

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КОТ ІВАН РУСЛАНОВИЧ

УДК 620.178:539.62

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ПІСЛЯРЕМОНТНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ
АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ І.Р. Кот

Керівник роботи

Міненко С.В.

к.т.н., доцент

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Кот Іван Русланович. Підвищення післяремонтної довговічності автотракторних двигунів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі встановлено, що довговічність та безвідмовність відремонтованих автотракторних двигунів закладається в період обкатки та підтримується в умовах експлуатації. Для збільшення післяремонтного напрацювання до відмови третьої групи складності ДВЗ, необхідно підвищити якість ремонту та обкатки та знизити інтенсивність зношування ресурсних деталей за рахунок використання раціональних трибоматеріалів.

Обґрунтовано можливість скорочення періоду післяремонтної експлуатаційної обкатки ДВЗ, яка може бути скорочена до 20 мото-год замість нормативних 60...120 мото-год. Доведено, що напрацювання до першої ресурсної відмови може бути збільшено у два і більше разів за рахунок використання раціональних трибоматеріалів Wagner. Застосування трибоматеріалів Wagner виключають утворення задирів у ресурсних спряженнях.

Випробування двигуна Д-240 на стенді КИ-5543 підтвердили результати лабораторних досліджень трибоматеріалів Wagner. Ефективність трибопрепарату Oil Package Wagner при стендових випробуваннях характеризується підвищенням нижченаведених основних показників: годинна витрата палива скоротилася на 15,5%; втрати потужності на механічне тертя зменшились на 5,2%; питома подача палива та питома індикаторна витрата палива скоротилися відповідно на 13,5 % та 12,8 %; індикаторний ККД збільшився на 15,2%.

Ключові слова: знос, олива, трибоматеріал, двигун внутрішнього згорання

ANNOTATION

Cot Ivan Ruslanovich. Increasing the post-repair durability of tractor engines. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's thesis it is established that the durability and reliability of repaired tractor engines is laid in the period of running-in and maintained in operation. To increase the post-repair time to the failure of the third group of complexity of the internal combustion engine, it is necessary to improve the quality of repair and running-in and reduce the intensity of wear of resource parts through the use of rational tribomaterials.

The possibility of reducing the period of post-repair operation of the internal combustion engine, which can be reduced to 20 moto-hours instead of the standard 60... 120 moto-hours, is substantiated. It is proved that the operating time before the first resource failure can be doubled or more due to the use of rational Wagner tribo materials. The use of Wagner tribomaterials eliminates the formation of burrs in resource conjugations.

Tests of the Д-240 engine on the КИ-5543 stand confirmed the results of laboratory tests of Wagner tribomaterials. The efficiency of the Oil Package Wagner tribo preparation in bench tests is characterized by an increase in the following key indicators: hourly fuel consumption decreased by 15.5%; power losses due to mechanical friction decreased by 5.2%; specific fuel supply and specific indicator fuel consumption decreased by 13.5% and 12.8%, respectively; indicator efficiency increased by 15.2%.

Key words: wear, oil, tribomaterial, internal combustion engine

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРИБОМАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА Д-240.....	16
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТРИБОМАТЕРІАЛІВ ЩОДО СКОРОЧЕННЯ ОБКАТКИ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ПІСЛЯРЕМОНТНОГО НАПРАЦЮВАННЯ ДО ВІДМОВИ РЕСУРСНИХ СПРЯЖЕНЬ ДВЗ В УМОВАХ РЯДОВОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРІВ.....	21
ВИСНОВКИ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В даний час понад 90% усіх механізованих робіт у сільському господарстві виконуються тракторами, відремонтовано ними у машинно-ремонтних майстернях (МРМ) сільгоспідприємств (СГП).

Зношування основної техніки, яка більш ніж на 75...85 % виробила свій ресурс, і насамперед орних тракторів вітчизняного виробництва, є при чині низької продуктивності праці, великої кількості відмов тракторів та інших машин після неодноразових ремонтів, а також причиною збільшення простоїв машин у полі, і, отже, до недобору та втрат сільгосппродукції

Після ліквідації спеціалізованих ремонтних підприємств системи «Сільгосптехніка» всі види ремонтів двигунів виконуються в основному в МРМ сільгоспідприємств. Дослідженнями, ще до перебудови економіки було встановлено, що ресурс відремонтованих двигунів у МРМ СГП 3...7 разів нижче нормативного та в 3...4 рази нижче встановленого ресурсу за нормою мативами, а наробіток не перевищує 60...80 мото/год.

Важливе місце у забезпеченні післяремонтної безвідмовності та довговічності ДВЗ займає обкатування: приремонтна технологічна та експлуатаційна. Через спотворення геометричних та точності параметрів корпусних (базових) деталей, що надходять на складання, відсутності засобів контролю цих параметрів в умовах МРМ, а також низької якості запасних частин при технологічній обкатці двигунів (при їх ремонті) можуть виникати відмови через задири деталей в ресурсних сполученнях. Нерідко поява задирів та заклинювання деталей відбувається і в період експлуатаційної обкатки тракторів не тільки через зазначені причини, але й через недотримання режимів обкатки. Ця проблема посилюється ще тим, що більшість МРМ СГП та ремонтно-обслуговуючі підприємства, що збереглися (РОП), не мають стендів для

випробування та технологічної обкатки ДВЗ, а наявним стендам у деяких МРМ та РОП понад 40 років, які практично давно не використовуються.

Таким чином, актуальність пошуку альтернативних способів підвищення якості ремонту, експлуатаційної обкатки та підвищення післяремонтної безвідмовності двигунів є очевидною.

