

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення післяремонтної довговічності автотракторних двигунів
застосуванням трибопрепаратів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Пархоменко Роман Миколайович
Керівник: Сайчук О. В.
Рецензент: Шейченко В. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Знос основної техніки, яка більш ніж на 75 ... 85% виробила свій ресурс, і перш за все орних тракторів вітчизняного виробництва, є причиною низької продуктивності праці, великої кількості відмов тракторів та інших машин після неодноразових ремонтів, а також причиною збільшення простоїв машин в полі, і отже, до недобору і втрат сільгосппродукції [1, 2].

Важливе місце в забезпеченні післяремонтної безвідмовності і довговічності ДВЗ займають обкатки: приремонтна технологічна і експлуатаційна. Через спотворення геометричних і точнісних параметрів корпусних (базисних) деталей, які надходять на складання, відсутність засобів контролю цих параметрів в умовах ЦРМ, а також низької якості запасних частин вже при технологічній обкатці двигунів (при їх ремонті) можуть виникати відмови через задири деталей в ресурсних спряженнях. Нерідко поява задирів і заклинювання деталей відбувається і в період експлуатаційної обкатки тракторів не тільки через вище зазначені причини, а й через недотримання режимів обкатки. Дана проблема ускладнюється ще тим, що більшість ЦРМ сільськогосподарських підприємств і збережені ремонтно-обслуговуючі підприємства (РОП) не мають стендів для випробування і технологічної обкатки ДВЗ.

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

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що виключити утворення задирів, прискорити обкатку і суттєво підвищити післяремонтну довговічність і безвідмовність автотракторних двигунів імовірно можна, додаючи трибодобавки в мастильні матеріали, як в період експлуатаційної обкатки, так і в період штатної експлуатації трактора.

Трибодобавки до моторних та інших олів відрізняються від численних присадок в оливах тим, що присадки «працюють» на оливу, покращуючи

експлуатаційні властивості олив, а триботехнічні склади «працюють» на метал, покращуючи експлуатаційні властивості робочих поверхонь деталей, причому ці трибопрепарати не реагують з олівами і не погіршують їх якість [2, 3].

Мета роботи. Підвищення післяремонтної довговічності і безвідмовності автотракторних двигунів застосуванням трибопрепаратів в складі моторної оливи.

Об'єкт дослідження. Технологія підвищення довговічності автотракторних двигунів застосуванням триботехнічних складів.

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

Методика досліджень. Виконано триботехнічні лабораторні дослідження, стендові і виробничі випробування. Експериментальні дослідження проведені з використанням стандартних приладів, обладнання та засобів контролю точності контрольованих параметрів. Використано методики досліджень методів математичної статистики для обробки отриманих результатів.

Теоретична і практична значущість досліджень. Розроблені рекомендації дозволяють істотно прискорити післяремонтну експлуатаційну обкатку дизелів без задирів в ресурсних спряженнях і підвищити післяремонтне напрацювання на відмову.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз технічного рівня і надійності сільськогосподарської техніки

Ефективність виробництва сільськогосподарської продукції, і перш за все виробництва зерна, в значній мірі визначається використанням високопродуктивної, надійної сільгосптехніки.

Технічний рівень і надійність сільськогосподарської техніки є найважливішим фактором конкурентоспроможності продукції та її якості на міжнародному ринку в умовах гострої конкурентної боротьби.

Через низький технічний рівень і надійність вітчизняної техніки сільські товаровиробники зазнають значних виробничих економічних втрат. Витрати на ремонт, запчастини та підтримання машинно-тракторного парку в працездатному стані становлять понад 65 млрд. грн. в рік (або 12 ... 15% витрат в структурі собівартості сільгосппродукції замість 4,5 ... 5%, що були раніше) [1]. При чому до кожного сезону піддається ремонту 60 ... 65% парку тракторів і зернозбиральних комбайнів.

