

Міністерство освіти і науки України
Українська державна академія залізничного транспорту

На правах рукопису

КОНОВАЛОВ ПАВЛО ЄВГЕНОВИЧ

УДК 629.4: 621.89

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ МОТОРНО-ОСЬОВИХ ПІДШИПНИКІВ
ТЕПЛОВОЗІВ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗМАЩЕННЯ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник
Лисіков Євген Миколайович
доктор технічних наук, професор

Харків – 2013

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1.1 Експлуатаційна надійність і ресурс моторно-осьових підшипників.....	12
1.2 Загальна характеристика вузла моторно-осьового підшипника	15
1.3 Системи змащення моторно-осьових підшипників локомотивів	18
1.4 Огляд теоретичних і експериментальних досліджень роботи систем змащення моторно-осьових підшипників	24
1.5 Основні властивості та характеристика осьових олив	27
1.6 Висновки до розділу 1	30
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1 Теоретичні передумови	32
2.2 Фізико-математична модель зносу моторно-осьового підшипнику	36
2.3 Метод визначення швидкості зношування	38
2.3.1 Навантаження на поверхнях вкладишів	38
2.3.2 Характер поточного виду змащення	41
2.3.3 Коефіцієнт зовнішнього тертя	44
2.3.4 Методика дослідження гідродинамічного змащення умовах роботи моторно-осьового підшипника	45
2.3.5. Метод визначення швидкості зношування	49
2.4 Метод визначення ресурсу моторно-осьового підшипника	53
2.4.1. Базовий ресурс моторно-осьового підшипника	53
2.4.2 Визначення коефіцієнту гідродинамічної характеристики	55
2.4.3. Методика проведення модельного експерименту	55
2.5 Методика вивчення змочувальної властивості осьової оливи	58
2.6 Висновки до розділу 2	62
2 ТЕО РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ МОТОРНО-ОСЬОВИХ ПІДШИПНИКІВ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗМАЩЕННЯ	
3.1 Навантаження, які діють на поверхнях тертя моторно-	

осьових підшипників	63
3.2 Розподіл питомих навантажень та особливості мастильного режиму на робочих поверхнях вкладишів	69
3.3 Характеристика змін виду мастильного режиму на поверхні вкладишу	73
3.4 Вивчення поточного коефіцієнту тертя на робочих поверхнях	83
3.5 Визначення швидкості зношування робочих поверхонь ..	87
3.6 Особливості виникнення гідродинамічного змащення в умовах роботи моторно-осьового підшипника	91
3.7 Висновки до розділу 3	96
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
4.1 Адгезія та змащувальна здатність осьової оливи	98
4.2 Особливості дії зовнішнього поля на поляризацію змащувальних олив	102
4.3 Дослідження змочувальної властивості осьової оливи ...	104
4.4 Модельний експеримент	107
4.5 Висновки до розділу 4	119
РОЗДІЛ 5 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗМАЩУВАННЯ І ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ МОТОРНО-ОСЬОВОГО ПІДШИПНИКА	
5.1 Схема модернізації системи змащення моторно-осьового підшипника	121
5.2 Коефіцієнти швидкості зношування моторно- осьового підшипника	124
5.3 Ресурс моторно-осьових підшипників з різними системами змащення	135
5.4 Висновки до розділу 5	138
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	140
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	142
Додаток А Акт впровадження науково-практичних результатів дисертаційної роботи	158
Додаток Б Акт погодження на впровадження результатів НДР у виробничий процес	159
Додаток В Розрахунок суми економічного ефекту від впровадження результатів дисертаційної роботи	160

ВСТУП

Актуальність теми. Залізничному транспорту відведена особлива роль у вирішенні завдань стабільного та неухильного розвитку економіки, в забезпеченні стійкої роботи всього транспортного комплексу Україні. Тому питання вдосконалення конструкції рухомого складу залізниць, підвищення його ефективності та експлуатаційної надійності набувають пріоритетного значення.

Між тим, особливості розвитку економіки країни в останні роки викликали певні труднощі в реалізації планів оновлення існуючого парку рухомого складу залізниць, що несе у собі загрозу його старіння. Так, на початок 2008 року термін служби магістральних тепловозів досяг 20-29 років, а їх фізичний знос - рівня

83%. Для електровозів ці показники склали 22-45 років і 89% відповідно [115,116,55].

Значний фізичний знос тягового рухомого складу Укрзалізниці супроводжується дворазовим [55] зростанням витрат на його обслуговування і ремонт, а також загрожує неприпустимим зниженням рівня безпеки руху.

Тому проблема реструктуризації, реформування та якнайшвидшого оновлення рухомого складу залізниць України висувається сьогодні на рівень проблем державного значення [115,55,25,107,109]. У зв'язку з цим у залізничній галузі серед інших організаційних заходів розроблена і нині виконується державна «Програма оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 роки» [108] та «Програма оновлення тягового рухомого складу залізниць України на період до 2020 року» [115,116]. Результатом її реалізації має стати підвищення продуктивності локомотивів на 20%, зниження питомих витрат енергоресурсів на 20%, збільшення пробігів між ТО і ТР на 50% при зниженні на 30-40% витрат на їх проведення [116].

Рівень державної значущості названої проблеми відзначається в матеріалах II міжнародної партнерської конференції Eurotrain [89]. Ключовою темою конференції стало обговорення форм співпраці Укрзалізниці та приватних організацій у виконанні завдань модернізації як оптимального напрямку програми оновлення рухомого складу залізниць. Серед наукових досліджень пріоритетне значення повинні мати роботи, пов'язані, зокрема, зі створенням нових і модернізацією існуючого парку тепловозів та електровозів [107].

