

КІРОВОГРАДСЬКИЙ ІНСТИТУТ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
МАШИНОБУДУВАННЯ

Власенко Микола Вікторович

УДК 621.43.001.4

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДИЗЕЛІВ СІЛЬСЬКО-
ГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН НА СТАДІЇ ПІСЛЯРЕ-
МОНТНОЇ ОБКАТКИ ШЛЯХОМ МОДИФІКУВАННЯ
ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОХІМІЧНИМ
МЕТОДОМ

Спеціальність 05.05.11 – Сільськогосподарські
машини

Автореферат дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Кіровоград -1997

AB 38.863

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Кіровоградському інституті сільськогосподарського машинобудування(КІСМ), Міністерства освіти України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор Терхунов Олександр Григорович, КІСМ, зав. кафедрою “Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство”.

Науковий консультант - кандидат технічних наук, доцент Наливайко Володимир Миколайович, КІСМ, доцент кафедри “Експлуатація і ремонт машин”.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор Бойко Анатолій Іванович, заступник директора - начальник управління науково-технічної політики державного департаменту “Укргроماش” Мінпромполітики України;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Медяник Віктор Григорович - ВАТ “Гідросила”, начальник відділу випробувань (м. Кіровоград).

Провідна установа - Харківський державний технічний університет сільського господарства, кафедра “Ремонт машин”, МінАПК України.

Захист відбудеться “ 26 ” ГРУДНЯ 1997 р.

о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К.23.073.01 КІСМу за адресою: 316050, м.Кіровоград, пр-кт “Правди”, 70-а.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці КІСМу за адресою: 316050, м.Кіровоград, пр-кт “Правди”, 70-а.

Автореферат розісланий “20” листопада 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради.

В.М.Каліч

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00751656 (U)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Довговічність двигунів самохідних сільськогосподарських машин після ремонту залежить від стапу поступаючих на складання деталей, точності складання і в значній мірі – від якості стенової обкатки. За традиційними технологіями стендова обкатка відремонтованих дизелів має тривалий характер і супроводжується значним спрацюванням деталей основних спряжень, а також зниженням роботоздатності та моторесурсу цих агрегатів в цілому.

У відомих методах прискорення та поліпшення процесу припрацювання спряжених деталей двигунів мало уваги приділяється формуванню оптимальної мікрогеометрії за рахунок модифікування тертьових поверхонь такими металами, як мідь, олово, цинк та ін.

У зв'язку з цим виникає необхідність створення високоефективних технологічних методів, при яких за рахунок утворення тонких плівок м'якого антифрикційного металу, скорочується час припрацювання та спрацювання деталей спряжень. Одним з таких методів є трибохімічне модифікування поверхонь деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) у період післяремонтної обкатки, завдяки якому зменшується інтенсивність спрацювання, скорочується тривалість обкатки дизелів та підвищується їх довговічність й ефективність експлуатації сільськогосподарських машин в умовах підприємств АПК України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Робота виконувалася відповідно до тематики міжвузівських наукових і науково-технічних програм з пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки (наказ Міносвіти України № 37 від 13.02.96 р., п. 1) та планом науково-дослідних робіт Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування, за тематикою "Розробка та впровадження нових технологій у виробництві та ремонті сільськогосподарської техніки".

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення довговічності дизелів на стадії їх післяремонтної обкатки шляхом модифікування поверхонь тертя деталей трибохімічним методом (із застосуванням спеціальної технологічної рідини - СТР, до складу якої входить базове масло і металоорганічна речовина – гліцерат міді), а також прогнозування ресурсу відремонтованих двигунів.

Основними задачами дослідження є:

1. Теоретично обґрунтувати вибір спеціальної технологічної рідини на основі обкаточного масла та металоорганічної речовини - гліцерату міді. Дати експериментальне та експлуатаційне підтвердження складу і технології приготування СТР.

2. Дослідити кінетику взаємодії СТР з поверхнею тертя, механізм трибохімічного формування (плакування) тонкої плівки (твердого мастила) на тертьових поверхнях деталей ЦПГ, її структуру та властивості, а також динаміку формування мікрогеометрії поверхонь спряжених деталей.

3. Дослідити вплив СТР на інтенсифікацію припрацювання та довговічність відремонтованих двигунів на прикладі спряження "дзеркало циліндра – поршень (поршневі кільця)".

4. Провести порівняльні стендові та експлуатаційні випробування двигунів СМД-14 та СМД-60, обкатаних на базовому маслі та СТР.

5. Розробити математичну модель прогнозування ресурсу відремонтованого двигуна і обкатаного за розробленою технологією та методикою її практичного (експлуатаційного) застосування.

6. Дати техніко-економічну оцінку розробленій технології обкатки двигунів із застосуванням СТР на підприємствах АПК України.