Мета і задачі дослідження. Підвищення післяремонтної довговічності та безвідмовності автотракторних двигунів, відремонтованих у МРМ СГП, застосуванням трибопрепаратів у складі моторної оливи.

Відповідно до мети досліджень передбачено рішення наступних задач:

- проаналізувати існуючі види мастила вузлів тертя машин та механізмів;
- розробити методику перевірки ефективності трибоматеріалу за допомогою стендових випробувань дизельного двигуна Д-240;
- провести стендові і виробничі випробування трибоматеріалів щодо скорочення обкатки та збільшення післяремонтного напрацювання до відмови ресурсних спряжень ДВЗ в умовах рядової експлуатації тракторів.

Об'єкт дослідження: технологія підвищення довговічності автотракторних двигунів застосування триботехнічних складів.

Предмет дослідження: Розробка методу вибору раціонального триботехнічного складу для виключення задирів в парі тертя та зниження інтенсивності зношування деталей.

Методи дослідження. Виконано триботехнічні лабораторні дослідження, стендові та виробничі випробування. При проведенні стендового випробування дизеля використано ДСТУ, розроблено метод діагностики та вибору трибоматеріалу. Експериментальні дослідження проведені з використанням стандартних приладів, обладнання та засобів контролю точності контрольованих параметрів. Розроблено приватні методики досліджень із використанням методів математичної статистики для обробки отриманих результатів.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Міненко С.В., **Кот І.Р.**, Чорний Б.В. Технічна характеристика деталей ЦПГ дизельних двигунів автомобілів та мобільної сільськогосподарської техніки та аналіз умов їх роботи. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників «Сільськогосподарські, біологічні, економічні, загальноосвітні та технічні науки», 20 травня 2021 р. м. Умань. Умань : ВПЦ «Візаві», 2021. С. 180-183.

2. Міненко С.В., **Кот І.Р.**, Чорний Б.В. Стан технічної діагностики газорозподільного механізму двигуна. Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні технології в АПК», 20-21 травня 2021 р., м. Луцьк [Електронний ресурс]. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. С. 84-87.

3. Міненко С.В., **Кот І.Р.** Проблеми діагностування несправностей дизельних двигунів. Способи підвищення зносостійкості та довговічності підшипників кочення. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 169-172.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновані заходи для скорочення обкатки та збільшення післяремонтного напрацювання до відмови ресурсних спряжень ДВЗ в умовах рядової експлуатації тракторів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 29 сторінок комп'ютерного тексту, містить 6 таблицю і 5 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

На тракторах та автомобілях вітчизняного виробництва встановлюються дизелі таких марок: Д-240, А-41, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б, СМД-62, КамАЗ-740 та ін.

Трактори, сільгоспмашини та інші сільськогосподарські установки здебільшого як силові установки мають дизелі, ефективна експлуатація яких визначається багатьма показниками, що закладаються в них на різних стадіях конструювання, виготовлення, експлуатації та ремонту. За деякими даними [8, 9, 10, 11, 12] можна стверджувати, що в даний час до 95% дизелів, що експлуатуються в сільському господарстві, пройшли неодноразово капітальний ремонт. Це особливу увагу до якості ремонту дизелів у центральних ремонтних майстернях сільгосп підприємств, т.к. спеціалізовані ремонтні підприємства практично ліквідовано. Відомо, що основним показником якості ремонту є надійність, яка у свою чергу визначається показниками безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збереження. Так, якщо ремонтпридатність і збереження істотно не впливають на відмінність в експлуатації нових та капітально відремонтованих дизелів, то зміна показників безвідмовності та довговічності відремонтованих дизелів у бік їх погіршення призводить до значних втрат сільськогосподарської продукції господарствах.

Проведені раніше дослідження показують, що й у двигунів, які пройшли капітальний ремонт у спеціалізованих ремонтних підприємствах, міжремонтний період зменшується проти доремонтним до 30...50 %.

На рисунку 1.1 представлені дані довговічності двигунів різних марок до та після капітального ремонту, отримані ІМЕСГ в результаті спостережень в умовах рядової експлуатації.

Результати досліджень, представлені рис. 1.1, було виконано на початку 80-х, коли підприємства системи «Сільгосптехніка» перебували найвищому

технічному рівні. І, попри це, післяремонтний ресурс дизелів був низький, що у табл. 1.1.

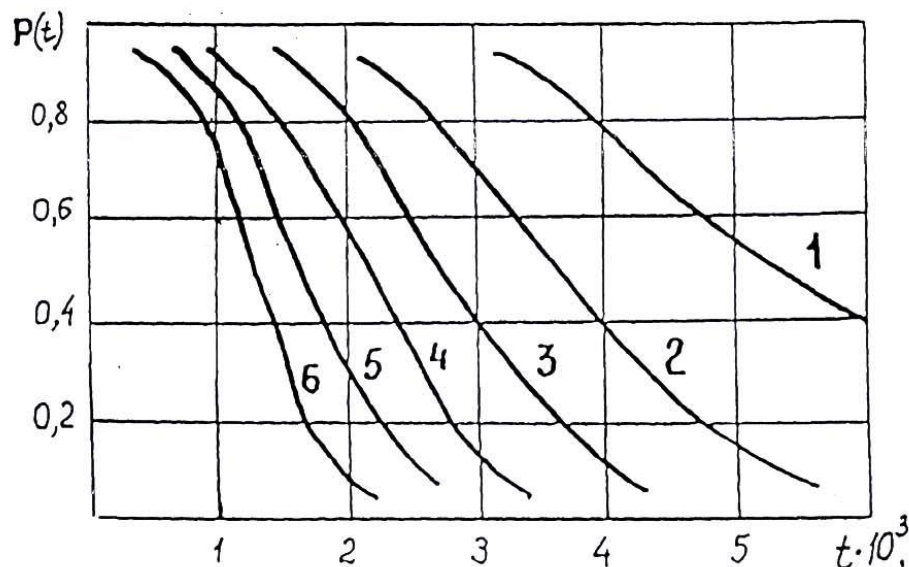


Рис. 1.1. Зменшення ресурсу відповідно до нових та капітально відремонтованих дизелів: 1, 3 – Д-240; 2, 5 – ЯМЗ-238НБ; 4, 6 – А-41