Серед пріоритетних напрямків реалізації діючих державних програм важливе місце відведено роботам з розширеного капітального ремонту та модернізації локомотивного парку, причому така робота щодо вантажних (ВЛ8, ВЛ10, ВЛ80, ВЛ82, 2ТЕ116, 2ТЕ10, М62, 2М62) і маневрових (ЧМЕ3) локомотивів віднесена до першочергових і перспективних завдань [108,115,116]. В рамках виконання зазначених програм проводяться роботи з впровадження досягнень науково-технічного прогресу, використання найбільш ефективних пропозицій як вітчизняних, так і зарубіжних підприємств [25,112].

Таким чином, проблема розробки заходів, спрямованих на підвищення надійності і ресурсу парку вантажних та маневрових локомотивів, виділена в нашій країні як перспективна і вимагає першочергового рішення. Тому напрямком нашої роботи вибрано підвищення ресурсу моторно-осьових підшипників як одного з основних вузлів, що визначає необхідний рівень експлуатаційної надійності колісно-моторного блоку тепловозів, а також впливає на безпеку руху поїздів.

Зв'язок роботи з програмами, планами і темами. Дисертаційна робота відповідає концепції державної програми реформування залізничного транспорту України, затвердженою постановою Кабінетом Міністрів України (КМУ) №651-р від 27.12.2006; «Програмі оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 роки», що затверджена постановою КМУ №840 від 01.08.2011. Наукові результати роботи «Розробка методу підвищення ресурсу моторно-осьових підшипників локомотивів за рахунок використання електричних полів» (№ ДР 0112U003581) отримані при виконанні господарчо-договірних науково-дослідних робіт у відповідності до планів Української державної академії залізничного транспорту та Укрзалізниці. У виконанні вказаних науково-дослідних робіт автор брав безпосередню участь як виконавець.

Мета досліджень. Метою роботи є збільшення ресурсу моторно-осьових підшипників тепловозів за рахунок зменшення інтенсивності зносних ушкоджень їх робочих поверхонь шляхом вдосконалення системи змащення, що досягається поліпшенням умов для гідродинамічного змащення робочих поверхонь та підвищенням експлуатаційних властивостей осьової оливи

Завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих методів підвищення ресурсу та визначити основні чинники, які впливають на швидкість зношування МОП тепловозів;
- встановити закономірність розподілу навантажень та особливості мастильного режиму на робочих поверхнях МОП в залежності від витрат його ресурсу;

- дослідити закономірність зміни мастильної властивості осьової оливи через коефіцієнт змочування та швидкість зношування зразків, що випробовуються на машині тертя, в залежності від впливу зовнішнього електростатичного поля та тривалості напрацювання оливи у системі змащення МОП;

- встановити залежність зміни діаметрального зазору МОП від коефіцієнтів впливу інтенсивності зношування, на основі чого доопрацювати метод визначення ресурсу цього вузла;

- розробити схему модернізації системи змащення та провести розрахунки ресурсу МОП тепловозів за запропонованим методом.

Об'єкт досліджень - процес мастильного режиму та зношування робочих поверхонь моторно-осьових підшипників тепловозів.

Предмет досліджень - моторно-осьові підшипники тепловозів.

Методи досліджень - теоретичні дослідження базуються на системному методі, в основу якого покладено основні закони механіки, фізики, а також основні положення тертя і зносу. Під час проведення експериментальних досліджень застосовані методи математичної статистики, а також основні положення теорії планування експериментів.

Наукова новизна. Вирішено науково-прикладне завдання підвищення ресурсу вузла моторно-осьового підшипника тепловоза за рахунок модернізації системи змащення, яка полягає у покращенні умов гідродинамічного змащення підшипника та в активізації мастильних властивостей осьової оливи зовнішнім електростатичним полем. Це дозволяє підвищити рівень безпеки руху, збільшити довговічність МОП, зменшити кількість їх ремонтів і підвищити техніко-економічні показники роботи тепловозів.

Вперше:

- встановлена емпірична залежність зношування експериментальних зразків моторно-осьових підшипників від часу напрацювання та електростатичної обробки осьової оливи;

- надана кількісна характеристика процесу природної втрати осьовою оливою частини своєї мастильної властивості за час роботи у системі змащення моторно-осьового підшипника.

Доповнені:

- відомі дані щодо меж існування видів змащення на поверхнях тертя моторно-осьового підшипника залежно від величини діаметрального зазору та швидкості тепловоза;

- регресійна залежність між швидкістю тепловоза та вектором навантажень на поверхні вкладишів моторно-осьових підшипників.

Доопрацьовано:

- метод визначення ресурсу моторно-осьового підшипника в частині врахування коефіцієнтів: вплив розташування мастильного вікна на гідродинамічні характеристики підшипника, тривалості напрацювання оливи у системі змащення та коефіцієнта, що залежний від того, піддається або не піддається олива електростатичній обробці.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Всі наукові положення, висновки і рекомендації дисертації ґрунтуються на конкретних результатах досліджень, достовірність яких підтверджується використанням в ході теоретичних досліджень положень теоретичної механіки, гідродинаміки, фізики рідин, дисперсних систем, фізики поверхневих явищ, теорії тертя та зносу; при експериментальних дослідженнях - використанням сучасного обладнання і методик, необхідною відтворюваністю випробувань та подальшою математичною обробкою їх результатів.

