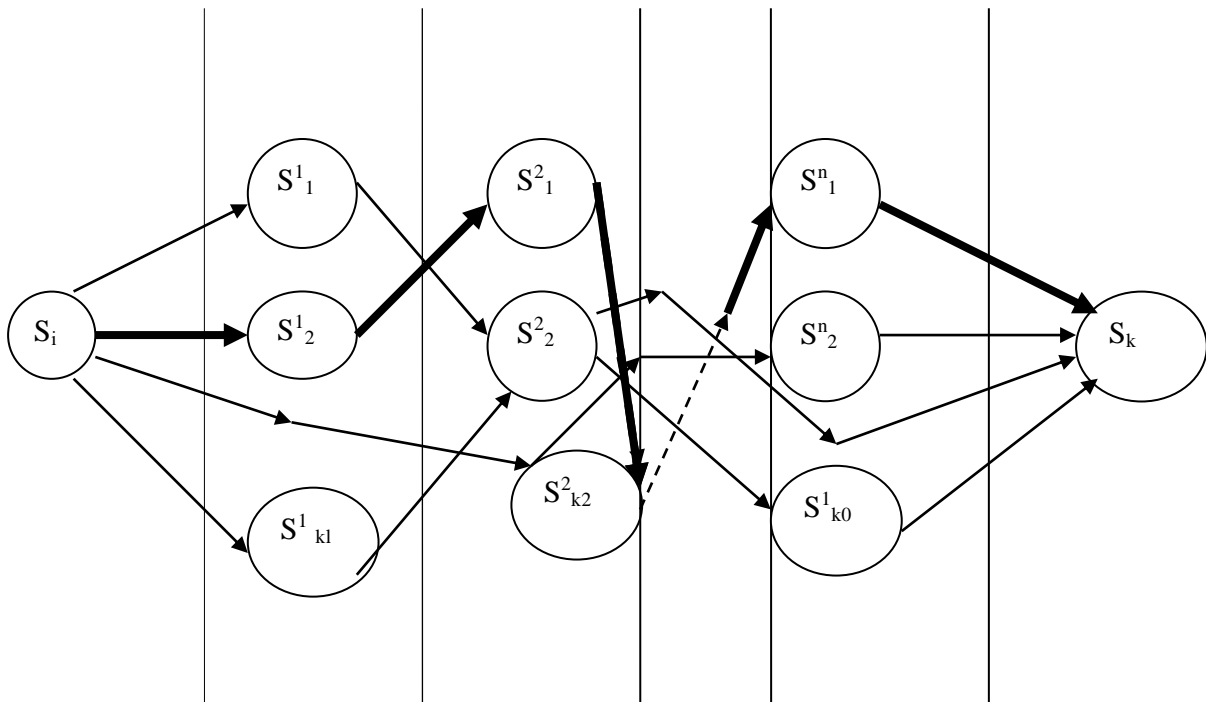


Рис. 11. Граф станів і технологічного процесу розбирання деталей засобів транспорту

На сьогодні варіантність вирішення завдання розбирання через обмежену кількість різновидів операційних комплексів для виконання розбірних операцій є невеликою. Тому задачу оптимізації розв'язують методом лінійного програмування. При збільшенні кількості альтернативних операційних комплексів задача розв'язується методом динамічного програмування.

Для раціональної організації виробництва необхідно в комплексі оцінювати вплив усіх елементів часу технологічного процесу на економічні показники і показники надійності експлуатації, з огляду на наслідки мінімізації.

У п'ятому розділі розглянуті питання підготовки поверхні зношених деталей під відновлення їх геометричних розмірів і структурно-фазового стану для забезпечення зносостійкості і заданих експлуатаційних властивостей після їх відновлення.

При відновленні деталей рухомого складу важливу роль відіграє якість відновленої поверхні, що забезпечується використовуваними для цього різальними інструментами. Встановлено, що склад та спосіб отримання матеріалу для різальних інструментів, які використовуються для відновлення геометричних розмірів, а зокрема для деталей циліндро-поршневої групи і для обточки колісних пар рухомого складу.

В останні роки значне поширення і застосування знаходять інструменти, які отримані з використанням нанотехнологій.

У даний час існує проблема обробки колісних пар у зв'язку з відсутністю вітчизняного виробника різального інструментального матеріалу. Як правило, на поверхні коліс у процесі експлуатації відбувається сильний наклеп, що призводить до значного збільшення твердості сталі, а це ускладнює обробку в процесі їх ремонту. Ремонтні підприємства використовують при обробці твердосплавні інструменти від виробників Росії та Швеції.

Механічна обробка різання профілю поверхні кочення колісних пар характеризується великим зняттям металу і значним коливанням припуску на обробку. У результаті проведених досліджень уперше встановлено взаємозв'язок між технологією усунення недоліків зношених поверхонь, матеріалом різального інструменту та вибору технології відновлення геометричних розмірів та заданих властивостей.

Для забезпечення зносостійкості деталей транспортного призначення, на прикладі деталей циліндро-поршневої групи, паливної апаратури дизелів та важконавантажених деталей засобів транспорту були розроблені методи та технологічні основи відновлення зношених поверхонь за рахунок ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій. Так, для деталей ЦПГ дизелів розроблена комплексна обробка для відновлення їх геометричних розмірів і структурного стану та запропоновані раціональні параметри технологічного процесу з урахуванням їх зносостійкості в процесі експлуатації.

На основі дослідження теплового стану плунжерів паливної апаратури дизелів розроблена комплексна технологія їх відновлення, яка включає вакуум-плазмову обробку. За рахунок розроблення математичної моделі теплових процесів при іонному бомбардуванні одержані алгоритм та програма, які зв'язують параметри циклічного бомбардування з

технологічними параметрами процесу і геометричними розмірами плунжера.

Встановлено, що використання підігріву дозволяє значно скоротити технологічний цикл та виключити знеміцнення внаслідок перегріву деталей. Для великих плунжерів раціональна температура буде наближатися до мінімально допустимої температури підігріву і функція іонного бомбардування може бути обмеженою лише короткочасним очищенням.

