

**Українська державна академія
залізничного транспорту**

КРАВЕЦЬ АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 621.45.04

**ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПАЛИВНОЇ
АПАРАТУРИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ
ГІДРОДИНАМІЧНИМ ДИСПЕРГУВАННЯМ ПАЛИВА**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі “Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини” Української державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор

Венцель Євген Сергійович, Українська державна академія залізничного транспорту, кафедра “Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини”, завідувач кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор

Кудряш Анатолій Петрович, інститут проблем машинобудування імені А.М. Підгорного НАН України, відділ поршневих енергоустановок, старший науковий співробітник;

кандидат технічних наук

Єресько Володимир Пантелійович, Державне підприємство “Завод ім. В.О. Малишева”, конструкторське бюро середньообертових двигунів, заступник Головного конструктора.

Провідна установа: Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра “Залізничний транспорт”, Міністерство освіти і науки України, м. Луганськ

Захист відбудеться “ ___ ” _____ 2004 року о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.04 при Українській державній академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м Харків, майдан Фейербаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейербаха, 7.

Автореферат розісланий “ ___ ” _____ 2004 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Фалендиш А.П.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. На залізничному транспорті значного розповсюдження набули дизельні двигуни. При цьому майже всі двигуни, які встановлені на тяговому рухомому складі, є дизельними. У зв'язку з таким широким застосуванням дизелів великого значення набуває забезпечення надійності їх роботи. Це досягається не тільки правильно поставленою системою планово-попереджувальних ремонтів, а й дотриманням необхідних умов експлуатації.

Найчастіше в умовах експлуатації дизельні двигуни внутрішнього згоряння виходять з ладу через відмову паливної апаратури. У паливній апаратурі дизельних двигунів більшість відмов трапляється через абразивне та корозійне зношення прецизійних пар (плунжер-втулка, нагнітальний клапан-сідло клапана у паливному насосі високого тиску (ПНВТ) та голка-посадочний конус у форсунці). Причиною такого зношення є наявність у дизельному паливі, яке заправляється у баки рухомого складу, часток механічних забруднень (насамперед пилу) та води.

Таким чином, велике значення для забезпечення безвідмовної роботи дизельних двигунів в умовах експлуатації має підтримання на належному рівні протизношувальних та антикорозійних властивостей дизельного палива.

Актуальність теми. Дизельне паливо за час маршруту від виробника до депо значно забруднюється і до баків тепловозів потрапляє паливо, яке не завжди відповідає вимогам стандартів по забрудненню. Тому необхідність очищення дизельного палива не викликає сумнівів.

При експлуатації тепловозів забруднювання палива пилом, піском та іржею спостерігається найбільше на складах, де заправлення тепловозів паливом і піском виконується безпосередньо близько або з мінімальними розривами. При цьому повітря постійно забруднене найдрібнішими часточками пилу, які разносяться по всій території екіпіровки і потрапляють у паливо.

У наш час при частому дефіциті коштів у підприємств залізничного транспорту виникає ситуація, коли локомотиви експлуатуються з низьким рівнем палива в баках (особливо маневрові). При екіпіруванні локомотивів струменем із заправного пістолета проходить взмучування води та механічних забруднень, які знаходяться на дні бака, а потім розповсюдження їх по всьому об'єму палива.

В таких умовах не виникає сумнівів щодо необхідності контролю за протизношувальними і антикорозійними властивостями дизельного палива та їх поліпшення. Зараз на тепловозах ці властивості палива підтримуються здебільшого фільтруванням та сепарацією, які далеко не завжди досить ефективно виконують свої функції, і забруднення в значній кількості потрапляють до паливної системи тепловозів.

Очевидно, що для підвищення працездатності паливної апаратури тепловозних дизелів виникає необхідність застосування принципово нового методу поліпшення протизношувальних та антикорозійних властивостей дизельного палива, наприклад, гідродинамічного диспергування, який запропонований та обґрунтований у цій дисертації.

Зв'язок роботи з програмами, планами та темами. Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри "Будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини" Української державної академії залізничного транспорту і виконувалась відповідно до програми "Підвищення надійності та довговічності машин і конструкцій", яка наведена у постанові Верховної Ради України №2750 від 16.10.92 з послідовними доповненнями, та згідно з Концепцією та Програмою реструктуризації на залізничному транспорті, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України №769 від 02.06.1998р. Робота пов'язана з виконанням науково-дослідної роботи "Дослідження методів і засобів економії нафтових мастил поліпшенням та поновленням їх властивостей", за номером державної реєстрації 0100U000824 (особисто автором теоретично обґрунтовано доцільність диспергування нафтопродуктів).

Мета і задачі досліджень. Метою даної роботи є збільшення ефективності роботи тепловозних дизелів за рахунок підвищення працездатності їх паливної апаратури шляхом гідродинамічного диспергування палива.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Теоретично обґрунтувати доцільність диспергування змащуючих рідин які використовуються в паливній апаратурі тепловозних дизелів.
2. Встановити закономірність диспергування частинок домішок у дизельному паливі за допомогою гідродинамічного диспергатора (ГД).
3. Дослідити вплив гідродинамічного диспергування на протизношувальні, антифрикційні та фізико-хімічні властивості дизельного палива, а також на стан приповерхневих шарів деталей паливної апаратури тепловозних дизелів, які труться.
4. Дослідити вплив диспергування палива на зношення деталей ПНВТ та форсунок тепловозного дизельного двигуна.