Практичне значення отриманих результатів. Практичні результати роботи складають:

- технічне рішення стосовно модернізації системи змащення МОП тепловозів, яке складається зі способу раціональної подачі та пристрою електростатичної обробки осьової оливи (Патент на корисну модель UA 70541 B61C 17/00. – Бюл. №11, 11.06.2012);

- обґрунтування параметрів блока електростатичної обробки осьової оливи при виконанні господарчо-договірної науково-дослідної роботи (№ ДР 0112U003581);

- метод визначення ресурсу МОП в частині врахування трьох коефіцієнтів, що впливають на інтенсивність зношування, який в умовах депо дозволяє збільшити точність діагностики технічного стану цього вузла;

- теоретичні положення роботи, які застосовуються в навчальному процесі УкрДАЗТ та ІППК при УкрДАЗТ при вивченні дисциплін "Ресурсозбереження на залізничному транспорті", "Засоби підвищення надійності машин і економії нафтопродуктів".

Особистий внесок здобувача

У роботах, опублікованих із співавторами, особисто претендентом були отримані наступні розробки і наукові результати, представлені до захисту: розроблено модель схеми навантаження опорних поверхонь МОП [5]; виявлено характеристику утворення гідродинамічного тиску та проведено розрахунки щодо несучої здатності масляного шару на опорних поверхнях МОП [6]; встановлено межі існування різних режимів змащення на поверхнях МОП залежно від величини діаметрального зазору та параметрів роботи вузла на різних швидкостях руху тепловоза [7]; надано кількісну оцінку втрат гідродинамічного тиску на поверхні тертя МОП [65]; визначено співвідношення адгезійної та полі молекулярної складової опорної поверхні в умовах граничного тертя [8]; обґрунтовано схему підведення оливи та визначені основні параметри системи змащення МОП після модернізації [90];

Матеріали зазначених публікацій є результатом робіт, проведених в Українській державній академії залізничного транспорту.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи доповідалися та обговорювалися на:

- міжнародній науковій конференції МехТрибоТранс – 2011 «Механика и трибология транспортных систем» (Росія, м. Ростов-на-Дону, 2011 р.);

- десятій міжнародній науково-методичній конференції «Інноваційні напрямки розвитку технічного сервісу машин» Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, секції «Транспортні технології» та «Системотехніка та технології лісового комплексу» (Україна, м. Харків, 2012 р.);

- 25-й міжнародній конференції «Перспективні комп'ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізниць України» (Україна, м. Харків, 2012 р.);

- кафедрі «Колісні та гусеничні машини» Національного технічного університету «ХПІ» (Україна, м. Харків, 2012 р.).

Повністю результати дисертаційної роботи доповідалися в Українській державній академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04.

Публікації. За результатами дисертації у фахових виданнях опубліковано шість наукових праць. Крім того додаткове відображення результатів дисертації містять три публікації.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, основних результатів та висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 173 сторінки, в тому числі 142 сторінки основного тексту, 33 таблиці та 39 рисунків, список використаних джерел на 16 сторінках містить 141 найменування, три додатки на 15 сторінках.

вірогідністю = 0,95 і довірчим інтервалом $\pm(2...4)\%$ проводити діагностику технічного стану та скласти прогноз залишкового ресурсу вузла МОП при деповському обслуговуванні тепловозів.

6. Розрахункова сума річного економічного ефекту після модернізації системи змащення МОП, пов'язана тільки зі збільшенням ресурсу МОП, становить близько 12 тис. грн у розрахунку на один тепловоз 2ТЕ116 (додаток В).

1. Встановлено, що недостатня ефективність відомих методів підвищення ресурсу МОП значною мірою обумовлена недоліками систем змащення. По-перше, передбачена ними схема подачі оливи не враховує існування на поверхні вкладишів зон локалізації навантажень поблизу точки подачі оливи, що уповільнює перехід вузла до роботи в умовах гідродинамічного змащення. Іншою вадою є відсутність умов для підтримки якнайвищої мастильної властивості осьової оливи, внаслідок чого остання за термін служби оливи у системі змащення погіршується більш ніж утричі.

2. Уточнено розподіл навантажень на поверхнях вкладишів МОП. Аналіз показує, що вектор навантаження залежить від місця розташування підшипника, напрямку руху та швидкості тепловоза. Місця навантаження вкладишів мають в основному локальний характер, розосереджені по поверхні вкладишів кожного підшипника у двох різних зонах.

3. Конкретизовано дані щодо комплексного впливу основних фізичних чинників, які визначають швидкість зношування робочих поверхонь МОП. Запропоновано метод і алгоритм розрахунків, які дозволяють визначати темпи зношування та ресурс МОП.

4. Вперше надано кількісну характеристику процесу природної втрати осьовою оливою частини своєї мастильної властивості за час роботи у системі змащення та встановлено аналітичну залежність від нього темпу зростання зносних ушкоджень МОП. Вперше встановлено регресійні залежності та доведено, що методом уповільнення згаданого процесу та зношування підшипника є електростатична обробка осьової оливи, після якої:

- зростає адсорбційний потенціал оливи відносно поверхонь пари тертя: залежно від ступеня напрацювання коефіцієнт змочування для оливи після ЕСО збільшується у 1,6-2,9 рази;

- зменшується швидкість зношування пари тертя підшипника: величина зменшення залежить від ступеня напрацювання оливи і коливається у межах 1,5 - 2,0 рази.