Наукова новизна одержаних результатів. Встановлено вплив СТР на підвищення довговічності поверхонь тертя при припрацюванні; досліджено кінетику і запропоновано трибохімічний метод формування захисно-відновлювальних покриттів на тертьових поверхнях; розроблені математичні моделі для визначення граничного стану двигунів і прогнозування їх ресурсу після ремонту

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена технологія післяремонтної обкатки двигунів із застосуванням СТР, яка супроводжується трибохімічним формуванням на деталях ЦПГ тонкої мідної плівки, дозволяє прискорити процес припрацювання в 1,5 ... 1,7 раза, а також підвищити довговічність відремонтованих двигунів у 1,5 ... 2 раза (порівняно з обкаткою на базовому маслі). Тривалість стендової обкатки двигунів СМД-14, 60 на розробленій технології – 2 год (за базовою технологією, згідно з рекомендаціями РТМ 10.16.001.002-87 – 3 год).

Особистий внесок здобувача. Розроблена та впроваджена технологія прискореної післяремонтної обкатки дизелів на СТР, яка складається із обкаточного масла, модифікованого мідьвміщуючою органічною речовиною, а також методика прогнозування післяремонтного ресурсу двигунів.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні результати роботи доповідалися на науково-технічних конференціях студентів, аспірантів та професорсько-викладацького складу Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування в 1990 – 1997 р.р., тематичних регіональних, всеукраїнських та міжнародних конференціях: "Исследования и разработка современных конструкций и технологии производства, технического обслуживания и ремонта строительных и дорожных машин" (м. Кіровоград, 1993 рік); "Проблеми разработки, производства и ремонта ПТМ, строительных и дорожных машин" (м. Кіровоград, 1994 рік); "Проблеми розробки, виробництва, експлуатації та ремонту підйомно-транспортних.

будівельних та дорожніх машин" (м. Кіровоград, 1996 рік); "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки" (м. Кіровоград, 1997 рік).

Результати дисертаційної роботи використовуються на ряді ремонтних та експлуатаційних підприємств АПК України, а також у навчальному процесі – ряді вищих навчальних закладів України.

Достовірність результатів підтверджена застосуванням сучасних методик наукових досліджень та ЕОМ.

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 11 друкованих працях, в т. ч. 5 монографіях та навчальних посібниках з грифом Мінісвіти України.

Обсяг і структура роботи. Дисертація викладена на 150 с. друкованого тексту, у тому числі рис. – 35, табл. – 28, список використаних джерел – 102 назви. Робота вклучає вступ, 6 розділів, загальні висновки, список використаних джерел та додаток.

ЗМІСТ РОБОТИ

ВСТУП. Обґрунтована актуальність виконаної дисертаційної роботи, її новизна та практичне значення, сформульована мета та задачі дослідження, показано особистий внесок здобувача у розв'язання досліджуваної проблеми.

У розділах дисертації розроблені і висвітлені такі питання:

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведений огляд і аналіз наукових праць вітчизняних та зарубіжних дослідників у галузі прискорення припрацювання деталей спряжень показали, що для створення оптимальних умов припрацювання і його інтенсифікації необхідно, щоб тертьові поверхні розмежовувала тонка захисна плівка; вона сприяє зменшенню коефіцієнта тертя, пластифікуванню та згладжуванню виступів мікронерівностей.

Існуючі і глибоко досліджені способи утворення таких плівок мають окремі недоліки. Так, додавання присадок АЛП-2 до палива підвищує спрацювання спряжених деталей. Присадки до масел графіту, дисульфід молібдена та інших дрібнодисперсних антифрикційних матеріалів не інтенсифікують процес формування оптимальної мікрогеометрії поверхонь тертя. Фтор-, хлор-, фосфор- та сірковміщуючі присадки недовговічні й швидко спрацьовуються. Нанесення покриттів хімічним, електрохімічним, фрикційним та іншими способами - не технологічне і трудомістке. Крім того, поверхнево-активні присадки мають критичну температуру, при досягненні якої відбувається деструкція молекул, внаслідок чого зростає задиркоутворення тощо.

Тому в останні роки, з відкриттям Д.М.Гаркуновим та І.В.Крагельським явища вибіркового переносу при терті, стали розроблятися нові способи

прискороного припрацювання і підвищення зносостійкості спряжених деталей, які дозволяють усунути перелічені недоліки.

Це явище, яке одержало наукову назву "трибохімічний процес", у цей час дістає широку розробку у працях вітчизняних та зарубіжних вчених: В.А. Бебель, М.Л. Барабаш, А.В. Ликова, І.І. Маликова, І.М. Мельниченко, Н.К. Мишкіна, Е.М. Натансона, П.А. Ребіндера, В.В. Стрельцова, О.Г. Терхунова, Ф. Боудена, Д. Тейбора та ін. Трибохімічний процес полягає у тому, що у системі "пара тертя – мастильне середовище" відбувається комплекс складних фізико-хіміко-механічних та інших процесів, результатом яких є розпад металоорганічної присадки і утворення вільного металу, переносу його та плакування ("намазування") на тертьовій поверхні.