Таблиця 1.1 – Показники післяремонтного ресурсу дизелів

Показники	Значення показників				
	СМД-62	Д-240	А-41	ЯМЗ-238НБ	ЯМЗ-240Б
80 % гамма-ресурс, мото/год	1000	2200	950	1000	1000
Ставлення досягнутого значення параметра до нормативу	0,25	0,55	0,24	0,25	0,25

На підприємствах технічного сервісу якість ремонту дизелів ще більше знизилася, що підтверджується результатами перевірки органами Держтехнагляду.

Основні причини низької якості ремонту техніки на підприємствах сервісу – хронічна нестача у фінансових засобах, низький рівень знань механізаторів, слюсарів, ремонтників, майстровласників. Система підвищення кваліфікації кадрів ремонтників, яка раніше існувала, на сьогоднішній день практично не

функціонує. На багатьох підприємствах відсутня нормативно-технічна та технологічна документація.

На якість ремонту машин та обладнання впливає значне зношування верстатного та ремонтно-технологічного обладнання (до 85 %), брак на ремонтних підприємствах інженерно-технічних працівників, дефіцит яких постійно зростає. На підприємствах сервісу не скрізь організований вхідний контроль комплектуючих виробів і запасних частин, що надходять у ремонт, підприємства не завжди проводять післяремонтну обкатку, часто не видають на відремонтовану техніку необхідну експлуатаційну документацію, встановлюють вузли та агрегати з обмеженим ресурсом, є ряд інших недоліків.

За даними [15] 80% γ -ресурс відремонтованих двигунів СМД-62, Д-240 та ін. не перевищував 500 ... 570 мото-год на момент обстеження.

У сільгоспідприємствах, навіть найкращих нині, на усунення наслідків відмов простої тракторів перевищують 30...50 діб.

З вищенаведених даних можна дійти невтішного висновку у тому, що ресурс двигунів, відремонтованих в МРМ СГП надзвичайно низький і наявними технічними засобами в МРМ поліпшити якість ремонту, збільшити ресурс дизелів хоча б до 50 % нормативного значення неможливо. Отже, необхідний пошук альтернативних способів підвищення поремонтного ресурсу двигунів.

Переважаючими причинами надходження в капітальний ремонт двигунів є відмови через зношування та задирання деталей основних, ресурсовизначальних сполучень: гільза-поршень і вкладиш-шийка колінчастого вала проривів газів у картер, підвищеної витрати оливи на чад, сторонніх стуках, низького тиску в головній олійній магістралі та інших ознаках. Крім перерахованих причин, підставою для капітального ремонту є відмови третьої групи складності через пошкодження блоку циліндрів, заDIR у поєднаннях гільза-поршень, шийка вала-вкладиші, зносів пар паршневої групи палець-поршень і поршневий палець - втулка верхньої головки шатуна, поломки або деформації основних деталей.

У роботі [7] показано, що кількість двигунів, що надходять у капітальний ремонт через знос деталей ресурсовизначальних сполучень, становить близько 80% як для нових, так і для капітально відремонтованих деталей.

Необхідно особливо підкреслити, що динаміка зміни зазорів в ресурсовизначальних поєднаннях двигунів у нових і після ремонту істотно відрізняється.

Різними дослідженнями встановлено, що після капітального ремонту швидкість зношування деталей ресурсовизначальних пар у порівнянні з деталями нових двигунів значно вищі [8]. Так, на малюнку 1.2 показана динаміка зміни зазорів ресурсовизначальних сполучень дизелів СМД-62 в умовах рядової експлуатації [9]. Наведена діаграма показує дворазове зростання швидкості збільшення зазорів у поєднаннях капітально відремонтованих двигунів.

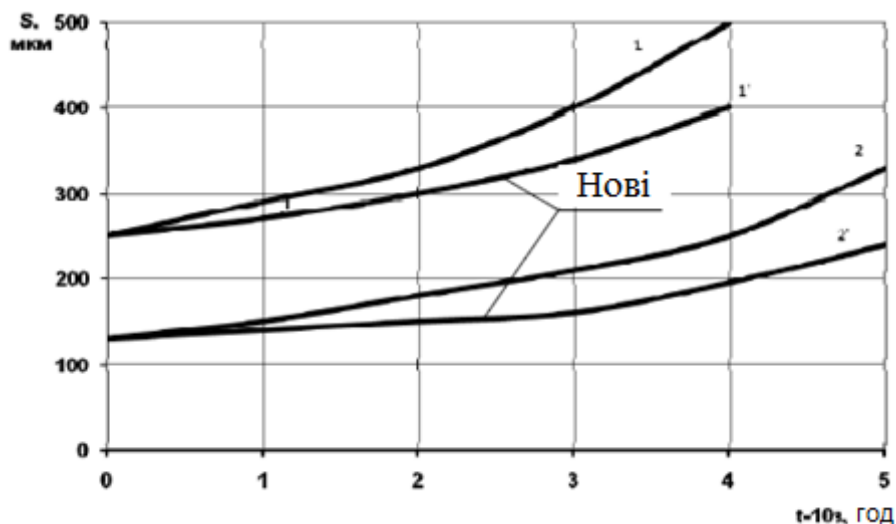


Рис. 1.2. Динаміка зміни зазорів відповідно до нових і капітально відремонтованих дизелів СМД-62: 1', 1 – гільза-поршень; 2', 2 – вкладиш-шатунна шийка.