У новій вітчизняної техніки 85 ... 90% відмов вузлів і деталей викликано виробничими дефектами, які в свою чергу, обумовлені недотриманням геометричних розмірів (до 31%), недоліками (недосконалістю) технологічного процесу виготовлення (до 20%), недотриманням технологічної дисципліни, низькою якістю складання і зварювання, незадовільною роботою технологічного устаткування, оснащення (до 17%), іншими порушеннями виробничих процесів (до 22%) [2].

Показники безвідмовності сільгосптехніки представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Наробіток на відмову основних тракторів

Марка трактора	Рік випуску	Середній наробіток, мото-год.	Наробіток на складну відмову, мото-год.
ДТ-75	2006	780	260
МТЗ-82	2006	1012	202
Т-150К	2006-2007	2190	390
Закордонні виробники			
John Deere	2005	6440	1315
Claas Atlas 946	2005	4675	1950

Напрацювання на складну відмову тракторів знаходиться в межах 250...400 мото-год. замість 1000...1500 і більше у сучасних машин, у зернозбиральних комбайнів – 40 ... 70 замість 100 ... 150 мото-год. Через часті відмови (простой) наробіток машинно-тракторних агрегатів знижений в 1,5 ... 2 рази. Середній коефіцієнт технічної експлуатації МТП складає всього 0,65 замість 0,95%. Середнє напрацювання на складну відмову за 3000 мото-год. склало: «John Deere 7810» – 1220 мото-год., К-701/701М – 286 мото-год., Т-150К – 435 мото-год., МТЗ-82 – 390 мото-год. Середнє напрацювання на складну відмову тракторів «John Deere 7810» в 3 ... 4 рази більше, ніж Т-150К і МТЗ-82 [3].

Висока надійність зарубіжної сільськогосподарської техніки, за даними деяких фірм, пояснюється застосуванням цілого ряду сучасних технологій і використанням вихідних матеріалів високої якості в тому числі трибопрепаратів в складі мастильних матеріалів в процесі обкатки ДВЗ і агрегатів машин.

Низька надійність вітчизняних машин призводить до великих втрат у сільському господарстві. Для підвищення надійності техніки імовірно необхідно застосовувати сучасні трибодобавки як при виготовленні, так і в процесі експлуатації машин [14].

Першорядне значення в забезпеченні готовності сільськогосподарської техніки до виконання сезонних польових робіт в агротехнічні терміни має ремонтно-обслуговуюча база.

Стійке функціонування парку машин в сільському господарстві зумовлюється наявністю дієвої системи технічного обслуговування і ремонту, оптимальною структурою ремонтно-обслуговуючої бази (РОБ). В агропромисловому комплексі, поряд зі скороченням машинно-тракторного парку різко зменшилися обсяги послуг, що надаються сільськогосподарським товаровиробникам підприємствами технічного сервісу. Інфраструктура підприємств і об'єктів технічного сервісу характеризується низькою ефективністю, внаслідок чого не забезпечуються надійність і безвідмовність роботи машин. Середній показник коефіцієнта технічної готовності машин, що показує частку машин, що знаходяться в працездатному стані від загальної чисельності техніки, не перевищує 0,8 ... 0,82, тобто близько 20% парку через технічні несправності, як правило, не бере участі в роботі [3].

Все це веде до збільшення витрат на ремонт техніки, термінів виконання ремонту, погіршення його якості і, в кінцевому підсумку, до зниження рівня технічної готовності машинно-тракторного парку [3].

Для істотного зниження витрат на ремонт тракторів і підвищення інших техніко-економічних показників необхідно впроваджувати сучасні енергозберігаючі технології з підвищення безвідмовності і збільшення післяремонтного ресурсу і зокрема раціональні трибопрепарати в процесі штатної експлуатації машин, що може знизити кількість розбірно-складальних та інших ремонтних робіт.