Ефект вибіркового переносу дістав застосування для прискороної обкатки двигунів внутрішнього згоряння та інших агрегатів. Але до цього часу відсутнє обґрунтування складу СТР для нанесення мідних плівок трибохімічним методом, практично не розкритий механізм формування на тертьових поверхнях деталей ЦПГ ("лімітуючих спряженнях") покриттів за рахунок трибохімічного процесу, який відбувається у системі тертя "дзеркало циліндра - СТР - поршневі кільця"; не досліджено вплив СТР на прискороення припрацювання і підвищення довговічності спряжень при припрацюванні; мало вивчені питання прогнозування довговічності відремонтованих дизелів при застосуванні трибохімічного методу обкатки.

Виходячи з викладеного, у дисертаційній роботі сформульовані основні напрямки дослідження, які впливають з поставлених у вступі задач

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ ЇХ ОБКАТКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН

При звичайних умовах обкатки двигунів на маслах із присадкою відбувається процес припрацювання, який полягає у хіміко-механічному спрацюванні, утворенні вторинних хімічних сполук, пластичному їх деформуванню і згладжуванню мікронерівності.

Відомо, що ймовірність напрацювання деталей спряження до досягнення граничного стану при припрацюванні дорівнює

$$P(t) = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(T_p - C)/\sigma} e^{-u^2/2} du = 1 - \Phi\left(\frac{T_{гр} - C}{\sigma}\right), \quad (1)$$

де $\Phi\left(\frac{T_{гр} - C}{\sigma}\right)$ – функція Лапласа;

C – математичне очікування напрацювання деталі; σ – дисперсія напрацювання; $T_{гр}$ – час до досягнення граничного стану; u – величина спрацювання деталі.

Математичне очікування напрацювання

$$C = \frac{U_{гр}}{1,25Ra\mu} \quad (2)$$

де Ra – середня висота мікронерівностей припрацьовуваної поверхні;

μ – стала спрацювання; $U_{гр}$ – граничне спрацювання деталі (спряження);

Заміна базового масла у процесі припрацювання на СТР призводить до зміни сталої спрацювання: для масла вона більша, ніж для масла з присадкою.

$$\text{Тоді} \quad C_m - C_{стр} = \frac{U_{гр}}{1,25Ra\mu_m} - \frac{U_{гр}}{1,25Ra\mu_{стр}} = \frac{U_{гр}(\mu_{стр} - \mu_m)}{1,25Ra\mu_m\mu_{стр}} < 0, \quad (3)$$

де $\mu_m, \mu_{стр}$ – відповідно стала спрацювання на базовому маслі та СТР.

Таким чином, $C_m - C_{стр} < 0$, а значить $C_m < C_{стр}$.

А звідси, значення функції Лапласа для випадку припрацювання на звичайному маслі більше, ніж на СТР.

Таким чином, за формулою (1) ймовірність напрацювання (а значить і довговічність) деталі (спряження) при припрацюванні на СТР більша, ніж на базовому маслі.

Для прогнозування ресурсу двигуна, обкатаного із застосуванням СТР, автором запропонована формула, яка враховує особливі умови тертя при трибохімічному процесі:

$$R_{гp} = b_m^{1/\alpha} \Gamma\left(1 - \frac{1}{\alpha \cdot m}\right) \left(M_{гp} / \sum_{i=1}^n V_i \cdot \eta_i\right)^{1/\alpha} \quad (4)$$

де b_m, m – параметри розподілу випадкових величин;

Γ – гама-функція;

$M_{гp}$ – кількість заліза у картерному маслі, яка відповідає граничному стану двигуна;

V_i – швидкість (інтенсивність) спрацювання i -го параметра;

η_i – коефіцієнт вагомості i -го параметра;

α – показник зміни параметрів, які характеризують стан двигуна;

n – кількість операцій виробничого процесу сільськогосподарської машини, оснащеної двигуном СМД.