Дослідженнями [9] встановлено, що відношення післяремонтних до доремонтних швидкостей зношування ресурсовизначальних деталей дизелів ЯМЗ-238НБ та ЯМЗ-240Б становить 1,28...3,32.

Аналізуючи вищенаведені дані щодо зміни втрат ресурсу двигунів після ремонту (рис. 1.1), дані щодо якості ремонту [14, 15, 1, 16], показники

післяремонтного ресурсу дизелів і особливо динаміку зростання швидкості зношування ресурсних деталей (2). необхідно докладніше назвати основні причини зміни цих встановлених закономірностей.

Основною причиною зниження безвідмовності та довговічності відремонтованих двигунів є суттєва відмінність технології їх ремонту від технології виготовлення. Відсутність у МРМ СГП та в РОП спеціалізованого обладнання, вимірювальних пристосувань, стабільної технології та необхідної кваліфікації виконавців [8], а також невелика програма ремонту та значна різномарочність двигунів, що ремонтуються.

Велике значення має зміна технологічних факторів при ремонті, величини яких мають значно більшу варіацію, ніж на заводах-виробниках. До технологічних факторів відносяться твердість, шорсткість поверхонь деталей рухомих сполучень, геометричні розміри деталей [2, 7].

У роботі [2] вказується, що ще на заводах має місце велика кількість дефектів при складанні та затягуванні деталей до 20%, спотворення геометричних розмірів до 30...40%, при термообробці до 10% і т.д. Всі ці виробничі дефекти посилюються при ремонті двигунів МРМ.

На швидкість зношування деталей ресурсовизначальних сполучень, а, отже, і безвідмовність і довговічність двигунів, впливає одночасне вплив великої кількості технологічних чинників.

Так, швидкість збільшення зазору гільза-поршень залежить від величин шорсткості і твердості дзеркала гільзи, величини вихідного зазору, овальності, конусності гільзи циліндра, пружності поршневих кілець, перпендикулярності осі розточок блок-картера під вкладиш колінчастого валу і осі у поєднанні шатунна шийка колінчастого валу – вкладиш, вигину шатуна і т.д.

На швидкість зношування шатунних шийок колінчастого валу і шатунних вкладишів впливають зміни твердості та шорсткості поверхні шатунної шийки, вигину шатуна, зазору в поєднанні шатунна шийка – вкладиш, нециліндричності шатунної шийки, неперпендикулярн.

Деталі сполучення корінна шийка колінчастого валу – вкладиш зношуються з різною інтенсивністю в залежності від твердості, шорсткості корінних шийок колінчастого валу, величини зазору в цьому поєднанні, нециліндричності корінної шийки, неспіввісності корінних шийок колінчастого валу, неспіввісності кор.

Таким чином, численними дослідженнями встановлено, що швидкість зношування деталей ресурсовизначальних сполучень капітально відремонтованих двигунів внутрішнього згорання значно перевищує швидкість зношування аналогічних деталей нових двигунів. З вище наведених закономірностей випливає, що для уповільнення швидкості зростання зазорів в ресурсних поєднаннях деталей після капітального ремонту двигунів необхідно знайти або створити способи або нові технології, що істотно знижують зношування деталей. Це завдання імовірно можна вирішити шляхом застосування триботехнічних складів. З великої кількості марок трибоскладів необхідно обґрунтувати та вибрати раціональні, що забезпечують підвищення довговічності та безвідмовності дизелів.

Обкатка двигунів тракторів має важливе значення. Вона значною мірою визначає ресурс машин. Підготовка робочих поверхонь деталей механізмів до прийняття експлуатаційних навантажень поділяється на два етапи:

- технологічна обкатка на ремонтних підприємствах або в МРМ СГП;
- експлуатаційна обкатка машини в СГП.

Основна мета приремонтної технологічної обкатки ДВЗ полягає в підготовці макро- і мікронерівностей деталей, що сполучаються механізмів для їх спільної тривалої роботи. При цьому здійснюється опрацювання поверхонь. За ДСУ припрацювання це зміна геометрії поверхонь тертя і фізико-хімічних властивостей поверхневих шарів металу в початковий період тертя, що зазвичай виявляється при постійних зовнішніх умовах у зменшенні сили тертя, температури та інтенсивності зношування [3].

Відповідно до вимог нормативної технологічної документації, тривалість технологічної обкатки дизелів становить 4...10 годин. Режими цієї обкатки двигунів досить глибоко вивчені та обґрунтовані, проте незважаючи, здавалося б, на невелику тривалість технологічної обкатки, проблемі скорочення цього періоду присвячено велику кількість робіт.

Для прискорення приробітку деталей дизелів використовують обкатувальне масло ОМП-2, а також присадки до моторних масел АЛП-2, АЛП-3 та АЛП-4. Відомі велика кількість авторських свідоцтв та патентів на винаходи, за якими пропонуються складні за складом додаткові присадки до олій. Ці присадки підвищують протизадирні та протизносні властивості оливи та рекомендуються до застосування при стендовій технологічній післяремонтній обкатці на ремонтних підприємствах.