5. Вдосконалено метод визначення ресурсу моторно-осьового підшипника, відповідно до якого основними чинниками впливу на інтенсивність зношування розглядаються гідродинамічна характеристика підшипника та поточний стан мастильної властивості осьової оливи. Покращення гідродинамічної характеристики підшипника досягається тим, що на підставі встановленої закономірності розподілу навантажень на вкладиш запропоновано нову схему подачі оливи. Мастильна властивість залежить від тривалості роботи та структурного стану осьової оливи. Методом покращення мастильної властивості впродовж всього терміну служби осьової оливи є обробка її зовнішнім електростатичним полем.

6. Запропоновано модернізовану систему змащення, що вмонтовується в існуючу конструкцію системи змащування (Система змащування моторно-осьового підшипника локомотива: патент на корисну модель UA 70541 B61C 17/00. – Бюл. №11, 11.06.2012 р.). При використанні запропонованої системи змащення ресурс МОП зростає в середньому утричі, що значно перевищує орієнтовні показники, наведені у «Програмі оновлення тягового рухомого складу Укрзалізниці до 2020 р.». Річний економічний ефект, пов'язаний зі збільшенням ресурсу МОП тепловозів, становить близько 12 тис. грн на кожен тепловоз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Авилов В.Д. Оценка технического состояния и прогнозирования ресурса колесно-моторного блока подвижного состава на основе мониторинга его состояния [Текст] / В.Д.Авилов, В.В.Харламов, В.Н.Костюков [и др.] // Локомотив-информ. – 2007. - №6. - С.25-29.

2 Афанасьев И.А. Автоматизированная система контроля температуры моторно-осевых подшипников электровозов [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.labview.ru/solutions/264/item1581/>

3 Азаренко В.А. Повышение надежности моторно-осевых подшипников скольжения магистральных локомотивов [Текст] : автореф. дисс. канд.техн.наук : / Азаренко Валентин Алексеевич - М., 1984. – 30 с.

4 Азаренко В.А. Повышение надежности моторно-осевых подшипников локомотивов [Текст] / В.А.Азаренко, А.Н.Германов // Вестник ВНИИ ж.д.транспорта. – М., 1988. - №2. - С. 36-40.

5 Астахов В. Н. Особенности нагружения поверхностей трения в моторно-осевых подшипниках локомотивов [Текст] / В. Н. Астахов, Е. Н. Лысиков, П. Е. Коновалов // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2011. – Вип. 125. – С. 69–75.

6 Астахов В. Н. Особенности гидродинамической смазки на поверхностях трения моторно-осевых подшипников [Текст] / В. Н. Астахов, И. С. Грунык, П. Е. Коновалов // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2011. – Вип. 127. – С. 152-159.

7 Астахов В. Н. Оценка режимов трения и смазки в подшипниках осевого подвешивания локомотивов [Текст] / В. Н. Астахов, Е. Н. Лысиков, П. Е. Коновалов // Зб. наук. пр. / ДІПТ. – Дніпропетровськ., 2011. – Вип. 40. – С.46-53.

8 Астахов В. Н. Модель структуры опорной поверхности в режиме граничной смазки [Текст] / В. Н. Астахов, Е. Н. Лысиков, П. Е. Коновалов // Механика и трибологія транспортних систем: матеріали Міжнарод. науч. конф. МехТрибоТранс – 2011 (9-11 ноября 2011 г.). - Ростов/на Дону, 2011. – С. 37.

9 Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения [Текст] / А.С.Ахматов - М. Изд-во физ. - мат. лит. 1963. – 471 с.

10 Ахметов М.Х. Анализ предельных режимов нагружения и повышение надежности МОП тепловозов условиях жаркого климата среднеазиатского региона [Текст] : автореф. дисс. канд.техн.наук: / Ахметов М.Х. – Омск, 1988. – 28 с.

11 Балабин В.Н. Применение современных триботехнических технологий в локомотивном хозяйстве [Текст] / В.Н.Балабин, В.З.Какоткин // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. – Луганськ, 2007. - част. 2. - С. 168-173.

12 Беляев А.И., Евстратов А.С., Камоликов В.Г. Конструкции и результаты испытаний новых систем смазки моторно-осевых подшипников [Текст] / А.И.Беляев, А.С.Евстратов, В.Г.Камоликов // Повышение надежности колесно-моторного блока тепловозов. - М.: НИИинформтяжмаш, 1976. С. 16-19.

13 Бирюков И.В. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог [Текст] / И.В.Бирюков, А.И.Беляев, Е.К.Рыбников. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.

14 Богданов О.И. Расчет опор скольжения [Текст] / О.И.Богданов, С.К.Дьяченко. – К.: Техніка, 1966. – 242 с.

15 Бомбардиров П.П. Вагонные буксы с подшипниками трения скольжения [Текст] / П.П.Бомбардиров. – М.: Транспорт, 1970. – 183 с.

16 Бородин А.В. Высоконагруженные опоры подвижного состава: новые конструктивные решения [Текст] / А.В.Бородин, Д.В.Тарута, Ю.А.Иванова // Локомотив-информ. - 2008, №3. - С. 4-7.

17 Боуден Ф.П. Трение и смазка твердых тел [Текст] / Ф.П.Боуден, Д.Т.Тейбор. – М.: Машгиз, 1960. – 151 с.