Для визначення граничної кількості заліза у картерному маслі розроблена математична модель, яка за допомогою коефіцієнтів враховує надходження продуктів спрацювання у масло від інших (крім ЦПГ) пар тертя та деякі співвідношення параметрів та умов при терті:

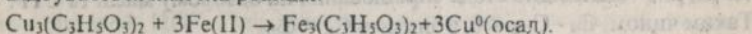
$$\varphi(M_{гp}) = [\varphi(\Delta_{гp}) - \varphi(\Delta_0)] \cdot \varphi(m) \cdot \varphi(c) \cdot \varphi(d) \cdot [1 + \varphi(b)], \quad (5)$$

де – $\varphi(\Delta_{гр})$, $\varphi(\Delta_0)$ відповідно, щільність розподілу граничного та початкового зазорів у парі тертя "дзеркало циліндра – поршень (поршневі кільця)";

$\varphi(m)$, $\varphi(c)$, $\varphi(d)$, $\varphi(b)$ – відповідно, щільності розподілу: коефіцієнта, який показує залежність між лінійним і масовим спрацюванням гільзи циліндра; коефіцієнта, який враховує надходження заліза у масло від спрацювання інших (крім ЦПГ) вузлів; коефіцієнта, який враховує зміну зазора у спряженні "дзеркало циліндра – поршень (поршневі кільця)"; коефіцієнт, який враховує взаємозв'язок між спрацюванням гільзи та поршневих кілець.

При припрацюванні із застосуванням СТР у динамічному контакті спряження виділяється тепло, яке спричинює розпад гліцерату на іони міді Cu^{++} і активні радикали $(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)^{\cdot}$.

Відбувається хімічна реакція:



Внаслідок цього утворюється гліцерат заліза – $\text{Fe}_3(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ (сполука нестійка, має низький опір зсуву), що прискорює формування (згладжування) гребінців мікронерівностей. Вільна мідь, яка є результатом хімічної реакції та електрофоретичних явищ, що відбуваються при трибохімічному процесі, плакується на деталь і модифікує поверхню тертя. Створюються сприятливі умови для формування оптимальної мікрогеометрії та підвищення довговічності деталей, що припрацьовуються.

МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Згідно з поставленими метою і задачами дослідження методика передбачала:

1. Дослідження швидкості нарощування металевієї плівки при трибохімічному процесі і її корозійних властивостей.
2. Вивчення мікрогеометрії третьових поверхонь до і після їх припрацювання на СТР.
3. Дослідження структури та властивостей плівок, одержаних при припрацюванні спряжень на СТР.
4. Проведення стендових випробувань відремонтованих дизелів після їх обкатки з використанням СТР.
5. Експериментальна перевірка математичної моделі прогнозування ресурсу двигунів після ремонту.
6. Оцінка точності результатів лабораторних і стендових випробувань в експлуатаційних умовах.

На підставі аналізу літературних джерел у роботі обґрунтовано вибір і склад СТР. Як металоорганічний модифікатор базового масла, нами вибрано

гліцерат міді, тому що він відносно недорогий, недефіцитний, має просту технологію приготування, особливо для умов ремонтних підприємств. У композиції з маслом він утворює СТР, яка має високі антиокислювальні, протизношувальні та мийні властивості, стабільна при використанні та зберіганні.

Загальна методика досліджень базується на ГОСТ 18509-88 "Дизелі тракторні і комбайнові. Методи стендових випробувань", РТМ 10.16.0001.002-87 "Обкатка і випробування тракторних та комбайнових дизелів при капітальному ремонті", а також інструкціях і методичних вказівках ДержНДТІ, НАТІ та інших провідних організацій у галузі експлуатації та ремонту машин.

Дослідження зносостійкості покриттів, одержаних шляхом трибохімічного припрацювання на СТР, виконувалося на машині тертя СМЦ-2 при створенні у зоні контакту "ролик - колодочка" умов граничного тертя. Зразки для випробувань виготовлялися із матеріалів, які використовуються для деталей ЦПП. Мікрометраж деталей проводився контактними вимірювальними інструментами за ГОСТ 18509-78, шорсткість поверхні визначалася за ГОСТ 2789-73, мікротвердість - за ГОСТ 2999-89 (по Віккерсу) вимірювалася на приладі ПМТ-3. Зразки зважували на аналітичних вагах ВЛА-200 з точністю до 0,1 мг. В якості технологічних рідин для порівнювальних випробувань використовували: базове масло М10В₂, а також базове масло, модифіковане мідь - і олово - вміщуючими металоорганічними присадками - відповідно гліцерат міді (СТР-М) та олов'яниста алкілфенольна присадка (ОАП).

Як об'єкт дослідження вибрали двигуни СМД-14 та СМД-60. Дослідження проводилися на обкаточному стенді лабораторії випробування ДВЗ КІСМу, який є модернізацією серійного стенда КИ-2118А. Проби масла для аналізу на вміст заліза відбиралися за допомогою пристрою, встановленого в отвір масляного фільтра, з вмонтованими в корпус датчиками температури та тиску масла. Вміст заліза у картерному маслі визначався за допомогою фотоелектрокалориметра.

Дослідження топографії поверхонь тертя та розподіл металопокриття на них проводилися на електроннозондовому мікроаналізаторі "Сомебах Microbeam". Мікроструктура поверхонь тертя і покриття досліджувалась на мікроскопі МИМ-8М. Оптимізація результатів досліджень проводилася на ЕОМ.