Не менш важливе значення має другий етап обкатки, а саме експлуатаційна обкатка ДВЗ в СГП, яка за тривалістю проведення для дизелів більш ніж у 10 разів перевищує стендову обкатку і становить 40...60 год, а для двигунів ЯМЗ-238НБ (К-700) та ЯМЗ-240Б (К-701) вона дорівнює 100 ... 120 год [23], а за даними Н.В. Храмова виявлення та усунення приробіткових відмов може здійснюватися протягом 600 мотогод напрацювання [22]. Залежність ресурсу трактора від дотримання режиму експлуатаційної обкатки давно встановлено. У 1956 р. Ардашев Г.Р. у статті «Обкатка тракторів» [72] наводить такі дані: партія нових тракторів без попередньої обкатки в порівнянні з партією тракторів, обкатаних за рекомендованими режимами, показала в 4 рази менший річний виробіток, крім того двигуни розвивали малу потужність, працювали з перебоями, перевитратою палива та оливи та мали багато відмов. Однак робіт, присвячених скороченню тривалості експлуатаційної обкатки двигунів після ремонту та забезпечують продовження ресурсу недостатньо.

Актуальність проведення НДР у цьому напрямі підтверджується тим, що навіть при дотриманні технології обкатки в МРМ (або РОП) двигун ще не повністю придатний до роботи, він вимагає не менше 60-годинного приробітку в

умовах експлуатації. Однак ця проблема посилюється ще тим, що багато МРМ через відсутність стендів не проводять технологічну обкатку.

Крім того, особливо в період напружених польових робіт, неможливо дати двигуну потрібне (менше) експлуатаційне навантаження, що призводить до збільшення кількості відмов у цей період. Тому стоїть завдання не тільки в скороченні тривалості експлуатаційної обкатки ДВЗ, але й у виключенні при цьому утворення задирок та заїдань у ресурсних сполученнях. Ця задача може бути успішно вирішена застосуванням трибопрепаратів додатків в моторне масло.

Із сучасних робіт у цьому напрямку найбільший інтерес становлять роботи, виконані в Є.А. Ципцин під керівництвом д.т.н. професора В.В. Стрельцова [4]. У роботах В.І. Балабанова, А.Ю. Шабанова та ін. наведено результати дослідження протизносних антифрикційних складів ПІАФ, ХАДО, АРВК та ін. щодо збільшення ресурсу ДВЗ [1, 2, 3].

Висновки по розділу

Слід зазначити, що це трибопрепарати мають як переваги, так і недоліки, які необхідно враховувати. У зв'язку з цим для вибору найбільш ефективного трибопрепарату як для післяремонтної експлуатаційної обкатки, так і для подальшого збільшення міжремонтного ресурсу ДВЗ необхідно розробити прийнятний для спеціалістів СГП або РВП метод вибору раціонального трибоматеріалу.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРИБОМАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА Д-240

Метою стендової перевірки ефективності трибоматеріалу на дизельному двигуні Д-240 є підтвердження результатів триботехнічних досліджень, а також теоретичних передумов про можливість післяремонтного підвищення ресурсу двигунів та економії дизельного палива за рахунок скорочення механічних втрат та підвищення компресії в циліндрах двигуна.

Випробування двигуна Д-240 трактора МТЗ, як найбільш поширеного у сільському господарстві, проводилося на стенді КИ-5543 згідно ДСТУ «Дизелі тракторні та комбайнові. Методи стендових випробувань». Випробуваний двигун представлений рис. 2.1, а стенд КИ-5543 рис. 2.2. За допомогою приладів, представлених на рисунках 2.3 та 2.4 фіксувалася годинна витрата палива, частота обертання колінчастого валу, температура води в системі охолодження, температура та тиск оливи та інші параметри.



Рис. 2.1. Двигун Д-240, встановлений на стенді КИ-5543

Як трибоматеріал був використаний Eco-Universal Oil Package фірми Wagner (Німеччина), який був виявлений при проведенні лабораторних триботехнічних експериментів, як препарат найбільш ефективний, що володіє

найменшим коефіцієнтом тертя в трибосполученнях і найменшим зносом зразків пари тертя при випробуванні як на машині тертя СМЦ-2, так і на пристрої тестування трибоматеріалів на задир. Цей препарат виключає утворення задира на зразках при навантаженнях, що багаторазово перевищують навантаження, при якому відбувається заклинювання зразків при випробуванні без додавання трибопрепарату в оливу.



Рис. 2.2. Стенд КИ-5543 для випробування двигунів



Рис. 2.3. Терези з ємністю для дизельного палива та електричний секундомір



Рис. 2.4. Приладовий щит із контрольними приладами, що відображають режим роботи двигуна на стенді

Концентрація трибопрепарату в моторному маслі М10Г_{2К} становила 5...6%. Після заливання препарату в картер протягом 40 хвилин двигун працював при 1000 хв⁻¹ з метою обробки всіх поверхонь тертя деталей, трибопрепаратом.

Відповідно до встановленої методики визначення механічних втрат на тертя, які визначаються при знятті характеристики холостого ходу двигуна, на першому етапі визначалися механічні втрати в кВт при прокручуванні колінчастого валу на оборотах 1000, 1100, 1200, 1300 і 1430 хв⁻¹, а на другому етапі проводилися виміри годинної витрати палива при зміні обертів від 1200 до 2337 хв⁻¹ з інтервалом зміни оборотів рівним 200 хв⁻¹. Отримані результати експериментів до застосування трибопрепарату та після застосування оброблялися за комп'ютерною програмою, розробленою на кафедрі «Машиновикористання та сервісу технологічних систем». В результаті обробки експериментальних даних було визначено механічні втрати (кВт), годинна витрата палива – G_T (кг/год), циклова подача палива $g_{ц}$ (мг/цикл), питома індикаторна витрата палива – g_i (г/кВт·год) та індикаторний ККД – η_i .