Для прийняття раціональних технологічних рішень відновлення працездатності зношених деталей була розроблена математична модель. На рис. 12 наведені теплові потоки, які надходять на плунжер і сприяють його нагріванню. Щільність основного теплового потоку q_1 , який вертикально падає на плунжер, можна визначити емпіричною залежністю. Величина щільності потоків, що падають на бічну поверхню q_2 і поверхню підкладки q_3 , визначається відповідно за відсотковим співвідношенням до щільності теплового потоку q_1 .

Оскільки досліджуваний плунжер і його середній переріз симетрично щодо вертикальної розглянемо тільки половину перерізу (рис.12).

Ураховуючи це, рівняння теплопровідності в декартових координатах матиме такий вигляд:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right] + q_n = C_v(T) \frac{\partial T}{\partial \tau} \quad (9)$$

де $(x, y) \in \Omega_1$;

C_v - питома теплоємність;

λ - коефіцієнт теплопровідності.

$$q_n = -E_{np} C_0 \left[\left(\frac{T}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp}}{100} \right)^4 \right] + \begin{cases} q_3, (x, z) \in \Omega_3 \\ q_4, (x, z) \in \Omega_4 \end{cases}, \quad (10)$$

де Ω_1 - область, обмежена зверху і знизу Γ_4 і Γ_5 , а по боках Γ_2 .

Поверхнєве джерело теплоти включає в себе як випромінювальну частину (зі всієї поверхні Ω_1 -), так і поглинальну, яка диференціюється в залежності від області Ω_1 -або Ω_1/Ω_3 (поверхня, обмеження Γ_5 , Γ_2 , Γ_7, D). Зауважимо, що координата X змінюється в межах від 0 до $d/2$, а Y - від $2/3$ до 1 (ри.13). Рівняння асиметричної частини плунжера в циліндричних координатах має такий вигляд:

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left[r \lambda(T) \frac{\partial T}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right] = C_v(T) \frac{\partial T}{\partial \tau}, \quad (11)$$

де $(r_4; z) \in \Omega_2$

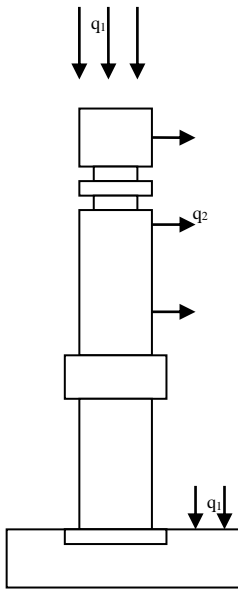


Рис. 12. Схема розподілу теплових потоків що надходять у плунжер

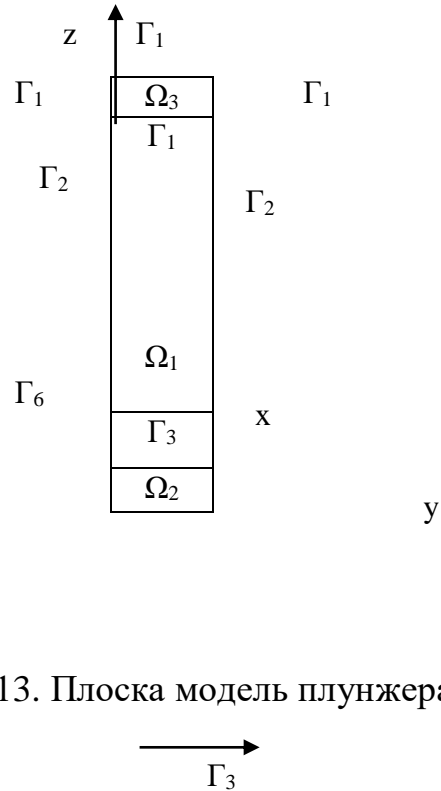


Рис.13. Плоска модель плунжера

У виразі (9) поверхня Ω_2 обмежена лініями $\Gamma_1, \Gamma_6, \Gamma_5, \Gamma_3$. З приводу умов теплообміну на кордоні Γ_1 можна сказати таке. По-перше, унаслідок ідеальності контакту з підкладкою температури плунжера та основи в місці контакту збігаються. По-друге, зростання температури підкладки відбувається внаслідок впливу потоку q_3 чи попереднього підігріву столу викликають відповідне збільшення температури плунжера. По-третє, знаючи початкову температуру плунжера T_0 і підкладки, а також температуру підкладки T_k у кінці технологічного процесу, можна з достатнім ступенем точності апроксимувати лінійною залежністю зміни температури на кордоні Γ_1 заданий граничні умови першого роду:

$$\frac{T}{\Gamma_1} = T_n(\tau), \quad (12)$$

$$T_n(\tau) = \left(\frac{T_k T_0}{\tau_k} \right) \tau + T_0. \quad (13)$$

У виразах (12), (13) наведена ступінь чорноти деталі; C_0 - постійна Стефана-Больцмана; T_{cp} - температура внутрішніх стінок камер, дельта (T) - теплопровідність матеріалу деталей; $C_v(T)$ - питома об'ємна теплопровідність.

Зауважимо, що в технологічному процесі без непрямого підігріву підкладки $T_e = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, а $T_k = 5 \text{ хв}$ безперервного процесу досягає $250 \text{ }^\circ\text{C}$. При непрямому підігріві $T_n(t) = T_o = T_k = T_{\text{підігріву}}$, оскільки весь процес не перевищує 10-12 с.

Ураховуючи, що завдання буде вирішуватися в дискретному часі, була проведена кінцево-різносна апроксимація за часом математичних залежностей (9), (10), (11).