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИПРАЦЮВАННЯ СПРЯЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ РІДИНИ

Одним з критеріїв припрацювання є шорсткість поверхні. Результати лабораторних досліджень показали, що з використанням СТР-М шорсткість тертьових поверхонь різко зменшується (табл.1) порівняно з припрацюванням на базовому маслі й ОАП. Це пояснюється тим, що мідь, відновлена

трибохімічним шляхом, заповнює впадини поверхні, в результаті чого збільшується фактична площа контакту.

Таблиця 1. Залежність шорсткості поверхні досліджуваних зразків від виду мастильного середовища

Мастильне середовище	Час припрацювання, хв				
	20	30	40	50	60
	Середнє значення Ra, мкм				
Базове масло M10B ₂	0,64	0,56	0,48	0,40	0,32
M10B ₂ + ОАП	0,64	0,48	0,32	0,24	0,18
СТР-М	0,60	0,32	0,24	0,16	0,08

Залежність спрацювання від товщини плівки, плакуючої на поверхні зразків, показує, що її мінімальні значення знаходяться у межах 2,5...10 мкм (рис.1). Далі інтенсивність спрацювання зростає. Очевидно, при оптимальному значенні товщини плівки, трибохімічний процес відбувається у дифузійно-адсорбційному шарі "чавун - мідь - чавун", а далі у терті починає превалювати твердий розчин міді у чавуні.

Характер зміни спрацювання від концентрації присадки у маслі (рис.2) пояснюється тим, що при концентраціях присадки понад оптимальних, починає превалювати хімічна енергія над трибохімічною, що призводить до активації чисто хімічних процесів у зоні контакту: при цьому швидкість руйнації зерен металу більша, ніж їх зародження і формування металевої плівки.

Лабораторні дослідження підтверджують оптимальний склад СТР-М: базове масло M10B₂ + 4...5% гліцерату міді.

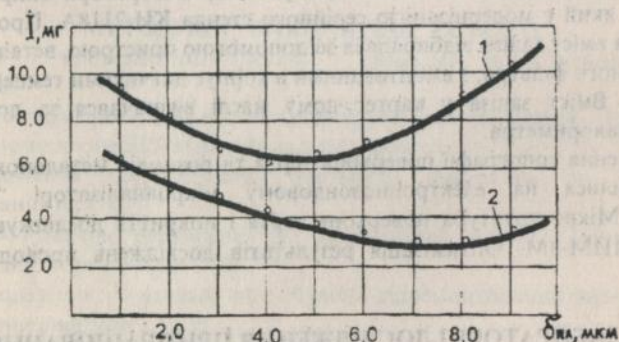


Рис. 1. Залежність спрацювання зразків I від товщини плакуючої плівки $\delta_{пл}$.

1 - базове масло + присадки ОАП;

2 - технологічна рідина СТР-М.

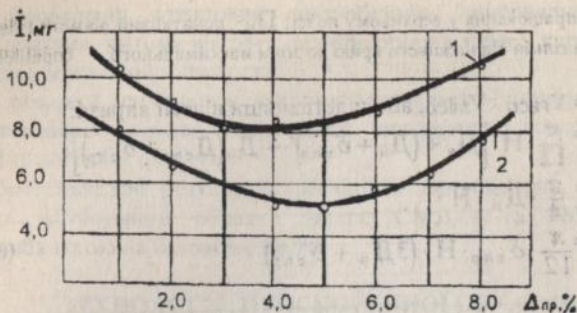


Рис. 2. Залежність спрацювання зразків І від процентного вмісту присадки у базовому маслі $\Delta_{пр}, \%$
(Умовні позначення див. рис. 1)

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДВИГУНА, ОБКАТАНОГО З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ РІДИНИ

З метою підтвердження ефективності технології прискореної обкатки двигунів на СТР та математичної моделі прогнозування ресурсу двигуна були проведені стендові випробовування.

Для визначення сумарної маси спрацювання, яка відповідає граничному спрацюванню у парі тертя "циліндр - поршень (поршневі кільця)", спочатку віднайдемо об'єм спрацювання (рис. 3):

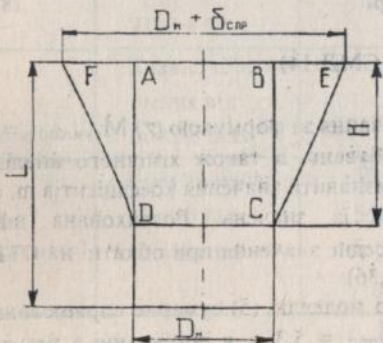


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення об'єму
спрацювання:

$\delta_{\text{спр}}$ - спрацювання у верхньому поясі; D_n - початковий діаметр гільзи; H - хід поршня; L - висота гільзи від нижнього краю до зони максимального спрацювання.