5. На основі отриманих результатів досліджень розробити практичні рекомендації по застосуванню ГД для поліпшення властивостей дизельного палива на тепловозних дизелях.

Об'єкт досліджень – працездатність паливної апаратури тепловозних дизелів.

Предмет досліджень – паливна апаратура тепловозних дизелів.

Методи досліджень – в процесі вивчення стану питання стосовно напрямку досліджень, які належать до дисертації, використовувався метод аналізу; при теоретичних дослідженнях – аналітичний метод, який базується на фундаментальних положеннях молекулярної фізики; при проведенні експериментальних випробувань – сучасні методики випробувань на зношування, фізичне моделювання, метод форсованих випробувань й методи спектрального, металографічного і рентгеноструктурного аналізу, при обробці результатів – статистичний метод та теорія подібності й моделювання.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. За допомогою розробленої фізичної моделі вперше встановлено зв'язок між питомою силою тертя і ступенем дисперсності часток механічних домішок, які містяться у змашуючій рідині, що використовуються на тяговому рухомому складі залізниць.

2. Вперше досліджено позитивний вплив гідродинамічного диспергування на протизношувальні, антифрикційні та антикорозійні властивості дизельного палива.

3. Показано, що застосування гідродинамічного диспергування для обробки дизельного палива сприяє підвищенню працездатності паливної апаратури тепловозних дизелів.

Достовірність отриманих результатів підтверджується застосуванням під час досліджень фундаментальних положень фізики, задовільною відповідністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень (похибка в межах 5-12%), використанням сучасних методик, апаратури, випробувальних стендів, а також ПЕОМ для математичної обробки отриманих результатів.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонований метод підвищення протизношувальних та антикорозійних властивостей дизельного палива дозволяє збільшити працездатність паливної апаратури дизелів, що сприяє більш ефективному використанню їх у рухомому складі залізниць.

За результатами дисертаційної роботи подано заявку на винахід і отримано позитивний висновок Державного департаменту інтелектуальної власності про видачу деклараційного патенту на винахід.

Запропонований метод збільшення строку служби паливної апаратури запланований до впровадження на підприємствах залізничного транспорту Південної та Одеської залізниці.

Матеріали дисертації використовуються в навчальному процесі УкрДАЗТ для підготовки спеціалістів та магістрів за спеціальностями "Рухомий склад і спеціальна техніка залізничного транспорту" і "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання".

Особистий внесок здобувача. В роботах опублікованих із співавторами здобувачем особисто були отримані наступні розробки і наукові результати, що представлені до захисту: запропоновано метод поліпшення властивостей дизельного палива, досліджено вплив гідродинамічного диспергування на гранулометричний склад механічних домішок [1]; визначено зношення пар тертя на машині СМЦ-2 при змащенні їх товарним та диспергованим паливом й встановлено вплив диспергування на стан приповерхневих шарів пар тертя [2]; досліджено вплив диспергування дизельного палива на його електропровідність та визначено параметри функції розподілу часток механічних домішок за розмірами [4]; визначено вплив ступеню дисперсності часток забруднень, що містяться у змащуючій рідині на електромеханічні характеристики вузла тертя [5]; досліджено вплив гідродинамічного диспергування дизельного палива на зношення пар тертя паливного насоса високого тиску та форсунок, простежено процес накопичення заліза у пробах палива під час випробування [6];

Апробація результатів дисертації. Результати роботи доповідалися та обговорювалися:

- на 64-ій та 65-ій міжнародній науково-технічній конференції кафедр Української державної академії залізничного транспорту та спеціалістів залізничного транспорту і підприємств (м. Харків, 2002-2003);
- на V-ій міжнародній науково-технічній конференції "Автомобільний транспорт: проблеми й перспективи" (м. Севастополь, 2002);
- на міжнародній науково-технічній конференції "Вібрація машин: вимірювання, зниження, захист" (м. Донецьк, 2003);
- на V-ій міжнародній науково-технічній конференції "Зносостійкість та надійність вузлів тертя машин" (м. Очаків, 2003).

Повністю результати дисертаційної роботи доповідалися на розширеному засіданні кафедри "Будівельні колійні та вантажно-розвантажувальні машини" УкрДАЗТ за участю членів спеціалізованої вченої ради у 2004 р.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 6 наукових робіт у спеціалізованих виданнях, затверджених ВАК України, (одна стаття без співавторів).

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, основних результатів та висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи - 175 сторінок, у тому числі 121 сторінок основного тексту, 4 таблиці на 5 сторінках та 8 таблиць по тексту, 11 рисунків на 9 сторінках та 31 рисунок по тексту, список використаних джерел на 14 сторінках, який містить 133 найменування та 7 додатків на 26 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, розкрито суть і стан проблеми, сформульовано мету та задачі дослідження, викладено наукову новизну і практичну цінність, подано загальну характеристику роботи.

У **першому розділі** шляхом аналізу літературних джерел встановлені основні причини забруднення дизельного палива, розглянута класифікація забруднень за агрегатним станом і хімічним складом, проаналізований вплив різноманітних забруднень на зношення вузлів тертя паливної апаратури дизелів.

Показано, що паливо під час свого маршруту від виробника до паливних баків тепловозів постійно забруднюється. Забруднення у нього потрапляють як з атмосфери, так і з засобів перекачування, транспортування та зберігання.