18 Браун Э.Д. Моделирование трения изнашивания в машинах [Текст] / Э.Д.Браун, Ю.А.Евдокимов, А.В.Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.

19 Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах [Текст] : учеб. для вузов / Н.А.Буше. – М.: Транспорт, 1987. – 223 с.

20 Буше Н.А. Подшипниковые сплавы для подвижного состава [Текст] / Н.А.Буше. – М.: Транспорт, 1967. - 224 с.

21 Буше Н.А. О способе оценки нагруженности радиальных подшипников скольжения [Текст] / Н.А.Буше, С.М.Захаров, В.А.Азаренко // Трение и износ. – 1982. - т.3, №6. - С. 968-977 .

22 Буше Н.А. Совместимость трущихся поверхностей [Текст] / Н.А.Буше, В.В.Копытько. – М.: Наука, 1981. – 127 с.

23 Вельгодская Т.В. Повышение работоспособности тягового редуктора тепловоза [Электронный ресурс]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Вельгодская Татьяна Владимировна – Омск, 2007. – Режим доступа: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/172516.html>

24 Венцель Е.С. Антифрикционные и противоизносные свойства осевого масла с присадкой Infineum C9425 [Электронный ресурс] / Е.С.Венцель, Ю.Л.Ковальчук – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/NTIP_2006/Tecnic/4_vencel_.doc.htm

25 Винклер Франк. Роль обслуживания и ремонта тепловозов в современных условиях [Текст] / Франк Винклер // Локомотив-информ. – 2008. - №2. - С. 24-26.

26 Волков Н.Н. Подшипники качения колесных пар вагонов и локомотивов [Текст] / Н.Н.Волков, Н.В.Родзевич – М.: Машиностроение, 1972. – 168 с.

27 Воскресенский В.А. Расчет и проектирование опор скольжения [Текст] / В.А.Воскресенский, В.И.Дьяков. - М.: Машиностроение, 1980. – 224 с.

28 Воскресенский В.А. Расчет и проектирование опор жидкостного трения: Справочник [Текст] / В.А.Воскресенский, В.И.Дьяков, А.З.Зиле. - М.: Машиностроение, 1983. – 232 с.

29 Гаевик Д.Т. Подшипниковые опоры современных машин [Текст] / Д.Т.Гаевик. - М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.

30 Германов А.Н. Моторно-осевые подшипники с принудительной системой смазки [Текст] / А.Н.Германов, Н.Н.Каменев, А.В.Азаренко // Вест. ВНИИЖТ. – М.: 1981. - №2. - С. 28-32.

31 Глущенко А.Д. Устройство для смазки моторно-осевых подшипников тяговых электродвигателей локомотива [Текст] / А.Д.Глущенко, А.П.Федотов,

Е.В.Сливинский, В.И.Киселев, М.Х.Ахмедов. – Авт. св-во СССР №1206154, В 61 F 17/10, опубл. 23.01.1986, Бюл. №3 .

32 Глущенко А.Д. Устройство для смазки моторно-осевого подшипника тягового электродвигателя локомотива [Текст] / А.Д.Глущенко, Е.В.Сливинский, В.И.Киселев, А.Д.Беленький, М.Х.Ахмедов, А.П.Федотов, В.В.Ульянов – Авт. св-во СССР №1240664, В 61 F 17/22, опубл. 30.06.1986, Бюл. №24.

33 Головинов Г.Г. Повышение работоспособности МОП скольжения тепловозов при низких температурах [Текст] : автореф. дисс. канд.техн.наук : / Головинов Геннадий Георгиевич - М., 1984. - 30 с.

34 Головинов Г.Г. Экспериментальное исследование параметров вибронакачивания моторно-осевых подшипников тепловозов [Текст] / Г.Г.Головинов // Конструирование и производство транспортных машин. Республ. межведомств. научн.-техн. сборн. 1993. - Вып. 22. - С. 51-54

35 Головінов Г.Г. Тертя і мащення тягових приводів локомотивів [Текст] / Г.Г.Головінов; монографія. - Східноукр. нац. ун-т ім. В.Даля. – Луганськ, 1996. – 116 с.

36 Головинов Г.Г. Формування антифрикційних процесів контактної взаємодії високонавантажених триботехнічних елементів тягових приводів електровозів [Текст] : автореф. дисс. докт. техн. наук : / Головінов Геннадій Георгійович - Луганськ, 1997. - 30 с.

37 Головінов Г. Підвищення надійності тягових приводів транспортних засобів [Текст] / Г.Головінов, А.Черняєв, М.Терещенко // Вісн. Акад. митн. служби України. – 2006. - №3 - С. 99-103.

38 Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С. Ауксетическая механика кристаллических материалов. Известия РАН, МТТ, 2010 г., № 4, стр.43-62.,режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%9F%D1%83%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0

39 Гостев Ю.В. Новый подход к обеспечению надежности эксплуатации теплоэнергетического оборудования [Электронный ресурс] / Ю.В.Гостев, В.И.Новиков, В.В.Пасков – Режим доступа:

http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=1886

40 ГОСТ ИСО 7902-1-2001. Гидродинамические радиальные подшипники скольжения, работающие в стационарном режиме. Круглоцилиндрические подшипники. Часть 1. Метод расчета [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://vsegost.com/Catalog/62/6245.shtml>.

41 ГОСТ ИСО 7902-3-2001. Гидродинамические радиальные подшипники скольжения, работающие в стационарном режиме. Круглоцилиндрические подшипники. Часть 3. Допустимые рабочие параметры [Текст] .