Тоді модель (14), (15), (16) у довільний k -й момент часу була подана в такому вигляді:

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda^{k-1}(xy) \frac{\partial T}{\partial x} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda^{k-1}(x'; y) \frac{\partial T}{\partial y} \right] + q_1^{k-1}(x'; y) \cdot T = f_1^{k-1}(x'; y), \quad (14)$$

$$(x, y) \in \Omega_1;$$

$$-\frac{\partial}{\partial x} \left[x \cdot \lambda^{k-1}(xy) \frac{\partial T}{\partial x} \right] - \frac{\partial}{\partial y} \left[x \cdot \lambda^{k-1}(x'; y) \frac{\partial T}{\partial y} \right] + q_2^{k-1}(x'; y) \cdot T = f_2^{k-1}(x'; y), \quad (15)$$

$$(x, y) \in \Omega_2;$$

$$q_1^{k-1}(x, y) = \frac{C_v^{k-1}(x, y)}{\Delta \tau}; q_2^{k-1}(x, y) = \frac{x \cdot C_v^{k-1}(x, y)}{\Delta \tau}, \quad (16)$$

$$f_1^{k-1}(x, y) = \frac{C_v^{k-1}(x, y) \cdot T_{k-1}(x, y)}{\Delta \tau} - E_{np} C_0 \left[\left(\frac{T_{k-1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp}}{100} \right)^4 \right], \quad (17)$$

$$f_2^{k-1}(x, y) = \frac{C_v^{k-1}(x, y) \cdot T_{k-1}(x, y)}{\Delta \tau} - E_{np} C_0 \left[\left(\frac{T_{k-1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp}}{100} \right)^4 \right], \quad (18)$$

де вирази (15), (16) відповідають рівнянням (12), (13), причому, оскільки температура в різних точках областей $\Omega_1; \Omega_2; \Omega_3$ різна, тобто $T = T(x, y)$, то і в записі виразів (17) і (18) здійснено перехід до залежності функцій від x, y .

Перейдемо до крайових умов. об'єднуючи їх попарно:

$$-\lambda^{k-1}(x, y) \frac{\partial T}{\partial y} / \Gamma_2 U \Gamma_4 = \begin{cases} 0, & (x, y) \in \Gamma_2 \\ q_2(x, y) & \in \Gamma_4 \end{cases}, \quad (19)$$

$$-\lambda^{k-1}(x, y) \frac{\partial T}{\partial y} / \Gamma_3 U \Gamma_6 = \begin{cases} 0, & (x, y) \in \Gamma_6 \\ E_{np} C_0 \left[\left(\frac{T_{k-1}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp}}{100} \right)^4 \right] - q_4, & \\ (x, y) \in \Gamma_3 \end{cases} \quad (20)$$

У зв'язку з тим, що досліджуваний об'єкт є довге й тонке тіло (довжина на порядок перевищує діаметр), як метод розв'язання задачі теплопровідності прийнятий неklasичний чисельно-аналітичний підхід. Розглянемо ліву частину рівнянь (15), (16) як певний лінійний оператор, позначивши його буквою L, зведемо задачу до розв'язання рівняння:

$$L \cdot T = f \quad (21)$$

Розв'язання рівняння (19) означає знаходження функції T , перетворює його в тотожність і задовольняє крайові умови. Математична модель процесу іонного бомбардування на k -му кроці фактично являє собою еліптичне рівняння:

$$L \cdot T = - \sum_{j,k=1}^m \frac{\partial}{\partial x} \left(A_{jk}(x_1 \dots x_m) \frac{\partial T}{\partial x_k} \right) + c(x_1 \dots x_m) T = f(x_1 \dots x_m) \quad , \quad (22)$$

$$\text{де } A_{jk}(x_1 \dots x_m) = \begin{cases} A_{jk}(x_1 \dots x_m), & j = k, m = 1, 2 \\ 0, & j \neq k \end{cases}$$

з крайовим умовами всіх трьох типів:

$$T / s = T_n(x_1 \dots x_m) = const, \quad (23)$$

$$\left\{ \sum_{j,k=1}^m \left(A_{jk}(x_1 \dots x_m) \frac{\partial T}{\partial x_k} \right) \cos(n, x_j) + \sigma(x_1 \dots x_m) T / S = H(x_1 \dots x_m) \right\}, \quad (24)$$

$$\sum_{j,k=1}^m \left(A_{jk}(x_1 \dots x_m) \frac{\partial T}{\partial x_k} \right) \cos(n, x_j) / S = Q(x_1 \dots x_m) = const, \quad (25)$$

де S - кордон кінцевої області Ω ; n - зовнішня нормаль до S .

Таким чином, для розв'язання крайової задачі обґрунтованим є застосування «енергетичного методу». Одним з прямих методів (метод Рітца) дозволяє знайти наближене розв'язання задачі мінімізації функціонала, а також дозволяє побудувати для функціоналу мінімізації послідовність.

Аналіз динаміки підігріву плунжера при використанні непрямого підігріву підкладки показали, що для плунжера діаметром 15 мм та

довжиною 150 мм раціональним є такий технологічний режим $T_n = 350^{\circ}\text{C}$, $\tau_{i6} = 2$ с, $\tau_n = 2$ с, при цьому сумарний час процесу складає $\tau_{\Sigma} = 22$ с.

Розроблена комплексна технологія відновлення коліс суцільнокатаних вантажних та пасажирських вагонів, яка включає підготовку зношеної поверхні новим інструментальним матеріалом без зміни їх заданого стану з подальшим нанесенням зносостійкого покриття.

При розробленні раціональних параметрів комплексного процесу відновлення використано математичне моделювання та отримані кінцеві рівняння регресії, які адекватно описують експериментальні дані.

Коефіцієнти рівняння регресії перевіряли на значущість за критеріями Стьюдента, а також на адекватність експериментальних даних отриманої моделі за критеріями Фішера.

Рівняння регресії зв'язує технологічні параметри прогресу з властивостями відновлених робочих поверхонь, а саме, з зносостійкістю і значенням коефіцієнта тертя :

1) зносостійкість I

$$I = 4,07 - 0,28t - 12,2\tau + 0,02t\tau + 0,004tc + 0,37\tau c + 0,0001t^2 + 0,1\tau^2 + 0,09c^2, \quad (26)$$

де I – зносостійкість, г/год; t – температура, $^{\circ}\text{C}$; τ – час витримки, хв; C – концентрація насичуючого середовища г/л,

2) коефіцієнт тертя f :

$$f = 2,77 - 0,27t - 0,14\tau + 0,27c + 5 \cdot 10^{-5}t^2 + 3 \cdot 10^{-2} \cdot \tau^2 - 0,01c^2, \quad (27)$$

де f - значення коефіцієнта тертя.