Основними забрудненнями у паливі є механічні домішки й вода. Вміст механічних домішок в середньому складає 0,04-0,063% від маси палива, а вміст води може досягати 0,006-0,01%. У загальній масі механічних забруднень основну й найбільш небезпечну складають кварцовий пил (до 70%) та оксиди металів (до 15%). Аналіз гранулометричного складу механічних домішок показав, що найбільш небезпечними є часточки розміром 10-12 мкм (сумірні з розмірами робочих зазорів у парах тертя).

Наявність у дизельному паливі механічних домішок та води веде до абразивного й корозійного зношення прецизійних пар паливної апаратури

тепловозів, що стає причиною погіршення її робочих параметрів та характеристик двигуна в цілому.

Аналіз існуючих засобів і методів очищення палива показав, що всі вони далеко не завжди достатньо ефективно поліпшують протизношувальні властивості палива.

Запропоновано для поліпшення властивостей дизельного палива подрібнювати механічні домішки до розмірів менших, ніж робочі зазори у парах тертя (5 мкм та менше). Для цього використовуються спеціальні пристрої – диспергатори. Аналіз різноманітних конструкцій диспергаторів показав, що для подрібнення домішок у дизельному паливі найбільш доцільно використовувати гідродинамічний диспергатор (рис. 1), у якому руйнування часток здійснюється за

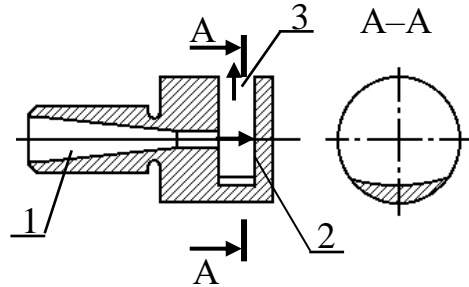


Рис.1. Принципова схема гідродинамічного диспергатора:

- 1 – конічне сопло;
- 2 – перепона;
- 3 – вихідна прорізь

рахунок удару їх об перепону під час руху разом із паливом. Досвід свідчить, що ГД також досить ефективно видаляє воду з рідини, що обробляється.

Другий розділ присвячено теоретичному обґрунтуванню доцільності диспергування часток забруднень, які містяться у змащуючих рідинах (у даному випадку дизельному паливі). Для цього було використане рівняння залежності питомої сили тертя у точці контакту від характеристик змащуючої рідини

$$\sigma_{fr} = \frac{4\pi h}{u} \int_0^{a_{\max}} \left(\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{\omega}}{\delta} \right)^{3/2} \varphi_0^3 \exp \left(-3 \frac{a}{\lambda_D} - 2 \frac{\delta}{\lambda_D} \right) \sqrt{\frac{3a}{\rho}} \left(\frac{a}{\delta} + \frac{a}{\lambda_D} \right) n_V f(a) da + \sigma'_{fr}, \quad (1)$$

де h – товщина шару тертя, м;

u – швидкість ковзання, м/с;

a_{\max} – максимальний розмір частинок домішок, м;

ε_{ω} – діелектрична проникність дисперсного середовища;

δ – товщина поверхневого адсорбованого молекулярного шару, м;

ε_0 – електрична стала, Ф/м;

φ_0 – потенціал виходу, В;

a – розмір частинок забруднень, м;

λ_D – радіус дебаївського екранування заряджених частинок, м;

ρ – густина рідини, кг/м³;

n_V – об'ємна концентрація забруднень, м⁻³;

$f(a)$ – функція розподілу часток за розмірами;

σ'_{fr} – питома сила тертя, що обумовлена теплопровідністю, дифузією тощо, Н/м²,

Це рівняння було проаналізовано з точки зору впливу на силу тертя ступеню дисперсності часток домішок, що містяться в ній. Величинами, що залежать від цього показника ϵ

$$\epsilon_\omega = \epsilon \left(1 + \frac{3\omega}{\frac{\nu+2}{\nu-1} - \omega} \right), \quad \lambda_D = \frac{1}{2q} \sqrt{\frac{\epsilon_0 k T}{\pi n_V}},$$

$$\varphi'_0 = \varphi_0 - \frac{\Theta p}{\epsilon_0} n_V^{2/3} e^{\frac{2\Delta U}{3kT}} \quad \text{та} \quad f(a) = \gamma a^2 e^{(-b \cdot a^\beta)},$$

де ω – відносна концентрація дисперсної фази;

ν – відношення діелектричної проникності дисперсної фази до діелектричної проникності дисперсного середовища;

k – стала Больцмана, Дж/К;

T – температура поверхні пар тертя, К;

Θ – коефіцієнт покриття;

γ , b та β – параметри функції розподілу.

q – заряд частинок, який теж є функцією розміру часток:

$$q = 4\pi\epsilon_0\epsilon\varphi_0 a e^{\frac{-a}{\lambda_D}};$$

У результаті аналізу та відповідних перетворень було отримано рівняння, яке характеризує питому силу тертя з точки зору взаємодії тонкодисперсних часток з поверхнями тертя

$$\sigma_{fr} = \frac{4\pi h}{u} \int_0^{a_{max}} \left(\frac{\varepsilon \varepsilon_0}{\delta} \right)^{3/2} \left(1 + \frac{3\omega}{\frac{v+2}{v-1} - \omega} \right)^{3/2} \left(\varphi_0 - \frac{\Theta p}{\varepsilon_0} n_v^{2/3} e^{\frac{2\Delta U}{3kT}} \right)^3 \times \quad (2)$$

$$\times \sqrt{\frac{3a}{\rho} \left(\frac{a}{\delta} + \frac{a}{\lambda_D} \right)} n_v \gamma a^2 e^{(-ba^B)} da + \sigma'_{fr}$$

Вирішення рівняння (2) показало, що питома сила тертя у точці контакту при змащенні поверхонь дисперговою рідиною повинна бути в середньому у 1,2 рази менша, ніж при змащенні недисперговою, при будь-якій концентрації забруднень.