$V_{\text{спр.г}} = V_{\text{FGCD}} - V_{\text{ABCD}}$, або підставивши відомі вирази:

$$V_{\text{FGCD}} = \frac{\pi}{12} \cdot H \cdot \left[D_n + (D_n + \delta_{\text{спр}})^2 + D_n(D_{\text{спр}} + \delta_{\text{спр}}) \right],$$

$$V_{\text{ABCD}} = \frac{\pi}{4} \cdot D_n^2 \cdot H.$$

тоді
$$V_{\text{спр.г}} = \frac{\pi}{12} \cdot \delta_{\text{спр}} \cdot H \cdot (3D_n + \delta_{\text{спр}}), \quad (6)$$

де $V_{\text{спр.г}}$ - об'єм спрацювання гільзи циліндрів;

D_n - номінальний (початковий) діаметр гільзи;

$\delta_{\text{спр}}$ - лінійне (максимальне) спрацювання гільзи у верхній робочій зоні;

H - хід поршня.

З урахуванням того, що $\delta_{\text{спр}} \ll 3D_n$, маємо:

$$V_{\text{спр.г}} = \frac{\pi}{4} \cdot D_n \cdot H \cdot \delta_{\text{спр}}.$$

А маса спрацювання гільзи циліндрів

$$M_{\text{спр.г}} = V_{\text{спр.г}} \cdot \rho,$$

де ρ - густина металу, г/см³.

Сумарне спрацювання усіх гільз (n) одного двигуна:

$$M_{\text{сум.спр.г}} = \frac{\pi}{4} \cdot D_n \cdot \delta_{\text{спр}} \cdot H \cdot n \cdot \rho. \quad (7)$$

або
$$M_{\text{сум.спр.г}} = m \cdot \delta_{\text{спр}}, \quad (8)$$

де $D_n = 120$ мм, $H = 160$, $n = 4$ (для СМД-14).

Таким чином, сумарне спрацювання за формулою (7) $M_{\text{сум.спр.г}} = 5,2$ г.

Проведення стендових випробувань, а також хімічного аналізу проб картерного масла дали можливість визначити значення коефіцієнтів m , c , d та b і побудувати дослідні номограми їх значень. Розрахована швидкість надходження заліза у масло (його середнє значення при обкатці на СТР - 225 $\cdot 10^{-3}$ г/мото-год, коефіцієнт варіації - 0,36).

Таким чином, за математичною моделлю (5) сумарне спрацювання гільз двигуна, обкатаного на СТР: $M_{\text{сум.спр.г}} = 5,3$ г. у порівнянні з результатом, одержаним за формулою (7) відносно відхилення - 1,8%.

При проведенні стендових випробувань оцінювалися: ефективна потужність двигуна; питома витрата палива, прорив газів у картер, вигорання масла та тиск у масляній магістралі.

Після обкатки проводився мікрометраж гільзи і поршневих кілець, а також рентгеноспектральний мікроаналіз внутрішньої поверхні гільзи та вивчалася її топографія (рис. 4).

У роботі наведені результати стендових випробувань, які показують ефективність застосування обкатки дизелів СМД-14 та СМД-60 на СТР порівняно з обкаткою на базовому маслі.

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИСКОРЕНОЇ ОБКАТКИ ДИЗЕЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СТР ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ

На підставі результатів проведених досліджень можна рекомендувати такі режими обкатки двигунів СМД-60 та їх модифікацій (табл.2).

Таблиця 2. Рекомендовані режими обкатки дизеля із застосуванням СТР-М

Етап обкатки	Режими		Час обкатки
	$n, \text{хв}^{-1}$	$N_e, \text{кВт}$	гоб., год
Холодна без компресії	800 ± 50		0,15
	2100 ± 50		0,10
Холодна з компресією	1400 ± 50		0,10
	1800 ± 50		0,10
	2100 ± 50		0,15
Гаряча без навантаження	Плавне збільшення від		0,15
	мін до max		0,15
	мін до max		0,15
Гаряча з навантаженням	Плавне збільшення від	$36 \pm 2,0$	0,20
	мін до max	$56 \pm 2,0$	0,20
	мін до max	$81 \pm 2,0$	0,35
	мін до max	$110 \pm 2,0$	0,20

Всього: 2,0 год



Рис.4. Фотографія ділянки внутрішньої поверхні гільзи у режимі вторинних електронів (а) та в рентгенівському Cu - випромінюванні (б) після двохгодинного припрацювання ($\times 2000$). I - I - положення верхнього компресійного кільця у верхній мертвій точці.

Проведені експлуатаційні випробування двигунів (колгосп "Україна" Вільшанського району Кіровоградської області та інших), обкатаних за базовою і новою технологією, результати яких наведено в табл.3.