Аналіз отриманих рівнянь показав, що на знос і коефіцієнт тертя відновленого шару найбільш істотно чинить вплив температура і час витримки в насичуючому середовищі. Дослідження оптимуму з допомогою математичного планування експерименту показали, що в інтервалі температур і часу витримки є такі їх значення, при яких формується поверхневий шар, який має достатньо високу зносостійкість при низькому значенні коефіцієнта тертя.

Для оцінки остаточного ресурсу суцільнокатаних коліс після їх відновлення запропонована методика розрахунку за значенням твердості поверхневого шару.

Згідно із запропонованою методикою кількість циклів виробничого навантаження визначається за формулою

$$N = \left(\frac{0.383 \left(\left(\frac{HB_0 - HB_1}{HB_1} \right)_{уст.н.} - \left(\frac{HB_0 - HB_1}{HB_1} \right)_{стат} \right)}{\kappa_1 (p - p_{cm})^{\gamma-1}} \right)^{\frac{1}{j}}, \quad (28)$$

де j, γ – коефіцієнти; p – параметр, що характеризує індивідуальний відгук матеріалу на силове навантаження; κ_1 – коефіцієнт, що визначає опір упровадженню індентора.

Кількість циклів навантаження до руйнування пропонується визначати таким чином:

$$N^* = \left(\frac{\kappa_0^1 + \kappa_1^1 p - \mu_{омн}}{\kappa_1 (p - p_{cm})^\gamma} \right)^{\frac{1}{j}} = \left(\frac{p\kappa_0^1 + p^2\kappa_1^1 - p_{cm} \left(\frac{HB_0 - HB_1}{HB_1} \right)_{уст.н.}}{p\kappa_1 (p - p_{cm})^\gamma} \right)^{\frac{1}{j}}, \quad (29)$$

$$\Psi = \left[\frac{0.383 p (p - p_{cm}) \left[\left(\frac{HB_0 - HB_1}{HB_1} \right)_{уст.н.} - \left(\frac{HB_0 - HB_1}{HB_1} \right)_{стат} \right]}{p\kappa_0^1 + p^2\kappa_1^1 - p_{cm} \left(\frac{HB_0 - HB_1}{HB_1} \right)_{уст.н.}} \right]^{\frac{1}{j}}. \quad (30)$$

Необхідно зазначити, що наведений алгоритм визначення ресурсу передбачає деформацію металу при певному виді напруженого стану, температури, асиметрії циклу, частоти навантаження, які не призводять до розігріву металу.

Відмінності у механізмах накопичення пошкоджень при статичному і втомному навантаженнях призводять до зміни твердості матеріалу, що дозволяє вимірювати односторонньо накопичену деформацію по анізотропії швидкостей поперечних пружних хвиль у поєднанні з ударним методом упровадження індентора і таким чином оцінити залишковий ресурс матеріалу.

На основі аналізу робіт ряду вітчизняних дослідників, з урахуванням вимог, що ставляться до методів контролю якості, які визначаються можливістю використання в умовах деповського ремонту або вагоноколійних майстерень, обраний метод випробування на твердість. Оскільки фізична природа твердості визначається залежностями, що зв'язують її з характеристиками міцності, пластичності та руйнування, можна стверджувати, що контроль твердості при незначних витратах дозволить визначити без пошкодження виробу ряд його основних механічних

характеристик, а також його ресурс після відновлення деталей та вузлів транспортних засобів.

Шостий розділ присвячений визначенню економічної доцільності застосування нових розроблених екологічно чистих ресурсозберігаючих технологій відновлення деталей та вузлів засобів транспорту під час їх ремонту з урахуванням забезпеченої заданої зносостійкості відновлених деталей у процесі їх експлуатації.

Показано, що розвиток наукових основ підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту дозволяє підвищити їх моторесурс.

Упровадження нових технологічних методів та способів відновлення виробів дозволить одержати економічний ефект за рахунок збільшення строку служби деталей, зменшення кількості капітальних ремонтів, ліквідувати додаткові непланові ремонти, а як результат, скоротити витрати на заміну зношених деталей та вузлів на нові.

Економічний ефект від підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту розраховується за формулою

$$E_{np} = C_1 - (C_2 + E_n \cdot K_1), \quad (31)$$

де C_1 - витрати на ремонт засобів транспорту до підвищення експлуатаційних властивостей, грн / шт;

C_2 - витрати на ремонт засобів транспорту після підвищення експлуатаційних властивостей, грн / шт;

K_1 - капітальні вкладення на виробництво одиниці продукції за новою технологією відновлення;

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності техніки ($E_n = 0,1$).

Витрати на ремонт засобів транспорту за існуючої технологією (на весь термін експлуатації) визначаються за формулою:

$$C_1 = (M_{nl}^{ich} + M_{nn}) \cdot C_{зам}, \quad (32)$$

де M_{nl}^{ich} - кількість планових поточних ремонтів при яких здійснюється заміна деталей засобів транспорту, що оброблюються за існуючою технологією;

M_{nn} - кількість непланових поточних ремонтів, при яких здійснюється заміна деталей засобів транспорту;

$C_{зам}$ - витрати на заміну деталей засобів транспорту.

Витрати на ремонт засобів транспорту на весь термін експлуатації визначаються за формулою:

$$C_1 = (M_{nl}^{нов} + M_{nn}) \cdot C_{зам}, \quad (33)$$

де $M_{пл}^{нов}$ - кількість планових поточних ремонтів, при яких здійснюється заміна деталей засобів транспорту, що обробляється за новою технологією.

Кількість планових ремонтів засобів транспорту за весь термін використання при обробці за існуючою технологією:

$$M_{пл}^{існ} = \frac{L_{заг}}{L_{кр}^{існ}}, \quad (34)$$

де $L_{заг}$ - пробіг за весь час експлуатації;

$L_{кр}^{існ}$ - пробіг між капітальними ремонтами, при яких виконується заміна деталей, що обробляються за існуючою технологією

Кількість планових ремонтів засобів транспорту за весь час служби при використанні деталей, які обробляються за новою технологією, визначається за формулою

$$M_{пл}^{нов} = \frac{L_{заг}}{L_{кр}^{нов}}, \quad (35)$$

де $L_{кр}^{нов}$ - пробіг між капітальними ремонтами, при яких виконується заміна деталей, що обробляються за існуючою технологією.