Метою проведення експлуатаційних випробувань є підтвердження достовірності результатів лабораторних триботехнічних досліджень трибоматеріалів та стендових випробувань двигуна.

Під спостереження та контроль були взяті нижченаведені двигуни тракторів та автомобілів:

– три двигуни ЯМЗ-240Б, два двигуни ЯМЗ-238НБ, один двигун Д-243, три двигуни КАМАЗ-740, два двигуни Raba-MAN-D2156 під час моніторингу вимірювалася компресія в циліндрах двигунів компресометром.

У сільгоспприємствах перед обробкою трибопрепаратами, за результатами діагностування та експертних оцінок технічного стану відібрані всі двигуни підлягали капітальному традиційному ремонту. Цей факт фіксувався в актах.

Після двох і більше років періодичних спостережень та контролю склалися заключні акти, в яких зазначалося, що застосування трибоматеріалів фірми Wagner та PBC, в режимі штатної експлуатації машин, дозволяє збільшувати компресію в циліндрах двигуна, знижувати вібрацію двигуна, збільшувати тиск оливи та збільшувати післяремонтний ресурс двигунів та без зафіксованих відмов ресурсних сполучення.

Для експлуатаційних випробувань використовувалося діагностичне обладнання, яке дозволяло здійснювати вимірювання потужності механічних втрат, час розгону та вибігу в межах робочих частот обертання ДВЗ, витрата палива. Крім того, контролювалася токсичність відпрацьованих газів (СО та СН). Вимірювання всіх зазначених параметрів проводилося за допомогою приладу для комплексного та поелементного діагностування двигуна та його систем (далі прилад) [7, 8].

Всі вимірювання проводилися для двох комбінацій:

1. Двигун працює на маслі 5W40 без тртбопрепарату; Двигун працює на маслі 5W40 з додаванням трибопрепарату Wagner;

1. Здійснювали вимірювання всіх параметрів на оливи без трибопрепарату. Додавали в олию промивання. Протягом 10...15 хв машина працювала на промивному маслі. Після чого вся олива зливалася. Доливалася свіжа олива з трибопрепаратом Wagner. Двигун працював протягом 30 хв.

2. Здійснювали вимірювання всіх параметрів на оливи з трибопрепаратом. Записували результати вимірів. Проводили їхній аналіз.

Вимірювання вибігу проводилося в чотирьох працюючих циліндрах. Від 4500 до 1000 хв^{-1} . Повторність перевірки дорівнювала трьом.

Вимірювання розгону проводилося одному працюючому циліндрі при повному відключенні трьох інших. Межі розгону становили 2000...3500 хв^{-1} .

Вимірювання кроків регулятора додаткового повітря проводилося під час роботи двигуна на холостому ході при частоті обертання колінчастого валу двигуна 860 хв^{-1} .

Вимірювання годинної витрати палива проводилося на холостому ході та при частоті обертання 3000 хв^{-1} .

Вимірювання токсичності проводилося газоаналізатором АСКОН-02.00:

1. Виконували вимірювання концентрації СО у відпрацьованих газах, %;
2. Виконували вимірювання концентрації СН у відпрацьованих газах, %.

Вимірювання токсичності проводили на холостому ході та при частоті обертання 3000 хв^{-1} .

Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи представлено методику проведення досліджень та обладнання для його проведення.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТРИБОМАТЕРІАЛІВ ЩОДО СКОРОЧЕННЯ ОБКАТКИ ТА ЗБІЛЬШЕННЯ ПІСЛЯРЕМОНТНОГО НАПРАЦЮВАННЯ ДО ВІДМОВИ РЕСУРСНИХ СПРЯЖЕНЬ ДВЗ В УМОВАХ РЯДОВОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРІВ

Метою проведення експлуатаційних випробувань є підтвердження достовірності результатів лабораторних триботехнічних досліджень трибоматеріалів та стендових випробувань двигуна, обробленого трибоматеріалом, як прискорення обкатки ДВЗ, так і підвищення поремонтної довговічності та безвідмовності ДВЗ, відремонтованих у МРМ СГП.

Результати перевірки ефективності трибопрепаратів фірми Wagner та PBC отримані по семи підприємствах Житомирської області.

Під спостереження та контроль були взяті такі види машин:

- 3 трактори К-701 (двигун ЯМЗ-240Б), 2 трактори К-700А (двигун ЯМЗ-238НБ, трактор МТЗ-82 (двигун Д-243);
- 3 автомобілі КамАЗ (двигун КамАЗ-740), автомобіль УАЗ-39095;
- 2 автобуси «Ікарус» гар. № 256 – двигун Raba-Man D-2156 та автобус «Ікарус» гар. № 280 – двигун Raba-Man D-2156 та легкові автомобілі кількох марок. Перед обробкою трибопрепаратами, за результатами діагностування та експертних оцінок технічного стану, всі двигуни підлягали капітальному традиційному ремонту, крім двигунів легкових автомобілів. Цей факт фіксувався у актах.

Після двох і більше років спостережень та контролю склалися заключні акти, з яких випливає, що застосування трибоматеріалів фірми Wagner та PBC у режимі штатної експлуатації машин дозволяє підняти компресію в циліндрах двигуна на 3 кг/см^2 , вдвічі знизити вібрацію двигуна, збільшити тиск масла і збільшити післяремонтне напрацювання до відмови дизелів у два і більше рази

(більше 2 років) без ремонту та, що при заключному контролі всі двигуни перебували у нормальному технічному стані та були рекомендовані до подальшої експлуатації.