Лабораторні дослідження на машині тертя СМЦ-2 підтвердили результати теоретичних досліджень і показали, що при змащенні зразків диспергованим дизельним паливом питома сила тертя (рис.2) у точці контакту знижується приблизно у 1,18 рази, а зношення зразків (рис.3) зменшується приблизно у 1,25 рази. Для обох показників спостерігається ефект їх насичення на рівні відносної концентрації забруднень приблизно 0,0025.

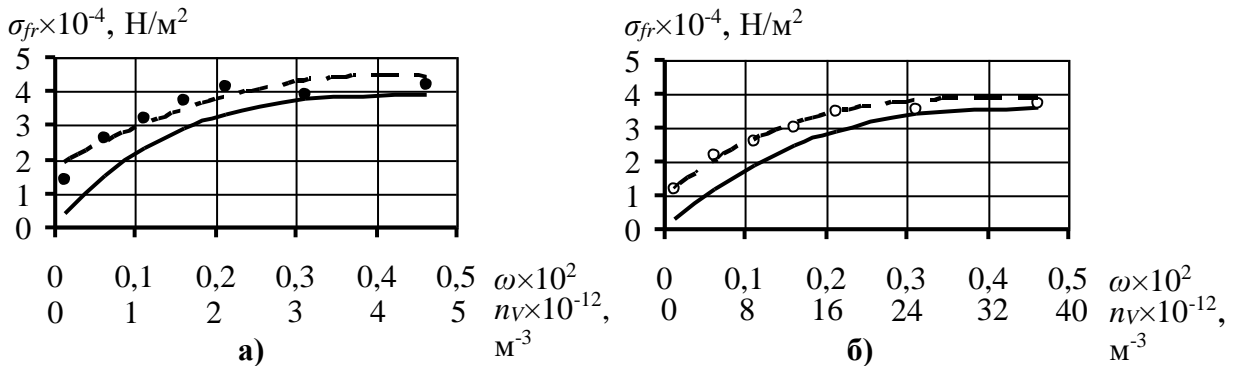


Рис.2. Залежність питомої сили тертя від концентрації домішок, отримана:

(- - -) – експериментальним шляхом;

(—) – теоретичним шляхом;

а) для товарного палива;

б) для диспергованого палива.

Відповідність між залежностями зношення пар і сили тертя від ступеня відносної забрудненості дає можливість стверджувати, що зношення залежить від ступеню дисперсності часток забруднень так само,

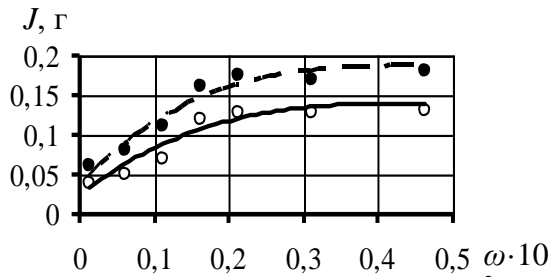


Рис.3. Залежність зношення зразків від концентрації домішок, при випробуванні на:
 (---) – товарному паливі;
 (—) – диспергованому паливі

використання діелектричної проникності як протизношувального показника якості палива.

У третьому розділі наведено методику та результати експериментальних досліджень впливу диспергування на властивості дизельного палива. Дослідження проводилися на товарному дизельному паливі марки ДЛ та паливі, обробленому за допомогою ГД. Для обробки дизельного палива був розроблений лабораторний стенд (рис.4), в якому паливо із бака 1 насосом 2 подавалося до ГД 3, а тиск регулювався клапаном 4 і контролювався манометром 5. За термометром 6 контролювалася температура палива у баку.

Ефективність застосування ГД для подрібнення часток у дизельному паливі була досліджена методом аналізу гранулометричного складу часток до і після диспергування. Аналіз показав, що після обробки кількість часток розміром 5 мкм та менше зростає приблизно у 3,32-4,45 рази і одночасно кількість часток інших розмірів, встановлених ГОСТ 17216-71, зменшується у 3,16-4,45 рази.

Як критерій ефективності диспергування використовувався відомий з літератури коефіцієнт протизношувальних властивостей

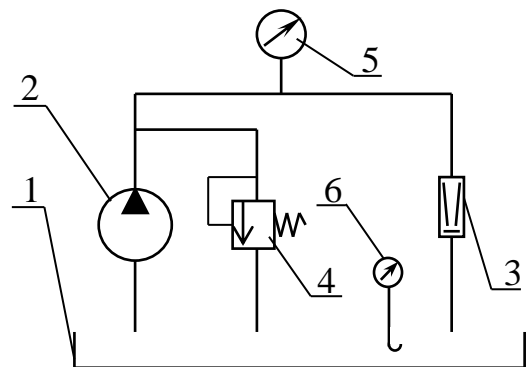


Рис.4. Гідравлічна схема стенда для диспергування палива

$$k_j = \frac{\chi_5 \cdot 5}{\chi_{5-10} \cdot 10 + \chi_{10-25} \cdot 25 + \chi_{25-50} \cdot 50 + \chi_{50-100} \cdot 100 + \chi_{100-200} \cdot 200}, \quad (3)$$

де χ_5 – кількість часток забруднення розміром до 5 мкм у 100 см³ палива;
 $\chi_{5-10}, \chi_{10-25}, \chi_{25-50}, \chi_{50-100}, \chi_{100-200}$ – кількість часток забруднень розміром
 5–10, 10–25 і т.д. мкм у 100 см³ палива.