За даними технологічного аналізу кількість непланових ремонтів причин виходу з ладу деталей засобів транспорту на 500000 км пробігу складає 7 випадків. Тому кількість непланових ремонтів така:

$$M_{нп} = \frac{L_{заг} \cdot 7}{500000}. \quad (36)$$

З формулами (34, 35) визначено кількість планових ремонтів за існуючою технологією, вони складають 2,25, а за новою технологією 1,08.

Ураховуючи вартість заміни деталей при існуючих методах їх оброблення, визначаємо витрати на їх ремонт, що припадають на агрегат (на весь термін експлуатації).

Враховуючи витрати на ремонт деталей за існуючою технологією складає $C_1 = 6082200$ грн., що припадають на весь термін експлуатації, а з використанням нової технології складає $C_2 = 2592000$ грн. Економічний ефект від упровадження складає близько 3,5 млн грн в рік.

ВИСНОВКИ

У дисертації вирішено науково-прикладну проблему розвитку наукових основ підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту під час ремонту.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень можна зробити такі висновки

1. Зроблений аналіз систем ремонту та обслуговування засобів транспорту показав, що він в основному базується на системі планово-попереджувального ремонту, який регламентує види, періодичність та обсяг основних ремонтних робіт. При цьому використовуються єдині технологія й організація обслуговування та ремонту деталей і вузлів засобів транспорту. Але існуючі технології не завжди забезпечують необхідну зносостійкість деталей та вузлів засобів транспорту, що потребує їх удосконалення. Аналіз праць учених у цьому напрямку показав, що вони розглядають питання оптимізації видів, пробігів та обсягів робіт. Але питання підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту в технологічному процесі ремонту приділяється недостатньо уваги.

2. Аналіз виходу з ладу засобів транспорту показав що до 12% їх потрапляють на непланові ремонти, які викликані в основному зносом їх деталей та вузлів.

3. Доведена залежність між видом, величиною зносу робочих поверхонь деталей засобів транспорту та технологічними методами відновлення їх працездатності на основі розробленої методології направлено вибору технології відновлення деталей засобів транспорту під час їх ремонту. Дана методологія охоплює весь життєвий цикл відновлення деталей від вибору матеріалу, його елементів і до вибору раціональної технології ремонту.

4. Запропоновано новий науковий підхід до розроблення критеріїв ремонтного відновлення деталей та вузлів засобів транспорту за рахунок оптимізації технологічних систем ремонту. При цьому враховувалися тривалість виробничого циклу, час простою робочих місць і час очікування виробів до відновлення. У результаті проведених досліджень розроблені математичні моделі складових елементів часової структури технологічного процесу. Це дозволило визначити закономірності розподілу часу в середині технологічного процесу і типові часові структури, час виконання операції відновлення та технологічне обладнання.

5. Визначені шляхи підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту під час їх ремонту за рахунок установа взаємозв'язків між технологією усунення недоліків зношених поверхонь, матеріалом різального інструменту, матеріалом для реновації та технологіями відновлення як геометричних розмірів, так і заданих властивостей.

6. На основі дослідження теплового стану плунжерів паливної апаратури дизелів розроблена комплексна технологія їх відновлення, яка включає вакуум-плазмову обробку. Розроблена математична модель теплових процесів при іонному бомбардуванні та одержані алгоритм і

програма, які зв'язують параметри циклічного бомбардування з технологічними параметрами процесу і геометричними розмірами плунжера. Дана модель є універсальною і її можливо використовувати для різних типів плунжерів паливної апаратури.

7. Розроблена комплексна технологія відновлення коліс суцільнокатаних, яка включає підготовку зношеної поверхні новим інструментальним матеріалом без зміни їх заданого структурного стану з подальшим нанесенням зносостійкого покриття. Визначені раціональні параметри комплексного технологічного процесу відновлення поверхні катання суцільнокатаних коліс та отримані регресійні залежності зносу та коефіцієнта тертя від цих параметрів.

8. Для оцінки якості відновлених поверхонь деталей засобів транспорту запропонована методика розрахунку значення твердості, яка характеризується параметрами індивідуального відгуку матеріалу на силове навантаження та коефіцієнти опору індентора. Оскільки фізична природа твердості визначається залежностями, що зв'язують її з характеристиками міцності, пластичності та руйнування, доведено, що контроль твердості при незначних витратах дозволить визначити без пошкодження виробу ряд його основних механічних характеристик, а також його ресурс після відновлення деталей та вузлів транспортних засобів в умовах ремонтного депо, колійних майстерень та інших ремонтних підприємств.

9. З використанням ресурсозберігаючих, екологічно чистих технологій розроблені методи відновлення поверхонь деталей засобів транспорту. Вони базуються на використанні нового складу матеріалу для електродів, для електроіскрового легування, особливостями яких є наявність усіх складових сполук, що забезпечують відновленому шару підвищену зносостійкість при заданому коефіцієнті тертя.

10. Упровадження нових технологічних методів та способів відновлення виробів дозволить одержати економічний ефект за рахунок збільшення строку служби деталей, зменшення кількості капітальних ремонтів, ліквідувати додаткові непланові ремонти, а як результат скоротити витрати на заміну зношених деталей та вузлів на нові. Для визначення економічного ефекту від підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту була розроблена розрахункова математична модель. У результаті розрахунків вартість заміни деталей за новою технологією обробки складає $C_1 = 2167200$ грн тому витрати на їх ремонт, що припадають на весь термін експлуатації з використанням нової технології складають $C_2 = 1396800$ грн. Економічний ефект від упровадження складає понад 3,5 млн грн в рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