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

Трактори, сільгоспмашини та інші сільськогосподарські установки в більшості своїй в якості силових установок мають дизелі, ефективна

експлуатація яких визначається багатьма показниками, що закладаються в них на різних стадіях конструювання, виготовлення, експлуатації та ремонту.

Відомо, що основним показником якості ремонту є надійність, яка в свою чергу визначається показниками безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності і зберігання. Так, якщо ремонтпридатність і збереженість істотно не впливають на відмінність в експлуатації нових і капітально відремонтованих дизелів, то зміна показників безвідмовності і довговічності відремонтованих дизелів в сторону їх погіршення призводить до значних втрат сільськогосподарської продукції в господарствах.

У двигунів, які пройшли капітальний ремонт в спеціалізованих ремонтних підприємствах, міжремонтний період зменшується в порівнянні з доремонтним до 30 ... 50% [13, 14, 15].

Основні причини низької якості ремонту техніки на підприємствах сервісу – хронічна нестача фінансових коштів, низький рівень знань механізаторів, слюсарів, ремонтників, майстрів-наладчиків. Раніше існувала система підвищення кваліфікації кадрів ремонтників, яка на сьогоднішній день практично не функціонує. На багатьох підприємствах відсутня нормативно-технічна і технологічна документація [6].

На якість ремонту машин та устаткування робить також вплив значний знос верстатного і ремонтно-технологічного обладнання (до 85%), нестача 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 в ремонт, підприємства не завжди проводять після ремонту обкатку, часто не видають на відремонтовану техніку необхідну експлуатаційну документацію, встановлюють вузли та агрегати з обмеженим ресурсом, є ряд інших недоліків [14, 15, 17].

1.2. Аналіз роботи нових і капітально відремонтованих дизелів

Переважаючими причинами надходження в капітальний ремонт двигунів є відмови через зноси і задири деталей основних, ресурсовизначальних спряжень: гільза – поршень і вкладиш – шийка колінчастого вала, що проявляються у вигляді підвищених проривів газів в картер, підвищеної витрати масла на угар, сторонніх стуків, низького тиску в головній масляній магістралі та інших ознаках. Крім перерахованих причин, підставою для капітального ремонту є відмови третьої групи складності через пошкодження блоку циліндрів, задрів в спряженнях гільза – поршень, шийка вала – вкладиші, зносів спряжень поршневої групи палець – поршень і поршневий палець – втулка верхньої головки шатуна, поломки або деформації основних деталей [2].

В роботі [17] показано, що кількість двигунів, що надходять в капітальний ремонт через зношування деталей ресурсовизначальних спряжень, становить близько 80% як для нових, так і для капітально відремонтованих деталей.

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

Після капітального ремонту швидкість зношування деталей ресурсовизначальних спряжень в порівнянні з деталями нових двигунів значно вище [18]. Так, на рисунку 1.1 показана динаміка зміни зазорів ресурсовизначальних спряжень дизелів СМД-62 в умовах рядової експлуатації [19]. Наведена діаграма показує дворазове зростання швидкості збільшення зазорів в спряженнях капітально відремонтованих двигунів.

Відношення післяремонтних до доремонтних швидкостей зношування ресурсовизначальних деталей дизелів ЯМЗ-238НБ і ЯМЗ-240Б становить 1,28...3,32.