Після обробки результатів аналізу гранулометричного складу забруднень було встановлено, що для кожного перепаду тиску на ГД існує номінальна кількість проходів палива через нього N (табл.1), а рівняння для визначення k_j , які були отримані в результаті обробки, дозволять підібрати найкращий режим диспергування з точки зору його ефективності.

Таблиця 1

Рівняння, що описують закономірність зміни коефіцієнта k_j

p , МПа	Рівняння	Межі зміни N	Значення критерію достовірності апроксимації
0,2	$k_j = 0,178 \cdot e^{0,1301N}$	0–22	0,9636
0,3	$k_j = 0,1697 \cdot e^{0,1641N}$	0–18	0,9612
0,4	$k_j = 0,2044 \cdot e^{0,1843N}$	0–16	0,975
0,5	$k_j = 0,272 \cdot e^{0,1687N}$	0–16	0,9016

Перевірка впливу диспергування на фізико-хімічні властивості палива (в'язкість, температура спалаху, фракційний склад) показала, що вплив цього процесу несуттєвий і всі показники лишаються у межах ГОСТ на паливо. Разом з цим диспергування збільшує електропровідність палива приблизно у 1,5-2 рази, що характеризує його здатність запобігати накопиченню статичного заряду на поверхнях тертя і тим самим запобігати їх електрокорозії.

Вплив гідродинамічного диспергування на протизношувальні й антифрикційні властивості дизельного палива був перевірений на машинах тертя 2070 СМТ-1 та СМЦ-2. Випробування проводились за чотирикульковою схемою та за схемою "ролик-колодка" відповідно, із виготовленням зразків із сталі ШХ-15, яка використовується при виготовленні прецизійних пар паливної апаратури тепловозних дизелів.

Результати випробувань на машині СМТ-1 (табл.2) показали зниження моменту сил тертя і зменшення діаметру плям зношення при змащенні кульок диспергованим паливом на відміну від товарного. При випробуванні за схемою "ролик-колодка" зношення зразків (табл.3), які змащувались обробленим паливом, зменшилось приблизно у 1,38 рази, а коефіцієнт тертя у 1,3 рази.

Таблиця 2

Результати випробувань на машині тертя 2070 СМТ-1

Стан дизельного палива	Момент сил тертя, умовн. од.	Діаметр плями зношення, мм
До диспергування	54,6	0,384
Після диспергування	29,5	0,278

Таблиця 3

Дані по випробуванням на машині СМЦ-2

Стан дизельного палива	Коефіцієнт тертя	Зношення, г		
		колодка	ролик	сумарне
До диспергування	0,0484	0,0682	0,0367	0,1049
Після диспергування	0,0377	0,0548	0,0208	0,0756

Примітка. В табл. 2 та 3 наведені усереднені значення за результатами чотирьох випробувань на кожному паливі.

Аналіз стану приповерхневих шарів тертя роликів, які використовувалися для випробувань на машині СМЦ-2, показав, що в результаті контакту з диспергованим паливом збільшується щільність дислокацій на поверхні, збільшується твердість поверхні та зменшується її шорсткість порівняно з роликами до випробувань та з тими, що контактували з товарним паливом.

Перевірка антикорозійних властивостей дизельного палива на приборі АП-1 показала, що після диспергування цей показник покращується приблизно у 1,4 рази. Також встановлено, що ГД досить ефективно видаляє з палива воду.

Вплив гідродинамічного диспергування палива на зношення вузлів тертя реальної паливної апаратури перевірявся на створеному для цього стенді (рис.5), в якому паливо подавалося з бака 1 паливопідкачуючим насосом 2 до ПНВТ 3, а звідти до форсунок 4 і зливалось в бак. Привод насосів здійснювався від електродвигуна 5 через клинопасову передачу 6. Для проведення випробувань на диспергованому паливі до цього стенда

приєднувався стенд, наведений на рис.4, їх баки сполучалися відповідним чином, що дало можливість забезпечити постійну обробку палива під час випробувань.

Випробування проводилися за прискореним методом, для чого із паливопроводу був виключений фільтр і всі домішки, які були в паливі і постійно поступали у нього від зносу брали участь у зношенні прецизійних пар. Було встановлено, що для того, щоб змодельовати напрацювання паливної апаратури до її першої перевірки в умовах експлуатації, час випробувань повинен скласти 320 годин, але попередній досвід випробувань показав, що для отримання результатів можна скоротити цей час до 150 годин.

У процесі стендових досліджень контролювалося зношення плунжера та нагнітального клапана ПНВТ і голки форсунки. Величина зношення визначалася за втратою цими елементами маси за час випробувань. Маса їх вимірювалася на вагах ВЛР-200г-М з точністю до $\pm 0,0001$ г. Крім цього, перевірка щільності плунжерних пар до і після випробувань дала змогу зробити висновок щодо їх працездатності.

Під час випробувань проводився відбір проб палива, які піддавалися аналізу для визначення зміни його якості.

Результати зважування деталей паливної апаратури (табл.4) показали, що при роботі стенда на диспергованому паливі зношення плунжерів зменшується у 1,36 рази, клапанів – у 1,88 рази, і голок форсунок – у 1,77 рази, а середня швидкість зношування зменшується приблизно у 1,4 рази.