Таким чином, висунуті теоретичні передумови про можливість збільшення напрацювання до відмови ресурсних сполучень ДВЗ у 2...3 рази і більше без ремонту, застосуванням відповідних класів та марок трибоматеріалів для кожного періоду експлуатації машин, підтверджені не тільки лабораторними та стендовими випробуваннями, але й результатами моніторингу. за тривалий період експлуатації машин.

Перший двигун із пробігом по одометру 53850 км.

За розробленою методикою проводили вимірювання часу вибігу на двигуні без трибопрепарату, що становило – 2,6 с. Після заливання трибопрепарату – 3 с.

Час вибігу зріс на 0,4 с, що говорить про зниження тертя в системах ДВЗ.

Час розгону вимірювалося приладом та заносилося до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вимірювання часу розгону

	1 циліндр	2 циліндр	3 циліндр	4 циліндр
Масло без трибоприпарату	4,6	5,3	6,2	6,9
Масло з трибоприпаратом	3,7	4,3	4,3	3,9
Відмінність	0,9	1,0	1,9	3,0

З таблиці 4.1 можна зробити однозначний висновок про зниження тертя: зменшення часу розгону ДВЗ на одному циліндрі становило 0,9...3,0 с.

Результати вимірювання кроків регулятора холостого ходу:

– без трибопрепарату – 96;

– із трибопрепаратом – 87.

Різниця складає 9 кроків.

Зменшення кроків регулятора холостого ходу також свідчить про зниження тертя.

Результати вимірювання токсичності були зведені до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати вимірів токсичності

	Концентрація СО холостий перебіг, %	Концентрація СО, 3000 хв ⁻¹ 1%	Концентрація СН, холостий перебіг, млн-1	Концентрація СН, 3000 хв ⁻¹ , млн
Масло без трибоприпарату	0,09	0,18	160	80
Масло з трибоприпаратом	0,06	0,24	100	140
Зміни	-0,03	+0,06	-60	+60

На холостому ході було встановлено зниження концентрації СО (-0,03%) та СН (-60 млн⁻¹). Однак при 3000 хв⁻¹ спостерігалось зростання токсичності. СО (+0,06%) та СН (+60 млн⁻¹). На даному початковому етапі припрацювання ДВЗ та присадки збільшення токсичності пояснюється попаданням промивання в циліндри та її вигорянням.

Витрата палива на холостому ході:

- олива без трибопрепарату – 1,4 л/год;
- олива з трибопрепаратом – 1,2 л/год.

Витрата палива зменшилася на 0,2 л/год, що узгоджується з раніше наведеними результатами, що характеризують зниження тертя.

Другий двигун з пробігом по одометру 83994 км. Вимірювання часу вибігу на двигуні без трибопрепарату, склало 2,6 с. Після заливання трибопрепарату – 3,1 с. Різниця становила 0,5 с.

Результат випробування часу вибігу свідчить про зниження тертя.

Час розгону вимірювалося приладом та заносилося до табл. 3.3.

З табл. 3.3 видно результат: час розгону циліндрів зменшилося загалом 1,8...3,2 с. Що підтверджує зниження тертя.

Результати вимірювання кроків регулятора холостого ходу:

- без трибопрепарату – 93;
- із трибопрепаратом – 81.

Різниця становить 12 кроків.

Таблиця 3.3 – Вимірювання часу розгону

	1 циліндр	2 циліндр	3 циліндр	4 циліндр
Масло без трибоприпарату	12,5	10,3	7,9	6,9
Масло з трибоприпаратом	9,3	8,5	5,2	4,6
Відмінність	-3,2	-1,8	-2,7	-2,3

Зменшення кроків регулятора холостого ходу свідчить про зниження тертя.

Результати вимірювання токсичності були зведені до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати вимірів токсичності

	Концентрація CO холостий перебіг, %	Концентрація CO, 3000 хв ⁻¹ 1%	Концентрація СН, холостий перебіг, млн ⁻¹	Концентрація СН, 3000 хв ⁻¹ , млн
Масло без трибоприпарату	0,21	0,26	540	110
Масло з трибоприпаратом	0,20	0,38	530	120
Зміни	-0,01	+0,12	-10	+10

На холостому ходу було встановлено зниження концентрації CO (-0,01%) та СН (-10 млн⁻¹). Однак при 3000 хв⁻¹ спостерігалось зростання токсичності – CO (+0,12 %) та СН (+10 млн⁻¹). На даному початковому етапі приробітку ДВЗ та трибопрепарату збільшення токсичності пояснюється попаданням промивання в циліндри та її вигорянням.

Витрата палива на холостому ходу:

- масло без трибопрепарату – 1,4 л/год;
- масло з трибопрепаратом – 1,2 л/год.

Витрата палива зменшилася на 0,2 л/год, що узгоджується з раніше наведеними результатами, що характеризують зниження тертя.

Подальші дослідження на двох оброблених ДВЗ: провести контроль діагностичних параметрів через кожну 1000 км протягом загального пробігу 60000 км. Це дослідження дозволить визначити час дії трибопрепарату Wagner.