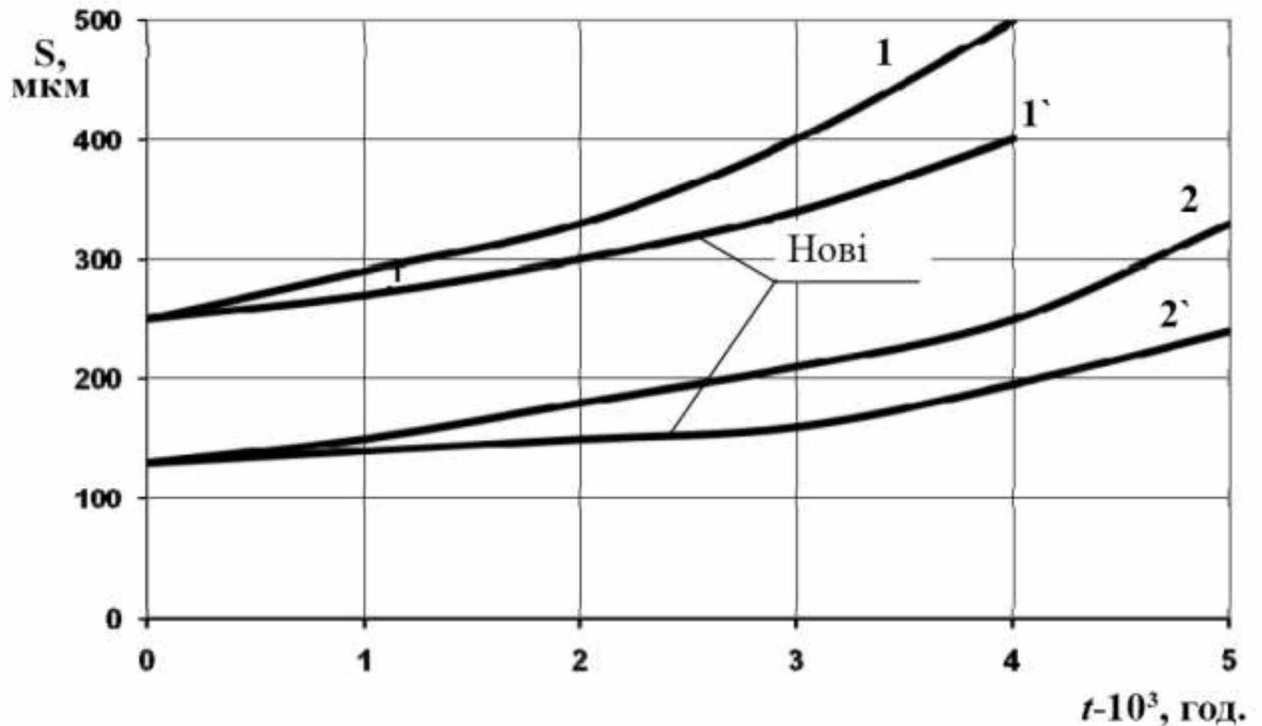


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни зазорів відповідно нових і капітально відремонтованих дизелів СМД-62: 1, 1' – гільза – поршень; 2, 2' – вкладиш – шатунна шийка [1, 19]

Аналізуючи вищенаведені дані щодо зменшення ресурсу двигунів після ремонту, дані за якістю ремонту [14, 15, 1, 16], показники післяремонтного ресурсу дизелів і особливо динаміку зростання швидкості зношування ресурсних деталей (рисунок 1.1), необхідно більш детально назвати основні причини зміни цих встановлених закономірностей.

Основною причиною зниження безвідмовності і довговічності відремонтованих двигунів є суттєва відмінність технології їх ремонту від технології виготовлення. Відсутність спеціалізованого обладнання, вимірювального пристосувань, стабільної технології і необхідної кваліфікації виконавців [18], а також невелика програма ремонту та значна різномарочність ремонтваних двигунів. Велике значення має зміна технологічних факторів при ремонті, величини яких мають значно більшу варіацію, ніж на заводах виробників. До технологічних факторів належать

твердість, шорсткість поверхонь деталей рухомих спряжень, геометричні розміри деталей [20, 17].

На швидкість зношування деталей ресурсовизначальних спряжень, а отже, і на безвідмовність і довговічність двигунів, впливає одночасний вплив великої кількості технологічних факторів. Так, швидкість збільшення зазору гільза – поршень залежить від величин шорсткості і твердості дзеркала гільзи, величини вихідного зазору, овальності, конусності гільзи циліндра, пружності поршневих кілець, неперпендикулярності осі розточувань блок-картера під вкладиш колінчастого вала і осі розточувань блок-картера під бурти гільзи, зазору в спряженні шатунна шийка колінчастого вала – вкладиш, вигину шатуна і т.д.