42 ГОСТ 610-72. Масла осевые. Технические условия [Электронный ресурс]– Режим доступа : <http://vsegost.com/Catalog/17/17624.shtml>

43 ГОСТ 27674-88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<http://standartgost.ru/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%2027674-88> 44

ГОСТ 23.224-86. Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/22/2261.shtml>

45 Дерягин Б.В. Что такое трение? [Текст] / Б.В.Дерягин. – М.: Изд. Акад. наук СССР, 1963. – 330 с.

46 Дмитrochenко Н.Ф. Приработка мотор-редукторов в неустановившемся режиме нагружения [Текст] / Н.Ф.Дмитrochenко, Р.Г.Мнацаканов, В.Г.Грабчак, О.П.Дмитренко // Проблемы трения и изнашивания: сб. науч. труд. - К.: Тэхника, 1992. - Вып. 42. - С. 41-44.

47 Долгих С.А. Исследование условий работы МОП и их влияние на долговечность тягового редуктора тепловозов [Текст] : автореф. дисс. канд.техн.наук : / Долгих С.А. - Л., 1982. – 30 с.

48 Дубровский З.М. Грузовые электровозы переменного тока [Текст] / З.М.Дубровский, В.И.Попов, Б.А.Тушканов. – М.: Транспорт, 1991. – 464 с.

49 Евстратов А.С. Экипажная часть тепловозов [Текст] / А.С.Евстратов. – М.: Машиностроение, 1987. – 136 с.

50 Експлуатаційні випробування моторно-вісьових підшипників маневрових тепловозів [Текст] / А.П.Фалендиш, П.О.Харламов, Д.М.Коваленко, І.В.Бабіч // Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2005. – Вип. 68. – С. 239–250.

51 Зимон А.Д. Адгезия жидкости и смачивание [Текст] / А.Д.Зимон.- М.: Химия, 1974. – 416 с.

52 Зимон А.Д. Что такое адгезия [Текст] / А.Д.Зимон.- М.: Наука, 1983. – 176 с.

53 Инструкция по эксплуатации и обслуживанию моторно-осевых подшипников тяговых электродвигателей с польстерной системой смазки. 2ТЭ10Л.30.58.И.003 [Текст]

54 Інструкція ЦТ-0060 з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України [Текст]/ – К.: Держ. адмін. залізнич. транспорту України, 2003. – 54 с.

55 Калабухін Ю.Є. Аналіз сучасного стану тягового рухомого складу залізниць України [Текст] / Ю.Є.Калабухін // – Локомотив-інформ.- 2008.- №11.- С. 4-5.

56 Калинин В.К. Электровозы и электропоезда [Текст] / В.К.Калинин. – М.: Транспорт, 1991. – 480 с.

57 Калихович В.Н. Тяговые приводы локомотивов: (устройство, обслуживание, ремонт) [Текст] / В.Н.Калихович. – М.: Транспорт, 1983. – 111 с.

58 Квитницкий Е.И. Расчет опорных подшипников скольжения [Текст] / Е.И.Квитницкий, Н.Ф.Киркач, Ю.Д.Полтавский, А.Ф.Савин. – М.: Машиностроение, 1979. – 70 с.

59 Коваленко Д.М. Використання новітніх матеріалів для підвищення строку життєвого циклу тягових електричних двигунів маневрових тепловозів [Текст] / Д.М.Коваленко // // зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2006. – Вип. 72. – С. 169–175.

60 Когаев В.П. Прочность и износостойкость деталей машин [Текст]: учебн. пособ. для машиностр. спец. вузов / В.П.Когаев, Ю.И.Дроздов. – М.: Высш. школа, 1991. – 319 с.

61 Колобов И.А. Температурная устойчивость тяжело нагруженных подшипников, работающих при полужидкостном режиме трения: На примере узлов трения колесно-моторного блока локомотива [Электронный ресурс]: автореф. дис. канд. техн. наук / Колобов Игорь Анатольевич – Ростов-на-Дону, 2004. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/temperaturnaya-ustoichivost-tyazhelonagruzhennykh-podshipnikov-rabotayushchikh-pri-poluzhidk>

62 Комбалов В.С. Оценка триботехнических свойств контактирующих поверхностей [Текст] / В.С.Комбалов. – М.: Наука, 1983. – 136 с.

63 Конвисаров Д.В. Трение и износ металлов [Текст] / Д.В. Конвисаров. - Свердловское отделение Машгиза, 1947. - 184 с.

64 Коновалов П. Е. Расчетная модель интенсивности изнашивания как функция диаметрального зазора в МОП [Текст] / П. Е. Коновалов // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2012. – Вип. 129. – С.173-178.

65 Коновалов П. Е. До питання гідродинамічного змащення моторно-осьових підшипників тепловозів [Текст] / П. Е. Коновалов, С. І. Зазгарський // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2012. – Вип. 133. – С.321-325.

66 Коновалов П. Е. Алгоритм прогнозування ресурсу моторно-осьових підшипників локомотивів [Текст] / П. Е. Коновалов //Матеріали 25-ї міжнар. конф. «Перспективні комп'ютерні, керуючі та телекомунікаційні системи для залізниць України» - Алушта, 2012. – С.92-93.

67 Коновалов П. Е. Фізична модель зношування моторно-осьового підшипника тепловоза [Текст] / П.Е.Коновалов // – Вост.-европ. журн. передових технологій – 2013.- Т.1, №7(61). – С.25-29.