Таблиця 3. Основні технічні характеристики відремонтованих двигунів (обкатка на СТР-М)

Назва показників	Марка двигуна			
	СМД - 14		СМД - 60	
	середні дослідні значення	гранично допустимі	середні дослідні значення	гранично допустимі
Вигорання масла у % до витрат палива	2,1	3,0	2,3	3,0
Прорив газів у картер, л/хв	21,3	28	22,3	32
Тиск масла у масляній магiстардi, МПа	0,29	0,20	0,40	0,30
Ефективна потужність, кВт	59,6	55	92,9	90
Питома витрата палива, г/кВт год	201	218	231	252

Розрахунковий економічний ефект від впровадження у виробництво нової технології обкатки дизелів СМД на підприємствах АПК Кіровоградської області складає 1,2 млн.грн на рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих способів прискорення припрацювання деталей спряжень показав, що найбільш перспективним є трибохімічний (з використанням спеціальних технологічних рідин), при якому на тертьових поверхнях утворюється плівка м'якого металу, яка виконує роль твердого мастила і сприяє зниженню коефіцієнта тертя, прискоренню згладжування виступів мікронерівностей, підвищенню зносостійкості та довговічності.

2. Шляхом дослідження встановлено склад СТР-М та режими лабораторного припрацювання: СТР-М вмiщує базове масло М10В₂ і 4...5 об. % гліцерату міді.

3. Вивчено механізм трибохімічної взаємодії СТР-М з основним металом тертьових поверхонь та утворення покриття (плівки). Показано, що під час припрацювання спряжених пар на СТР-М відбувається трибохімічний процес, який супроводиться модифікуванням тертьових поверхонь міддю, при цьому на поверхнях деталей утворюється мідне покриття, товщина якого достатня для інтенсифікації припрацювання та підвищення зносостійкості основного металу.

4. Досліджено вплив СТР-М на шорсткість поверхні, структуру та фізико-механічні властивості мідного покриття, яке плакується на тертьових поверхнях

при трибохімічному припрацюванні. Вільна мідь, яка виділяється при терті у СТР-М, забезпечує прискорення формування мікрогеометрії (до $R_a = 0,08$ мкм за 60 хв припрацювання).

5. Розроблена математична модель прогнозування довговічності (ресурсу) відремонтованого двигуна за динамікою накопичення продуктів спрацювання (заліза) у картерному маслі. Граничний стан двигуна оцінювався за граничним спрацюванням пари "дзеркало циліндра – поршневі кільця."

6. Проведені стендові та експлуатаційні випробування з метою перевірки ефективності СТР-М для прискорення припрацювання та підвищення довговічності двигунів; при застосуванні СТР-М довговічність зросла у 1,5...2 рази, а час обкатки за новою технологією – 2 год (на базовому маслі – 3 год). Значно покращилися всі технічні показники двигуна: ефективна потужність, питома витрата палива, прорив газів у картер, витрати масла на вигорання тощо.

7. Впровадження розробленої технології у виробництво дало річний економічний ефект на підприємствах АПК Кіровоградської області близько 1,2 млн. грн, що складає на один двигун близько 150 грн.

ПУБЛІКАЦІЇ

За темою дисертаційної роботи опубліковано 11 праць, основні результати викладені у наступних:

1. Чабанний В.Н., Власенко Н.В., Тимченко В.Н. Технологія виробництва и ремонт дорожно-строительных машин: Навчальний посібник. - К.: Вища школа, 1985. - 263 с. (доля здобувача - 40 %).

2. Восстановление изношенных деталей тонкослойными покрытиями/ Н.В. Власенко, М.И. Черновол, В.Я. Чабанний, В.Е. Мороз. - К.: Вища школа, 1988. 63 с. (доля здобувача - 60 %).

3. Техническое обслуживание и ремонт машин/ П.В. Лауш, Н.В. Власенко, И.П. Столяров, В.Я. Чабанний: Учебник. - К.: Вища школа, 1989. 351 с. (доля здобувача - 18 %).

4. Технологія ремонту сільськогосподарської техніки/ М.В. Власенко, Г.Ю. Надольний, О.Г. Терхунів, В.А. Крижанівський// За ред. М.В. Власенка: Навчальний посібник. - К.: Вища школа, 1992. - 311 с. (доля здобувача - 66 %).

5. Обладнання ремонтних підприємств/ М.І. Черновол, М.В. Власенко, В.М. Наливайко, В.С. Кухаренко: Підручник. - К. Урожай, 1996. - 272 с. (доля здобувача - 25 %).

6. Власенко М.В. До питання застосування спеціальної технологічної рідини для прискореного припрацювання деталей двигуна// Придніпровський науковий вісник. - 1997. - № 11. - с. 42-44.