Основні наукові праці

1. Остапчук В. Н. Исследование зависимости эксплуатационных характеристик подшипников скольжения от метода их изготовления / В.Н. Остапчук // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – 2000. - №78. – С. 36-37.
2. Остапчук В. Н. Повышение эксплуатационных характеристик деталей масляного насоса двигателя СМД 60 / В. Н. Остапчук, Л. А Тимофеева // Зб. наук. праць Високої технології в машинобудуванні. - 2001. – № 1. – С. 263-265.
3. Остапчук В. Н. Управление условиями антифрикционности и фракционности узлов трения / Л. А.Тимофеева, Л. В.Проскурина, В. Н. Остапчук, С. С. Тимофеев // Науково-технічний журнал «Тяжелое машиностроение». - 2002. - №3. - С. 27-28.
4. Остапчук В. Н. Южная железная дорога и Харьков / В. Н. Остапчук // Залізн. трансп. України.- 2004. - №3. – С. 11-12
5. Остапчук В. Н. Решение задачи тепломассобмена в межэлементных каналах каталитических преобразователей / В. Н. Остапчук, В. Е. Ведь // Зб.наук.праць. національної академії наук України «Проблемы машиностроения» - 2004. - №2 - Том 2 - С. 83-.86.
6. Остапчук В. Н. Математическая модель определения износов пары трения поршневое кольцо-гильза цилиндра цилиндро-поршневой группы дизеля / В. Н. Остапчук // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. - 2004. - №26. – С. 184-189.
7. Остапчук В. Н. Применение упрочняющих покрытий для повышения износостойкости рабочих поверхностей тяжело нагруженных деталей машин / В. Н. Остапчук // Зб.наук.праць УкрДАЗТ, 2005. – вып.69. – С. 99-107.
8. Остапчук В. Н. Уменьшение коробления азотированного зеркала цилиндра / В.Н.Остапчук, А.Я.Мовшович // Вісник НТУ «ХП», зб.наук.праць .- 2005. -№37. – С. 387-390.
9. Остапчук В. Н. Повышение износостойкости деталей топливной аппаратуры тепловозных двигателей / А. Я. Мовшович, В. Н. Остапчук // Зб.наук.праць Современные технологии в машиностроении. 2006. – Том 2. – С. 385-390.
10. Остапчук В. Н. Финишная обработка прецизионных деталей, методом комплектного шлифования / А. Я. Мовшович, В. Н. Остапчук // Зб.наук.праць Технологія XXI СНАУ.- 2006. – № 13 - С. 71-73.
11. Остапчук В.Н. Нанесение износостойких покрытий, на тяжело нагруженные детали теплоэнергетического оборудования / А. Я. Мовшович, М. М. Буденний, Г.А. Здор., В. Н. Остапчук // Зб. наук.

праць НТУ “ХПІ”, Високі технології в машинобудуванні.- 2006. – Вип. 1. – С. 319-324.

12. Остапчук В. Н. Влияние технологических параметров алюмохромофосфатирования на эксплуатационные свойства деталей цилиндра-поршневой группы дизелей / С. С. Тимофеев, И. И. Федченко, В. Н. Остапчук // Зб. наук. праць НТУ “ХПІ” Резание и инструмент в технологических системах. 2007. – № 72. – С. 155-159.

13. Остапчук В. Н. Некоторые вопросы совершенствования технологии двигателестроения / А наук. праць НТУ “ХПІ” Современные технологии в машиностроении. 2007. – С. 417-422.

14. Остапчук В. М. Підвищення ефективності роботи технологічних систем розбирання деталей рухомого складу оптимізацією часових технологічних ланцюгів / В. М. Остапчук // Зб. наук. праць Вісник національного технічного університету НТУ “ХПІ” 2008. - №34. - С. 45-50.. Я. Мовшович, В. Н. Остапчук // Зб.

15. Остапчук В. Н. К вопросу влияния ионной бомбардировки на механические свойства стали / В. Н. Остапчук, А. Я. Мовшович, Б. В. Горелик // Зб. наук. праць Вісник національного технічного університету НТУ “ХПІ” 2008. – №. 35. – С. 56-59

16. Остапчук В. Н. Влияние времени ионной очистки и температуры косвенного подогрева на адгезионную прочность вакуумно-плазменного покрытия / В. Н. Остапчук, А. Я. Мовшович, Б. В. Горемык // Зб.наук.праць. – Харків: НТУ “ХПІ” Високі технології в машинобудуванні. 2008. – № 1 – С. 211-215.

17. Остапчук В. Н. Математическая модель и оптимизация детонационно-газового нанесения покрытий на детали машин / В. Н. Остапчук, А. И. Долматов, А. Я. Мовшович, Л. А. Тимофеева // Зб.наук.праць НТУ “ХПІ” Сучасні технології в машинобудуванні 2009. – Вип 3 – С. 154-159.

18. Остапчук В. Н. Оценка технологических методов повышения износостойкости прецизионных деталей / В. М. Остапчук // Зб.наук.праць УкрДАЗТ, 2009. – вып.97. – С. 147-150.

19. Остапчук В. М. Підвищення надійності засобів кріплення вантажів на відкритому рухомому складі для прямування транспортними коридорами України / В. М. Остапчук, А. М. Котенко, Л. А. Тимофеева, В. С. Морозов, Я. Г. Ленів // Зб.наук.практ.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. - Вип.30. - С. 184-185.

20. Остапчук В. М. Відновлення деталей транспортного призначення з застосуванням ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій / М. І. Данько, В. М. Остапчук // Науково-технічний журнал Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті 2011. - Вип.5 (90). - С. 48-50.

21. Остапчук В. М. Методологія направленої вибору технології відновлення деталей транспортного призначення / М. І. Данько, В. М.

Остапчук // Науково-технічний журнал Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті 2011. - Вип.4 (89). - С. 4-6

22. Остапчук В. М. Особливості системного підходу та його використання для розробки стратегії та тактики підприємства / М. І. Данько, В. М. Остапчук // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, 2011.- №4(158).- Частина 2.-2011. – С. 195-198.

23. Пат. 36405 Україна Спосіб виготовлення вкладишів підшипників ковзання / Остапчук В.Н., Ровенський О.І., Тимофеева Л.А., Глушкова Д.Б. опубл. від 16.04.2001, бюл.№32.

24. Пат. 87796 Україна Спосіб поверхневого зміцнення коліс суцільнокатаних власник Українська державна академія залізничного транспорту / Тимофеева Л.А., Тимофеев С.С. Остапчук В.М., Федченко І.І.; опубл від 10.08.2009, бюл.№15.

25. Пат №92264 Україна Матеріал для електроіскрового легування / Тимофеева Л.А., Остапчук В.Н., Федченко І.І., Тимофеев С.С.; від 11.10.2010р бюл №19.