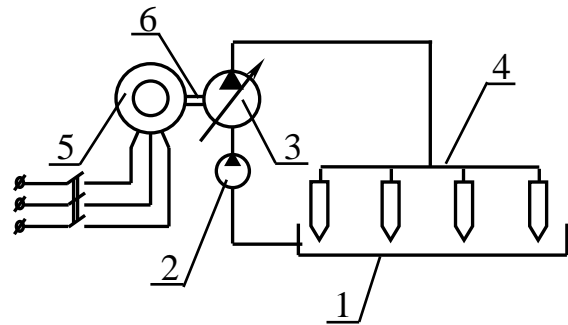


Рис.5. Принципова схема стенда для випробування паливної апаратури дизелів на знос

Таблиця 4

Зношення елементів паливної апаратури

Стан палива	Знос, г		
	плунжер	клапан	голка
Товарне	0,03363	0,00315	0,00057
Дисперговане	0,02478	0,00167	0,00037

Примітка. Наведені усереднені дані по чотирьох зразках кожної деталі.

Перевірка щільності плунжерних пар показала, що всі пари, які змащувались у процесі випробувань диспергованим паливом, після 150 годин роботи лишаються працездатними. Змащення пар недиспергованим паливом привело до втрати двома з них своєї працездатності за час випробувань, а ще дві знаходились у останній, найгіршій, групі по витoku з них палива.

Крім того, аналіз проб палива показав, що при проведенні випробувань на диспергованому паливі за однакові проміжки часу у ньому накопичується менша кількість заліза, що входить до складу сталі, з якої виготовлені елементи паливної апаратури. Наприкінці випробувань вміст заліза в паливі при застосуванні ГД був в 1,2 рази менший ніж без нього.

Результат аналізу гранулометричного складу забруднень у пробах палива показав, що при застосуванні під час випробувань ГД кількість часток забруднень розміром 5 мкм і менших більша, ніж без ГД, хоча і несуттєво, але кількість часток інших розмірів зменшується досить сильно у всіх діапазонах розмірів, визначених ГОСТ 17216-71. Незначне збільшення кількості часток розміром менше 5 мкм можна пояснити тим, що більша їх кількість при диспергуванні досягає таких розмірів, які при аналізі визначити неможливо.

Аналіз гранулометричного складу дозволив розрахувати коефіцієнт протизношувальних властивостей, індекс забрудненості і клас чистоти проб палива. Індекс забрудненості для диспергованого палива хоча і збільшується протягом випробувань, але не так інтенсивно, як для недиспергованого, і наприкінці випробувань має значення у 1,55 рази нижче. Коефіцієнт протизношувальних властивостей, навпаки, у диспергованого палива більший, і наприкінці випробувань перевищує значення коефіцієнту недиспергованого палива у 1,6 рази. Клас чистоти згодом у обох видів палива погіршується, але при диспергуванні процес погіршення протікає повільніше.

Таким чином, отримані результати лабораторних випробувань, у тому числі стендових, показали, що застосування ГД для обробки дизельного палива перед подачею його у систему живлення дизельних двигунів значно зменшує зношення деталей паливної апаратури: за швидкістю зношення - у 1,4 рази, за вмістом заліза у паливі - у 1,2 рази.

Це відбувається завдяки покращенню антифрикційних та протизношувальних властивостей дизельного палива, яке обробляється за допомогою ГД.

Перенесення результатів випробувань тракторного ПНВТ на тепловозні насоси здійснюється з використанням елементів теорії

подібності (за постійністю співвідношення основних параметрів, які характеризують процес зношення, що протікає в ПНВТ).

У **четвертому розділі** подані практичні рекомендації щодо застосування ГД для поліпшення властивостей дизельного палива. Проведено аналіз існуючих конструкцій ГД з вказівкою на перевагу кожної з конструкцій. Зроблено висновок, що найбільш доцільно використовувати ГД із змінним соплом, що дозволить змінювати робочі характеристики диспергатора. Також перспективним є використання ГД з перепускним клапаном, що спростить конструкцію системи диспергування.

Розрахунки коефіцієнта ефективності диспергування й енерговитрат для різних режимів застосування ГД показали, що найбільш раціонально проводити диспергування при перепаді тиску на диспергаторі 0,4 МПа та циклічності обробки 16.

Визначено, що найбільш ефективно обробляти паливо безпосередньо перед подачею його у паливну систему дизеля, але оскільки паливо забруднюється і під час зберігання та виконання з ним транспортних операцій, має сенс застосовувати ГД і на проміжних етапах його шляху до паливних баків транспортних засобів. У зв'язку з цим наведені рекомендації щодо створення системи диспергування, яка розташована на мобільному візку. Така установка дасть можливість обробляти паливо, що зберігається на складах та в баках транспортних засобів при їх простоюванні.

У дисертації описано варіант застосування ГД на тепловозі. Обґрунтовано такий варіант на прикладі тепловоза 2ТЕ116. Подані рекомендації щодо розташування основних елементів системи диспергування. Показано, що встановлення на тепловозі додаткового споживача електроенергії (двигуна системи диспергування) не призведе до погіршення робочих характеристик дизеля. Враховуючи позитивний вплив диспергування на зношення пар тертя, можна рекомендувати збільшити час між плановими перевірками та ремонтами паливної апаратури дизелів приблизно у 1,4 рази.