На швидкість зношування шатунних шийок колінчастого вала і шатунних вкладишів впливають зміни твердості і шорсткості поверхні шатунної шийки, вигину шатуна, зазору в спряженні шатунна шийка – вкладиш, нециліндричності шатунної шийки, неперпендикулярності осей розточування блок-картера під корінні вкладиші і бурти гільзи і т.д.

Деталі спряження корінна шийка колінчастого вала – вкладиш зношуються з різною інтенсивністю в залежності від твердості, шорсткості корінних шийок колінчастого вала, величини зазору в цьому спряженні, нециліндричності корінної шийки, неспіввісності корінних шийок колінчастого вала, не співвісності розточувань блоку під корінні вкладиші і таке інше.

Таким чином, численними дослідженнями встановлено, що швидкість зношування деталей ресурсовизначальних спряжень 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 спряженнях деталей після капітального ремонту двигунів необхідно знайти або розробити методи, або нові технології, що істотно знижують знос деталей. Це завдання імовірно

можна вирішити шляхом застосування триботехнічних складів. З великої кількості марок трибоскладів необхідно обґрунтувати і вибрати раціональні, що забезпечують підвищення довговічності і безвідмовності дизелів.

1.3. Аналіз досліджень щодо підвищення надійності двигунів після ремонту

Обкатка двигунів тракторів має важливе значення. Вона в значній мірі визначає ресурс машин. Підготовка робочих поверхонь деталей механізмів до сприйняття експлуатаційних навантажень ділиться на два етапи:

- технологічна обкатка на ремонтних підприємствах;
- експлуатаційна обкатка машини.

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

Згідно з вимогами нормативної технологічної документації, тривалість технологічної обкатки дизелів становить 4 ... 10 годин. Режими цієї обкатки двигунів досить глибоко вивчені і обґрунтовані, проте не дивлячись, здавалося б, на невелику тривалість технологічної обкатки, проблемі скорочення цього періоду присвячена велика кількість робіт.

Для прискорення припрацювання деталей дизелів використовують обкатну оливу ОМП-2, а також присадки до моторних мастил, наприклад АЛП-2, АЛП-3 та інші. Ці присадки підвищують протизадирні і протизносні властивості оливи і рекомендуються до застосування при стендовій технологічній післяремонтній обкатці на ремонтних підприємствах.

Не менш важливе значення має другий етап обкатки, а саме експлуатаційна обкатка, яка за тривалістю проведення для дизелів більш ніж в 10 разів перевищує стендову обкатку і становить 40 ... 60 год., а для двигунів ЯМЗ-238НБ і ЯМЗ-240Б вона дорівнює 100 ... 120 год. [23].

Крім того, особливо в період напружених польових робіт, не представляється можливим 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, а й у виключенні при цьому утворення задири і заїдань в ресурсних спряженнях. Це завдання може бути успішно вирішена застосуванням триботехнічних препаратів добавок в моторну оливу.

Необхідно відзначити, що всі 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 метод вибору раціонального трибоматеріалу.

1.4 Причини утворення задири в спряженнях в процесі експлуатаційної обкатки двигунів після ремонту

Задири в ресурсних спряженнях відремонтованих дизелів можуть бути утворені через дефекти деталей, невідповідностей при складанні механізмів, недотримання режимів при обкатці і при експлуатації.

Також на заводах має місце велика кількість дефектів, які можуть викликати задири і відмови ДВЗ:

- при складанні та затягуванні деталей до 20%;
- спотворення геометричних розмірів до 30 ... 40%;
- при термообробці до 16%;
- інші порушення виробничих процесів до 22%.