Додаткові наукові праці

26. Остапчук В. Н. Повышение безопасности и надежности пары трения “колесо-рельс” с помощью нанесения покрытий” / И. И.Федченко, Л. А.Тимофеева, В. Н. Остапчук // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий». зб.доп., 29-31 травня 2001 р., м. Феодосія. - С. 262-263.

27. Остапчук В. Н. Повышение надежности работы масляных шестеренных насосов / В. Н. Остапчук, Л. А. Тимофеева // Матеріали 3-й міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий»: зб.доп., 27-29 травня 2003 р., м. Ялта. - С. 201-202 .

28. Остапчук В. Н. Повышение износостойкости деталей ЦПГ двигателей внутреннего сгорания / В. Н. Остапчук, С. С. Тимофеев // Матеріали 3-го Міжнародного науково-технічного семінару «Современные проблемы подготовки производства заготовительного производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении»: зб.доп., 25-27 лютого 2003 р., м. Свалява. - С. 159-160.

29. Остапчук В. Н. Повышение износостойкости узлов трения / В. Н. Остапчук // Матеріали 4-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий»: зб.доп., 25-27 травня 2004р., м.Ялта. - С. 211-213.

30. Остапчук В. Н. Применение высокохромистых чугунов в качестве износостойкого материала / В. Н.Остапчук, Л. А. Тимофеева // Матеріали 3-го Міжнародного науково-технічного семінару «Современные проблемы подготовки производства заготовительного производства,

обработки и сборки в машиностроении и приборостроении» зб.доп., 23-26 лютого 2004р., м.Свалява. - С. 108-109.

31. Остапчук В. М. Удосконалення методології сертифікації колісних пар / Л.А.Тимофеева, В.М.Остапчук // Матеріали 5-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий» зб.доп., 27-29 вересня 2005р., м. Ялта. – С. 125-127.

32. Остапчук В. Н. Исследование закономерностей спекания изделий из нанопорошков Al_2O_3, SiC / В. Н. Остапчук, Э. С.Геворкян // Матеріали 5-го Міжнародного науково-технічного семінару «Современные проблемы подготовки производства заготовительного производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении» зб.доп., 22-24 лютого 2005р. м.Свалява. - С. 164-165.

33. Остапчук В. Н. Повышение эксплуатационных свойств деталей транспортных средств / В.Н.Остапчук // Матеріали 5-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий» Зб.доп., 24-26 травня 2005р., м.Ялта. – С. 221-222.

34. Остапчук В. Н. Повышение износостойкости деталей топливной аппаратуры тепловозных двигателей // В. Н. Остапчук, А. Я. Мовшович, С. С. Тимофеев // Матеріали 6-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий» Зб.доп., 30 травня-1 червня 2006р., м.Київ.- С. 143-145.

35. Остапчук В.Н. Технологическое управление износостойкостью прецизионных пар трения / Л. А. Тимофеева, В. Н. Остапчук // Матеріали 6-го Міжнародного науково-технічного семінару «Современные проблемы подготовки производства заготовительного производства, обработки и сборки в машиностроении и приборостроении» Зб.доп. 25-28 лютого 2006р. м.Свалява. - С. 165-166

36. Остапчук В. М. Технологічні методи підвищення працездатності деталей транспортного призначення / В.М.Остапчук// 68 Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми ресурсозбереження на транспорті» зб.доп. 25-27 квітня 2006р.

37. Остапчук В.Н. Повышение качества рабочих поверхностей колес цельнокатаных / В. Н. Остапчук, С. С. Тимофеев, И. И. Федченко // Матеріали 7-ї міжнародної науково-практичної конференції «Качество, стандартизация, контроль: теория и практика» Зб.доп., 25-27 вересня 2007р., м.Ялта. - С.95-96.

38. Остапчук В. Н. Исследование теплового состояния плунжеров топливной аппаратуры дизелей. в процессе вакуумплазменной обработки / В. Н. Остапчук, А. Я. Мовшович, Л. А. Тимофеева // Матеріали 8-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Инженерия поверхности и реновация изделий» зб.доп. 27-29 травня 2008р., м.Київ. - С. 191-193.

39. Остапчук В. Н. Управление и контроль параметров качества технологических процессов на основе статистического и структурного

анализа / В. Н. Остапчук // Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика» зб. доп., 25-28 вересня 2008р., м. Ялта. - С. 191-193.

40. Остапчук В.Н. Конструктивные и технологические особенности комплекса РМ-9 для восстановления наплавкой гребней железнодорожных колесных пар / В. Н. Остапчук, И. И. Федченко // Матеріали 9-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Інженерія поверхності і реновація изделий» Зб. доп. 25-29 травня 2009р., м. Ялта - С. 196-201.

41. Остапчук В. Н. Восстановление тяжело нагруженных деталей транспортной техники / В. М. Остапчук, Л. А. Тимофеева, И. И. Федченко // Матеріали 9-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика», зб. доп., 21-25 вересня 2009р., м. Ялта, - С. 145-148.

42. Остапчук В.М. Технологічні основи управління якістю поверхневих шарів при виготовленні та відновленні виробів транспортного призначення / В.М. Остапчук // 71 Міжнародна науково-технічна конференція кафедр академії спеціалістів залізничного транспорту і підприємств зб. доп. м. Харків, - 22-24 квітня 2009р.

43. Остапчук В. Н.. Повышение износостойкости тормозных колодок подвижного состава / В. Н. Остапчук, Я. Г. Ленив // Матеріали 10-ї Ювілейної Міжнародної науково-технічної конференції «Інженерія поверхності і реновація изделий», зб. доп., 24-28 мая 2010р., м. Ялта - С. 139-141.

44. Остапчук В. Н. Методы повышения качества поверхностей трения / В. Н. Остапчук, Л. И. Влезкова, В. В. Ткаченко // Матеріали 10-го Ювілейного Міжнародного науково-технічного семінару, зб. доп. 22-26 лютого 2010р., м. Свалява, - С. 141-143.

45. Остапчук В.М. Шляхи удосконалення технології відновлення деталей рухомого складу / В. М. Остапчук // 73 Міжнародна науково-технічна конференція кафедр академії спеціалістів залізничного транспорту і підприємств зб. доп. м. Харків. - 12-13 квітня 2011р.