ВИСНОВКИ

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень можна зробити такі загальні висновки:

1. Для надійної роботи рухомого складу залізниць при експлуатації необхідно забезпечити достатню працездатність дизелів, зокрема їхньої

паливної апаратури. Цього можна досягти шляхом покращення протизношувальних властивостей дизельного палива, яке виконує функцію змащуючої рідини для пар тертя системи живлення тепловозних дизелів.

2. Існуючі засоби покращення протизношувальних властивостей дизельного палива шляхом очищення від частинок забруднень не можуть повною мірою вирішити проблему захисту пар тертя паливної апаратури від абразивного зношення.

3. Якщо частки забруднень, які залишилися у паливі під час його фільтрації, штучно диспергувати до розмірів 5 мкм і менше, то можна очікувати значного покращення протизношувальних властивостей палива. Про це свідчить позитивний досвід штучного диспергування часток забруднень, що входять до складу моторних мастил і робочих рідин гідроприводів.

4. Для штучного диспергування дизельного палива доцільно використовувати гідродинамічний диспергатор, який конструктивно простий, технологічний, а вбудування його в систему живлення дизелів не викликає особливих труднощів.

5. Диспергування частинок домішок у дизельному паливі підлягає експоненційній закономірності, а ефективність використання гідродинамічного диспергатора з точки зору подрібнення ним часток забруднень до потрібних розмірів значною мірою залежить від режиму диспергування. Найбільш ефективно здійснювати цей процес при перепаді тиску на диспергаторі 0,4 МПа та циклічності обробки $N=16$.

6. Теоретичними дослідженнями отримано й експериментально підтверджено, що зі збільшенням ступеня дисперсності частинок забруднень зменшується значення питомої сили тертя, що призводить до зниження зносу.

7. Результати випробувань диспергованого палива на машинах тертя показали зниження у середньому в 1,35-1,38 рази зносу зразків зі сталі ШХ-15, яка використовується для виготовлення елементів паливної апаратури. При цьому коефіцієнт тертя між зразками знижується у середньому в 1,3-1,8 рази.

8. Гідродинамічний диспергатор ефективно видаляє з палива воду, що покращує його антикорозійні показники, це зумовлено локальним нагрівом палива в зоні удару його об перепону диспергатора.

9. Покращення протизношувальних властивостей дизельного палива підтверджено результатами стендових випробувань паливної апаратури: швидкість зношування її елементів знижується приблизно у 1,4 рази

порівняно з тим варіантом, коли паливо не обробляється гідродинамічним диспергатором.

10. Гідродинамічний диспергатор не погіршує фізико-хімічних властивостей палива, підвищує його електропровідність, а контакт з поверхнями тертя диспергованого палива сприяє їх зміцненню, тобто підвищенню зносостійкості.

11. Гідродинамічний диспергатор для покращення властивостей палива доцільно використовувати у тепловозах не тільки під час їх експлуатації безпосередньо перед подачею у систему живлення дизеля, але й під час транспортування палива та зберігання його на складах.

12. За своєю ефективністю з точки зору покращення якості дизельного палива гідродинамічне диспергування може з успіхом конкурувати з такими традиційними методами як фільтрація або сепарування, а від сумісного використання обох методів в системі живлення дизелів тягового рухомого складу можна очікувати ще більш високої ефективності останніх при використанні їх у тепловозах.

13. Запропонований у дисертаційній роботі метод підвищення працездатності паливної апаратури дизелів тепловозів планується впровадити у депо Основа Південної залізниці на магістральних тепловозах ТЕП70 та 2ТЕ116 приписки цього депо та у колійній машинній станції №261 Одеської залізниці на колійних машинах ВПО-3000 і машинах типу ЩОМ, ПРБ, ПМГ.

14. Економічна ефективність впровадження гідродинамічного диспергування в системах живлення дизелів 5Д49 складає 6500 грн/рік на одну секцію тепловозів 2ТЕ116 та ТЕП70 приписки депо Основа Південної залізниці.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Венцель Є.С., Жалкін С.Г., Кравець А.М., Садієв С.А. Підвищення протизношувальних властивостей дизельного палива гідродинамічним диспергуванням // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2002. – Вип. 50. – С. 88–94.

2. Венцель Є.С., Кравець А.М. Стан приповерхневих шарів тертя при змащуванні їх диспергованим дизельним паливом // Автомобильный транспорт. Серия "Совершенствование машин для земляных работ". - Харьков: ХНАДУ, – 2003. – С. 64–66.

3. Кравець А.М. Антикорові та протизношувальні властивості диспергіваного дизельного палива // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – Вип. 55. – С. 81–84.

4. Березняков А.І., Кравець А.М., Венцель Є.С. Про кількісну оцінку ступеня диспергування системи і його вплив на дисипативні процеси // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. – № 3. – С. 11–14.

5. Березняков А.И., Венцель Е.С., Кравец А.М. О корреляции между триботехническими и электрическими параметрами узла трения // Трение и износ. – 2003. – Т.24, № 5. – С. 469–476.

6. Венцель Є.С., Кравець А.М., Храбрех В.Л. Підвищення зносостійкості паливної апаратури дизелів // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. – 2003. – Вип.56. – С. 36–40.

АНОТАЦІЯ

Кравець А.М. Підвищення працездатності паливної апаратури тепловозних дизелів гідродинамічним диспергуванням палива. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Українська державна академія залізничного транспорту; Харків, 2004 р.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної наукової задачі – підвищенню працездатності паливної апаратури тепловозних дизелів.

З цією метою запропоновано подрібнювати механічні домішки, що входять до складу дизельного палива, до розмірів менших, ніж робочі зазори у парах тертя. Це значно покращує протизношувальні властивості палива. Для цього пропонується використовувється гідродинамічний диспергатор.