Всі ці виробничі дефекти поглиблюються і примножуються при ремонті двигунів.

Розглянемо причини утворення задирів і зниження довговічності ресурсних сполучень ДВС при експлуатації:

- спотворення геометричної форми дзеркала циліндрів в результаті недостатнього або різкого охолодження двигуна; підвищена температура випускних газів через погану роботу паливної апаратури;

- перегрів поршня, закоксовування кілець, втрата пружності кілець;
- тривале перевантаження ДВЗ;
- незадовільна якість моторної оливи;
- абразивне зношування і задири від впливу продуктів зносу.

При ремонті дизелів основними причинами є [14, 15, 17, 22]:

- спотворення геометричних розмірів і форми корпусних деталей;
- невідповідність допустимих значень перекосів осей при складанні ДВЗ;
- незадовільне прирацювання;
- застосування неякісних запасних частин;
- застаріле технологічне обладнання або його відсутність.

Тому для запобігання утворенню задирів і уповільнення швидкості зростання зазорів в ресурсних спряженнях деталей після капітального ремонту двигунів необхідно провести пошук нових технологій, що істотно знижують знос деталей [1, 22].

В результаті аналізу встановлено, що істотно скоротити період обкатки, знизити кількість відмов через задири і підвищити довговічність дизелів після ремонту імовірно можна, застосовуючи раціональні трибосклади в якості добавки до мастильних матеріалів, як в період експлуатаційної обкатки, так і в період штатної експлуатації трактора [1].

Висновки і завдання досліджень

На підставі аналізу стану питання по темі можна сформулювати мету дослідження: розробка та дослідження технологічних рекомендацій щодо підвищення післяремонтної довговічності і безвідмовності автотракторних двигунів застосуванням трибопрепаратів в складі моторної оливи.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання дослідження:

1. Обґрунтувати і розробити метод діагностики і вибору раціонального трибоматеріалу в складі моторної оливи, що виключає відмови через утворення задирів та істотно збільшує міжремонтний ресурс.

2. Виконати порівняльні триботехнічні лабораторні дослідження трибоматеріалів.

3. Дати економічну оцінку результатів дослідження.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика вибору трибопрепарату для прискорення післяремонтної експлуатаційної обкатки двигунів

Основною метою розробки методик дослідження є обґрунтування і вибір раціональних трибоматеріалів для експлуатаційної обкатки і підвищення післяремонтної безвідмовності двигунів особливо в початковий період експлуатації тракторів.

Завдяки унікальним властивостям трибоматеріалів і їх різного впливу на робочі поверхні трибоспряжень, з точки зору методології вибору і їх застосування, умовно встановлені три періоди штатної експлуатації тракторів. У кожному періоді експлуатації машини повинні застосовуватися саме ті класи і марки трибоматеріалів, які за своїми специфічними властивостями найбільш повно задовольняють вимогам мінливих обставин роботи ресурсних спряжень.

Запропоновані умовно встановлені три періоди післяремонтної штатної експлуатації машин відрізняються величиною зносу ресурсних спряжень нижче наведеними значеннями [3]:

- період експлуатаційної обкатки;
- початковий післяремонтний період рядової експлуатації машин до досягнення 40 ... 60% зносу ресурсних спряжень механізмів (витрачання ресурсу), що встановлюється за результатами діагностування;
- наступний період рядової експлуатації тракторів після досягнення 40 ... 60% зносу або 400 ... 600 мото-год. напрацювання.

Для обкатки відремонтованих двигунів і агрегатів доцільно застосовувати мастильні матеріали, що містять трибоматеріали, що володіють протизадирними властивостями і забезпечують найменший

коефіцієнт тертя в механізмах з метою виключення в трибоспряженнях задирів і заїдань, особливо в ресурсних спряженнях, а також з метою скорочення часу обкатки агрегату і економії палива.