68 Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах [Текст] / Б.И.Костецкий. – Техніка, 1970. – 396 с.

69 Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин [Текст]: справочник / И.В.Крагельский, Н.М.Михин. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

70 Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ [Текст] / И.В.Крагельский, М.Н.Добычин, В.С.Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

71 Кучеров С.В. Диагностирование тягового привода электровоза с опорно-осевыми двигателями [Электронный ресурс]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Кучеров Станислав Владимирович – М., 2001. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/diagnostirovanie-tyagovogo-privoda-elektrovoza-s-oporno-osevymi-dvigatelyami>

72 Лаптев А.А. Обеспечение работоспособности колесно-моторных блоков электровозов путем совершенствования технологии их ремонта [Электронный ресурс] / А.А.Лаптев – Режим доступа disserCat <http://www.dissercat.com/content/obespechenie-rabotosposobnosti-kolesno-motornykh-blokov-elektrovozov-putem-sovershenstvovani#ixzz28pSH7TnY>

73 Лысиков Е.Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем [Текст] / Е.Н.Лысиков, В.Б.Косолапов, С.В.Воронин. – Х.: ЭДЭНА, 2009. – 274 с.

74 Лысиков Е. Н. Использование эффекта электрообработки жидких смазочных сред в тяжелых режимах работы подшипников [Текст] / Е. Н. Лысиков, С. В. Воронин, П. Е. Коновалов // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2010. – Вип. 115. – С.122-127.

75 Лысиков Е.Н. Использование эффекта электрообработки жидких смазочных сред в тяжелых режимах работы подшипников [Текст] / Е.Н. Лысиков, С.В.Воронин, П.Е. Коновалов // Зб. наук. пр. / Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Х., 2010. – Вип. 115. – С.122-127.

76 Малоземов Н.А. Пути увеличения долговечности колесно-моторного блока тепловозов с опорно-осевым подвешиванием [Текст] / Н.А.Малоземов, В.А.Шапошников // Вопросы теории и конструкции локомотивов: Труды РИИЖТ. – Ростов н/Дону, 1964.- Вып. 44.- С. 228-280.

77 Малоземов Н.А. Расчет нагрузок от динамических сил в моторно-осевых подшипниках электровоза ВЛ60 [Текст] / Н.А.Малоземов,

Г.В.Шапошников // Вопросы надежности и повышения эффективности эксплуатации и ремонта подвижного состава: Труды РИИЖТ. – Ростов н/Дону, 1974.- Вып. 128.- С. 68-74.

78 Малоземов Н.А. Расчет нагрузок от статических сил в моторно-осевых подшипниках электровоза ВЛ60 [Текст] / Н.А.Малоземов, Г.В.Шапошников // Вопросы надежности и повышения эффективности эксплуатации и ремонта подвижного состава: Труды РИИЖТ. – Ростов н/Дону, 1974.- Вып. 128.- С. 65-68.

79 Малоземов Н.А. Исследование фитильной маслоподачи [Текст] / Н.А.Малоземов, Г.В.Шапошников, В.Н.Кулименко // Вопросы надежности и повышения эффективности эксплуатации и ремонта подвижного состава: Труды РИИЖТ. – Ростов н/Дону, 1977.- Вып. 138.- С. 65-68.

80 Матвеевский Р.М. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний [Текст]: справочник / Р.М.Матвеевский, В.Л.Лашхи, И.А.Буяновский [и др.] – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.

81 Меркурьев Г.Д. Смазочные материалы на железнодорожном транспорте [Текст]: справочник / Г.Д.Меркурьев, Л.С.Елисеев. – М.: Транспорт, 1985. - 255 с.

82 Миронов А.Е. О качестве бронзовых вкладышей моторно-осевых подшипников тепловозов [Электронный ресурс] / А.Е.Миронов, В.А.Никифоров – Режим доступа http://www.css-rzd.ru/vestnik-Vniizht/v2003-1/V1-7_1.htm

83 Надежность и долговечность машин [Текст] / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, Л.И.Бершадский, А.К.Караулов. – К.: Техніка, 1975.- 408 с.

84 Новое поколение моторно-осевых подшипников тяговых электродвигателей локомотивов из материала Романит-Н [Текст] / С.М.Романов, Д.С.Романов, Н.М.Найш [и др.] // Залізничний транспорт України. – 2002.- №4.- С.16-20.

85 Новиков В.Н. Новые локомотивы: проблемы и решения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2009-12a15>
http://www.eav.ru/publimg.php?imgname=2009-12_003

86 Нотик З.Х. Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ: Пособие машинисту [Текст] / З.Х.Нотик. – М.: Транспорт, 1990. – 381 с.

87 Орлов П.И. Основы конструирования [Текст]: В 3-х кн. Кн. 2. / П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1977. – 574 с.

88 Орлов Ю.А. Базовая платформа для российских электровозов нового поколения [Текст] / Ю.А.Орлов, В.П.Янов // - Локомотив-информ.- 2010.- №3.- С.7-9.

89 Павлюченко С.Н. Управление техническим состоянием подвижного состава через государственно-частное партнерство [Текст] / С.Н.Павлюченко, В.А.Сычов // - Локомотив-информ.- 2011.- №7. - С. 9-17.

90 Система змащування моторно-осьового підшипника локомотива / В. М. Астахов, Є. М. Лисіков, С. В. Воронін, Є. В. Коновалов, П. Є. Коновалов, І. С. Груник / Патент на корисну модель UA 70541 B61C 17/00. – Бюл.№11, 11.06.2012.