Теоретично обґрунтовано доцільність диспергування дизельного палива шляхом встановлення зв'язку між гранулометричним складом забруднень палива та зношенням пар тертя, які змащуються цим паливом. Лабораторними та стендовими дослідженнями підтверджено покращення властивостей палива при диспергуванні: швидкість зношення пар тертя реальної паливної апаратури при роботі на диспергованому паливі зменшується у 1,4 рази.

Надані практичні рекомендації щодо застосування диспергатора на тепловозах.

Ключові слова: дизельне паливо, механічні забруднення, паливна система, прецизійні пари, гідродинамічний диспергатор.

АННОТАЦИЯ

Кравец А.М. Повышение работоспособности топливной аппаратуры тепловозных дизелей гидродинамическим диспергированием топлива. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; Харьков, 2004г.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной задачи – повышению работоспособности топливной аппаратуры тепловозных дизелей.

Как известно, на процесс ухудшения работоспособности топливной аппаратуры дизелей значительное влияние оказывают частицы механических примесей и вода, содержащиеся в топливе. Анализ литературных данных показал, что средства очистки топлива, применяемые на данное время, далеко не всегда эффективно выполняют свои функции.

В диссертации предложено улучшать противоизносные свойства топлива путем измельчения содержащихся в нем механических примесей до размеров меньших, чем рабочие зазоры в парах трения топливной аппаратуры. Для этого предложено использовать гидродинамический диспергатор, в котором примеси разрушаются за счет удара о преграду при движении с потоком топлива, хорошо зарекомендовавший себя при использовании для обработки смазочных масел и рабочих жидкостей гидроприводов. При диспергировании частиц одновременно испаряется вода, содержащаяся в топливе.

Теоретически исследована зависимость силы трения, возникающей в точке контакта трущихся поверхностей, и износа этих поверхностей от степени дисперсности частиц механических примесей, содержащихся в смазывающем веществе. В процессе определения степени зависимости силы трения от размера частиц было обнаружено, что диэлектрическая проницаемость диспергированного топлива больше, чем товарного, что дает возможность рекомендовать использовать её как один из показателей его противоизносных свойств.

Исследована эффективность применения гидродинамического диспергатора для измельчения механических примесей содержащихся в топливе, и установлены зависимости между коэффициентом противоизносных свойств топлива и режимом его обработки.

Испытания на машинах трения показали значительное улучшение противоизносных и антифрикционных свойств дизельного топлива после гидродинамического диспергирования. Изучение поверхностей образцов, которые использовались при испытаниях на машине трения, показало, что в результате контакта с диспергированным топливом улучшаются механические характеристики приповерхностных слоев.

Установлено также, что диспергирование практически не влияет на физико-химические свойства топлива и в тоже время улучшает его антикоррозионные свойства.

Проведены стендовые испытания реальной топливной аппаратуры дизельных двигателей. Установлено влияние гидродинамического диспергирования дизельного топлива на состояние пар трения топливной аппаратуры и на качество топлива.

В работе путем анализа различных конструкций гидродинамических диспергаторов установлено, что наиболее целесообразно применять для обработки дизельного топлива диспергатор со сменным соплом или со встроенным перепускным клапаном.

Даны рекомендации по выбору режима и варианта применения гидродинамического диспергатора, а также по увеличению межремонтного периода работы топливной аппаратуры за счет снижения скорости изнашивания её деталей при применении диспергатора на тяговом подвижном составе.

Ожидаемый экономический эффект от применения диспергатора на тепловозе, рассчитанный на примере депо Основа Южной железной дороги, – 6,5 тыс. грн. в год на одну секцию.

Ключевые слова: дизельное топливо, механические загрязнения, топливная система, прецизионные пары, гидродинамический диспергатор.

ABSTRACT

Kravets A.M. Improvement of working capacity of the fuel gear of the engines of diesel locomotives by hydrodynamic fuel dispersion. – Manuscript.

The dissertation for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.22.07 – train stock and hauling operation. – Ukrainian State Railway Transport Academy; Kharkiv, 2004.

The dissertation deals with an actual scientific task – improvement of working capacity of the fuel gear of the engines.

It was suggested to crush mechanical impurities in the diesel fuel to the size that is smaller than the running clearance in the friction couples. This improves significantly the anti-wear properties of the fuel. The hydrodynamic disperser was proposed to be used for this purpose.

The expediency of diesel fuel dispersion was theoretically substantiated by determining connection between the granulometric composition of the fuel impurities and wear and tear of the friction couples, lubricated with this fuel. Laboratory and bench tests proved the increase of the fuel properties after dispersion: the wear rate of the friction couples of the real fuel gear running with the dispersed fuel is 1.4 times less.

The practical recommendations on usage of the disperser in the diesel locomotives are given.

Keywords: diesel fuel, mechanical impurities, fuel system, precision couples, hydrodynamic disperser.

Кравець Андрій Михайлович

**ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПАЛИВНОЇ
АПАРАТУРИ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ
ГІДРОДИНАМІЧНИМ ДИСПЕРГУВАННЯМ ПАЛИВА**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск

К.Т.

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку “_____” _____ 2004 р.

Формат паперу 60x90/16. Папір офсетний.

Авторських арк. 0,8. Обл.-вид. арк. 1,1.

Замовлення №_____. Тираж 100 примірників.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК №112 від 06.07.2000 р.

Друкарня УкрДАЗТу: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.