Висновки по розділу

Експлуатаційні випробування трибопрепарату Wagner підтвердили його ефективність дії щодо зниження тертя: час вибігу в середньому зріс на 0,4...0,5 с; зменшення часу розгону ДВС однією циліндрі становило 0,9...3,2 з; різниця кроків регулятора холостого ходу становила 9...12 кроків; на холостому ходу було встановлено зниження концентрації CO (– 0,01...0,03 %) та СН (–10...60 млн⁻¹), при 3000 хв⁻¹ спостерігалось зростання токсичності CO (+0,06 ... 0,12%) і СН (+10 ... 60 млн⁻¹). На даному початковому етапі приробітку ДВЗ та трибопрепарату Wagner збільшення токсичності пояснюється попаданням промивання в циліндри та її вигорянням; витрата палива зменшилася на 0,2 л/год.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

Аналіз літературних джерел показав, що до 40% відмов припадає на двигун. Причиною відмов є низька якість капітального ремонту ДВЗ в умовах машино-ремонтних майстерен сільськогосподарських підприємств. Довговічність та безвідмовність відремонтованих автотракторних двигунів закладається в період обкатки та підтримується в умовах експлуатації. Для збільшення післяремонтного напрацювання до відмови третьої групи складності ДВЗ, необхідно підвищити якість ремонту та обкатки та знизити інтенсивність зношування ресурсних деталей за рахунок використання раціональних трибоматеріалів. Встановлено, що високу ефективність мають трибоматеріали фірми Wagner у складі моторних масел.

Обґрунтовано можливість скорочення періоду післяремонтної експлуатаційної обкатки ДВЗ, яка може бути скорочена до 20 мото-год замість нормативних 60...120 мото-год. Доведено, що напрацювання до першої ресурсної відмови може бути збільшено у два і більше разів за рахунок використання раціональних трибоматеріалів Wagner. Застосування трибоматеріалів Wagner виключають утворення задирів у ресурсних спряженнях.

Випробування двигуна Д-240 на стенді КІ-5543 підтвердили результати лабораторних досліджень трибоматеріалів Wagner. Ефективність трибопрепарату Oil Package Wagner при стендових випробуваннях характеризується підвищенням нижченаведених основних показників: годинна витрата палива скоротилася на 15,5%; втрати потужності на механічне тертя зменшились на 5,2%; питома подача палива та питома індикаторна витрата палива скоротилися відповідно на 13,5 % та 12,8 %; індикаторний ККД збільшився на 15,2%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріали науково-технічної конференції молодих дослідників "Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт", 14.12.2017. Одеса: НУ «ОМА», 2017. 208 с.
2. XVII-й Міжнародний форум молоді "Молодь і сільськогосподарська техніка у ххі сторіччі". Збірка матеріалів форуму. Харків: ХНТУСГ. 2021. 460с.
3. Actual problems of modern technologies : book of abstracts of the IV International scientific and technical conference of young researchers and students, (Ternopil, 25th-26th of November 2015.). Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy [and other.]. Ternopil : TNTU, 2015. 284.
4. Підвищення довговічності відремонтованих дизельних двигунів прискореною обкаткою електротрибохімічним методом : Дис... канд. техн. наук: 05.02.04 / Кіровоградський національний технічний ун-т. Кіровоград, 2006. 205арк. Бібліогр.: арк. 163-179.
5. Власенко М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Триботехнічні характеристики поверхонь тертя при електротрибохімічному методі припрацювання. Проблеми трибології (Problems of Tribology). Хмельницький. 2003. №3,4. С.140-144.
6. Аулін В.В., Лисенко С.В., Батехін В.Б. Аналіз та можливості технологій триботехнічного відновлення спряжених деталей. Зб. "Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин". Кіровоград. 2005. №35. С. 165-172.
7. Аулін В.В., Солових Є.К., Лисенко С.В. Використання можливостей технологій триботехнічного відновлення для підвищення довговічності відремонтованих дизельних двигунів. Вісник Харківського нац. техн. університету сільгосп. ім. Петра Василенка. Техн. сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосп. машинобудуванні. Харків. 2005. №39. С. 105-111.

8. Аулін В.В., Лисенко С.В., Солових Є.К., Жулай О.Ю. Формування та швидкість нарощування шару міді на поверхнях тертя при електротрибохімічному процесі . Проблеми трибології (Problems of Tribology). Хмельницький. 2006. №1. С.164-172.
9. Власенко М.В., Лисенко С.В. Деякі теоретичні аспекти прискореної обкатки відремонтованих двигунів мобільних сільськогосподарських машин із застосуванням електротрибохімічного методу. Зб. "Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин". Кіровоград. 2001. №30. С. 149-155.
10. Власенко М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Електротрибохімічний метод прискореного припрацювання пар тертя при обкатці двигунів // Проблеми трибології (Problems of Tribology). Хмельницький. 2001. №2(18). С. 3-7.
11. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. Київ : Арістей, 2004. 476 с.
12. Дудніков А.А. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств. Вінниця: Нова книга, 2011. 400 с.
13. Сидашенко А.И. Теоретические основы технологии ремонта машин / Т.1. Харьков: ХНТУСХ, 2005. 590с.
14. Пучин Е.А. Технология ремонта машин. Москва : Колос. 2007. 488с.
15. Восстановление деталей машин. Москва : Машиностроение, 2003. 672 с.
16. Барандич К.С. Вплив параметрів шорсткості поверхні на опір втоми деталей.Збірник наукових праць III-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні», 2–6 лютого 2015 р., м. Львів. Львів: Вид-во ЛП, 2015. С. 18-19.
17. Барандич Е.С. Оптимизация режимов токарной обработки при технологическом обеспечении циклической долговечности деталей. Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку: матеріали XIV

Міжнародної науково-технічної конференції 31 травня – 3 червня 2016 року / за заг. ред. В.Д. Ковальова, д-ра техн. Наук. Краматорськ : ДДМА, 2016. – С. 12-13.

18. . Barandych K.S. Analysis of surface quality and its impact on fatigue life of turned components. Збірник тез доповідей XVI Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи», 16-17 травня 2017р., м.Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ». 2017. С. 55-56.