46. Остапчук В. М. Удосконалення технологічних систем при ремонті та відновленні деталей рухомого складу / М. І. Данько, В. М. Остапчук // Матеріали 24-й міжнародної конференції «Перспективные компьютерные, управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины. Алушта, - 2011. - Вип.90. - С. 136-137.

47. Остапчук В. Н. Управление качеством технического обслуживания и ремонта деталей подвижного состава / В. Н. Остапчук, Л. А. Тимофеева, // Матеріали 11-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика», зб. доп., 26-29 вересня 2011р., м. Ялта, - С. 121-123.

АНОТАЦІЯ

Остапчук В.М. Развитие научных основ повышения износостойкости деталей та вузлів засобів транспорту під час ремонту – на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту; Українська державна академія залізничного транспорту; м. Харків, 2011.

Дисертація присвячена проблемам підвищення зносостійкості деталей та вузлів засобів транспорту. У роботі удосконалені існуючі та розроблені нові науково-технологічні засоби реновації поверхні деталей.

На основі аналізу апріорної інформації та експериментально-теоретичних досліджень встановлені чинники, що визначають характер та величину зносу робочих поверхонь деталей.

Розроблена модель технологічного процесу визначення ресурсу деталей та вузлів, яка враховує умови їх експлуатації та методи відновлення. Визначені найефективніші технологічні рішення щодо відновлення ресурсу зношених деталей та вузлів з урахуванням величини та виду зносу. На основі теоретичних і експериментальних досліджень визначені шляхи підвищення зносостійкості деталей з урахуванням видів матеріалів, умов експлуатації і ремонту.

Економічна ефективність запропонованих підходів доведена результатами експлуатаційних випробувань, та досвідом впровадження у виробництво.

Ключові слова: деталі та вузли засобів транспорту, експлуатаційні властивості, зносостійкість, екологічно чисті ресурсозберігаючі технології.

АННОТАЦИЯ

Остапчук В.Н. Развитие научных основ повышения износостойкости деталей и узлов средств транспорта при их ремонте - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта - Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков, 2011.

Диссертация посвящена повышению износостойкости деталей и узлов средств транспорта при их ремонте путем усовершенствования и разработки новых научно-технологических средств реновации их поверхности. В работе на основе анализа априорной информации, экспериментально-теоретических исследований установлена динамика выхода из строя деталей и узлов средств транспорта и выявлена

зависимость между величиной износа деталей средств транспорта и технологическими методами восстановления их работоспособности.

В современных условиях, требующих экономии, на предприятиях, эксплуатирующих средства транспорта, все большую актуальность приобретают вопросы восстановления изношенных деталей вместо закупки новых, поскольку проведение ремонтных работ часто экономически выгоднее их замены. С учетом большого количества номенклатуры изношенных деталей средств транспорта до настоящего времени не существует единого подхода к восстановлению не только их геометрических размеров, но и качества их рабочих поверхностей. Это требует научно-обоснованного подхода к развитию основ повышения износостойкости деталей и узлов средств транспорта при их ремонте.

Разработана модель повышения износостойкости деталей средств транспорта при их ремонте, которая отображает процесс влияния технологических параметров (температура, концентрация и время) на величину износа и обеспечивает определение рациональных параметров технологического процесса, которые обеспечивают повышение долговечности подвижного состава. Была разработана комплексная технология восстановления, которая включает в себя технологию нанесения покрытий с дальнейшей термообработкой. Разработан состав материала режущего инструмента для устранения дефектов на изношенных рабочих поверхностях деталей и разработан материал для электроискрового легирования.

В работе разработан общий методологический подход направленного выбора технологии восстановления деталей средств транспорта при их ремонте и модель технологического процесса восстановления работоспособности изношенных деталей средств транспорта с учетом величины и видов износа.

Рассмотрены вопросы повышения эффективной работы технологических систем разборки деталей подвижного состава с оптимизацией часовых технологических цепочек и установлена взаимосвязь технологических показателей на разных этапах жизненного цикла изделий.

С учетом условий эксплуатации разработаны рациональные параметры новых энергоресурсосберегающих экологически чистых технологических процессов, которые дают возможность не только обеспечивать повышенную износостойкость деталей после их восстановления, но и сократить количество технологических операций при их ремонте.

На основании исследований рассмотрено влияние тепловых процессов, происходящих на поверхности деталей при их ремонте, и на этой основе разработана математическая модель технологического процесса восстановления заданных эксплуатационных свойств.

Разработанный системный подход к выбору технологий восстановления деталей и узлов средств транспорта может быть рекомендован для внедрения на предприятия транспортного машиностроения

Ключевые слова: детали и узлы средств транспорта, эксплуатационные свойства, износостойкость, экологически чистые ресурсосберегающие технологии, комплексная обработка.

ABSTRACT

V. Ostapchuk. The Development of scientific bases of improving the durability of parts and units of vehicles during a repair - the manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Science in speciality 05.22.20 - Maintenance and repair of vehicles; Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkov, 2011.

The thesis is devoted to problems of wear resistance of parts and joints of vehicles

In this work, the existing means had been improved and the new scientific and technological means of details' surface recovery had been developed.

Based on analysis of a priori information and experimental and theoretical studies the factors that determine the nature and degree of wear of working surfaces of parts had been identified.

The model of technological process of estimation of parts' and units' endurance refer to conditions of their operational use and recovery methods had been developed.

The most effective technological solutions for lifespan recovery of used parts and components which regard the size and type of wearing had been specified.

Based on theoretical and experimental studies the ways to improve the durability refer to the types of materials, operational and repair conditions, had been determined. The economical efficiency of proposed approaches had been proven by operational test results, and installation experience.

Keywords: parts and components of vehicles, operability, durability, environmentally friendly resource-saving technologies.

Остапчук Віктор Миколайович

УДК 629.083

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ПІДВИЩЕННЯ
ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ
ПІД ЧАС РЕМОНТУ**

05.22.20- експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

доц. Федченко І.І.

Підписано до друку 19.10.11р.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Умовн.-друк. арк. 1,9. Обл.-вид. арк. 2,0.
Замовлення № 532. Тираж 100 прим.

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