7. Власенко М.В. Механізм формування мідної плівки (покриття) на гетьових поверхнях при трибохімічному процесі у спеціальній технологічній рідині// Придніпровський науковий вісник. - 1997. - № 25. - с. 32-34.

8. Власенко М.В. Обкатка двигунів СМД на спеціальній технологічній рідині// Придніпровський науковий вісник.– 1997.– № 25.– с. 35-36.

9. Власенко М.В. Теоретичне обґрунтування математичної моделі граничного стану двигуна за кількістю продуктів спрацювання у моторному маслі// Проблеми машинобудівного виробництва.– Кіровоград, 1997.– С. 35 - 36.

10. Власенко М.В. Теоретичне обґрунтування прискореного припрацювання тертьових поверхонь двигуна у спеціальній технологічній рідині// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.– Кіровоград, 1996.– № 24.– С. 175-178

11. Власенко М.В. До питання теорії прогнозування ресурсу двигуна на основі стендових випробувань// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.– Кіровоград, 1996.– № 24.– С. 178-181.

АНОТАЦІЯ

Власенко М.В. Підвищення довговічності дизелів сільськогосподарських машин на стадії післяремонтної обкатки шляхом модифікування поверхонь тертя деталей трибохімічним методом.– Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – Сільськогосподарські машини.– Кіровоградський інститут сільськогосподарського машинобудування, Кіровоград, 1997.

Дисертацію присвячено питанням підвищення довговічності двигунів (на прикладі дизелів СМД) на стадії їх післяремонтної обкатки у спеціальній технологічній рідині на базі обкаточного масла, модифікованого мідьвміщуваним металокомплексом – гліцератом міді. Розроблена та досліджена технологія формування мідного покриття (плівки) на поверхні деталей пари тертя “дзеркало циліндра – поршневі кільця” трибохімічним методом, що прискорює процес припрацювання і підвищує якість припрацьованих поверхонь.

Розроблена і експериментально підтверджена математична модель прогнозування довговічності (ресурсу) відремонтованих двигунів.

Основні результати наукової роботи впроваджені у ряді ремонтно-експлуатаційних підприємств АПК України.

Ключові слова: дизель, довговічність, ресурс, обкатка, припрацювання, модифікування, трибохімічний метод.

АННОТАЦИЯ

Власенко Н.В. Повышение долговечности дизелей сельскохозяйственных машин на стадии послеремонтной обкатки путем модифицирования поверхностей трения деталей трибохимическим методом.– Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – Сельскохозяйственные машины.– Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения, Кировоград, 1997.

Диссертация посвящена вопросам повышения долговечности двигателей (на примере дизелей СМД) на стадии их послеремонтной обкатки в специальной технологической среде на базе обкаточного масла, модифицированного медьсодержащим металлокомплексом глицератом меди. Разработана и исследована технология формирования медного покрытия (пленки) на поверхности деталей пары трения “зеркало цилиндра – поршневые кольца” трибохимическим методом, что ускоряет процесс приработки и повышает качество приработанных поверхностей.

Разработана и экспериментально подтверждена математическая модель прогнозирования долговечности (ресурса) отремонтированных двигателей.

Основные результаты научной работы внедрены в ряде ремонтно-эксплуатационных предприятий АПК Украины.

Ключевые слова: дизель, долговечность, ресурс, обкатка, приработка, модифицирование, трибохимический процесс.

SUMMARY

Wlasenko N.V. The diesel engines life increase at a period of a post-overhaul running-in by the tribochemical method of modifying parts friction surfaces.– Manuscript.

Thesis for a scientific degree of Kandidat Tekhnical Sciens by speciality 05.05.11 – agricultural machines.– The Institute of Agricultural Engineering, Kirovohrad, 1997.

This thesis treats problems of operating life increase of tractor diesel engines (on the example of SMD diesels) at a period of their post-overhaul running-in oil modified by copper-containing metal complex – copper glaceride. We have developed and investigated the technology of forming copper covering (film) at surfaces of mating parts “cylinder mirror – piston rings” by the tribochemical method, that speeds up the run-in process and rises the quality of run-in surfaces.

There was developed and experimentally proved the mathematical model for forecasting operating life (operation period) of overhauled engines.

The main results of the scientific work were introduced at some repair-operation plants in Ukraine.

Key words: diesel, operating life, operating period, running-in, run-in, modification, tribochemical method.

Комп'ютерна верстка *Кожухар С.Г.*

Здано до набору 14.11.97. Підписано до друку 17.11.96.

Формат 60x84 1/16. Папір газетний. Надруковано на ризографі.

Умов. друк. арк. 1. Зам. № ~~2157~~ 7. Тираж 100 прим.

© РВЛ. КІСМ. м.Кіровоград, пр. Правди 70А.

тел. 597-541, 559-245, 597-551.

634407

A 38.863
AB 38.863