91 Патент на изобретение РФ №2255253 МКИ F16C33/10. Принудительная система смазывания моторно-осевых подшипников электродвигателя локомотива / Бородин А.В., Тарута Д.В. Оpubл. 27.06.2005. Бюл. №18.

92 Патент на изобретение РФ № 2117829, МКИ F16C33/10. Моторно-осевой подшипник локомотива с организованной капиллярной системой смазки [Электронный ресурс] / З.А.Мурадов – Оpubл. 20.08.1998 – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/15-19/2117829.html>

93 Патент на изобретение РФ № 2108498, МКИ F16C33/10. Моторно-осевой подшипник скольжения тягового электродвигателя локомотива [Электронный ресурс] / К.-С.-О.Ахвердиев, З.А.Мурадов, Б.К.Луговской. – Оpubл. 10.04.1998 – Режим доступа : <http://ru-patent.info/21/05-09/2108498.html>

94 Патент на изобретение РФ № 2364763, МКИ F16C33/10. Моторно-осевой подшипник локомотива с системой смазки [Электронный ресурс] / Н.Б.Соколов, В.Н.Соколов. – Оpubл. 20.08.2009 – Режим доступа: <http://bd.patent.su/2364000-2364999/pat/serv1/servlet96d0.html>

95 Патент на изобретение РФ № 2255253, МКИ F16C33/10. Принудительная система смазывания моторно-осевых подшипников электродвигателя локомотива [Текст] / А.В.Бородин, Д.В.Тарута. - Оpubл. 27.06.2005. Бюл. № 18.

96 Патент на изобретение РФ №2255253 МКИ F16C33/10. Принудительная система смазывания моторно-осевых подшипников электродвигателя локомотива / Бородин А.В., Тарута Д.В. Оpubл. 27.06.2005. Бюл. №18.

97 Патент на изобретение РФ № 2255253, МКИ F16C33/10. Принудительная система смазывания моторно-осевых подшипников электродвигателя локомотива [Текст] / А.В.Бородин, Д.В.Тарута. - Оpubл. 27.06.2005. Бюл. № 18 .

98 Патент на изобретение РФ № 2252344, МКИ F16C33/10. Моторно-осевой подшипник локомотива [Электронный ресурс] / А.В.Бородин, Д.В.Тарута – Оpubл. 20.05.2005 – Режим доступа: http://www.ntpo.com/patents_bearing/bearing/bearing_81.shtml

99 Плескачевский Ю.М. Физико-химические процессы и адгезия при трении [Текст] / Ю.М.Плескачевский. // в кн. Трибология. Исследования и приложения: опыт США и стран СНГ; под ред. В.А.Белого, К. Лудемы, Н.К. Мышкина. – М.: Машиностроение; Нью-Йорк: Аллертон пресс, 1993. – С. 98-111.

100 Поверхностная прочность материалов при трении [Текст] / Б.И..Костецкий, И.Г.Носовский, А.К.Караулов [и др.]; под общ. ред. Б.И.Костецкого.- К.: Техніка, 1976. – 296 с.

101 Повышение надежности экипажной части тепловозов [Текст]: под ред. Л.К.Добрынина. – М.: Транспорт, 1984. – 248 с.

102 Повышение ресурса технических систем путем использования электрических и магнитных полей [Текст] : Монография. / Е.Е.Александров, И.А.Кравец, Е.Н.Лысиков [и др.] ; – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – 544 с.

103 Подшипники скольжения. Расчет, проектирование, смазка [Текст] / Н.Типей, Н.Константинеску, А.Ника, О.Бице. – Бухарест, Изд. академии Румынской Народной республики, 1964. - 457 с.

104 Поиск конструктивных решений и разработка моторно-осевых подшипников тягового двигателя локомотива с улучшенными эксплуатационными характеристиками [Электронный ресурс] Отчет НИОКР № 01200500666 / Омский госуд. универс. путей сообщ.; рук. Бородин А.В. 20.04.2005, УДК 629.4.082. Режим доступа: http://www.vntic.org.ru/rus/inf_products.HTM].

105 Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро та дизель-поїздів) [Текст]: наказ Укрзалізниці № 093-ЦЗ від 30.06.2010.

106 Пришилин А.Д. Применение триботехнических средств на основе серпентинита на железной дороге [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://moto-guard.com/files/test_1.pdf

107 Проблемы подвижного состава: пути решения через взаимодействие государственного и частного секторов [Текст]: меморандум II международной партнерской конференции Eurotrain, Ялта, 19-20 мая 2011г / -Локомотив-информ.- 2011.- №6. - С. 11-17.

108 Про затвердження Програми оновлення локомотивного парку залізниць України на 2012-2016 роки [Текст] : постанова Кабінету Міністрів України від 01.08.2011 р. № 840 // Збірник урядових актів України. – 2011. – № 61. – С. 7-8.

109 Проников А.С. Надежность машин [Текст] / А.С.Проников. - М.: Машиностроение, 1978. – 592 с.

110 Прочность и безотказность подвижного состава железных дорог [Текст] / А.Н.Савоськин, Г.П.Бурчак, А.П.Матвеевичев [и др.]; под общ. ред. А.П.Савоськина. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.

111 Рагозин И.А. Разработка технологии создания износостойких покрытий трибологических систем и организация на ее основе промышленного