Вищевикладені основні положення дозволили досліджувати найбільш поширені на ринку трибоматеріали РВС, Супротек, Форсан, РЕАГЕНТ-2000, ФОРУМ, WAGNER, ОМКА і інші. Зазначені трибоматеріали у вигляді поставки представлені на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Трибоматеріали для проведення лабораторних триботехнічних досліджень

Основним критерієм при виборі того чи іншого трибопрепарату для обкатки двигуна або агрегату трансмісії трактора є гарантоване виключення утворення задирів і заклинювання деталей в ресурсних спряженнях. У зв'язку з цим основними вимогами, які ставляться до випробувальних зразків і конструкції експериментальної установки є забезпечення максимально жорстких умов для утворення задирів, заїдання і заклинювання зразків при випробуванні мастильних матеріалів, що містять трибопрепарати. Цю вимогу

можна забезпечити шляхом максимальної локалізації навантаження в трибоспряженні зразків, що мають високу твердість [15].

Максимальна локалізація навантаження може бути реалізована завдяки застосуванню спеціальної схеми розташування зразків, представленої на рисунку 2.2.

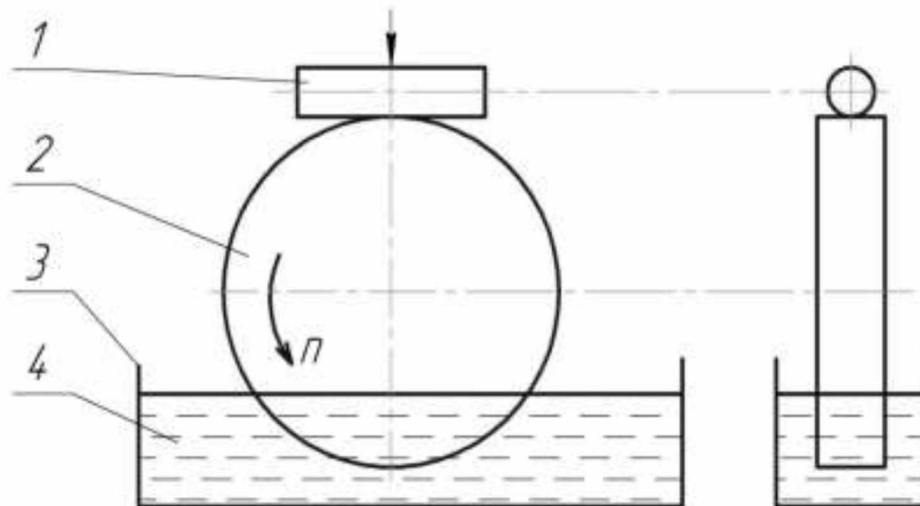


Рисунок 2.2 – Схема локалізації навантаження в трибоспряженні: 1 – зразок; 2 – контрзразок; 3 – ванна; 4 – олива, що містить трибоматеріал

В якості випробувального зразка використовується ролик підшипника кочення, а контрзразком є кільце підшипника. Максимальна локалізація навантаження в трибоспряженні вимагала і максимальної твердості зразків. Тому в якості зразків використані деталі підшипників кочення, виготовлені зі сталі ШХ15 і мають твердість не менше 72HRC.

Цілком очевидно, що якщо в процесі випробування трибоматеріалу в таких особливо жорстких умовах при максимальному навантаженні не відбудеться задир і заклинювання в трибоспряженні (рисунок 2.2), тобто зупинка електродвигуна приводу контрзразка, то це буде вказувати на те, що трибоматеріал, що міститься в оливі забезпечуватиме, по-перше, мінімальний коефіцієнт тертя в спряженні деталей і, по-друге, буде забезпечувати

мінімальний знос зразка-ролика. Саме за цими критеріями, як було зазначено вище, буде визначатися доцільність і ефективність застосування трибоматеріалу при обкатці двигунів [1].

Для випробування трибоматеріалів на задири розроблено пристрій представлений на рисунку 2.3.

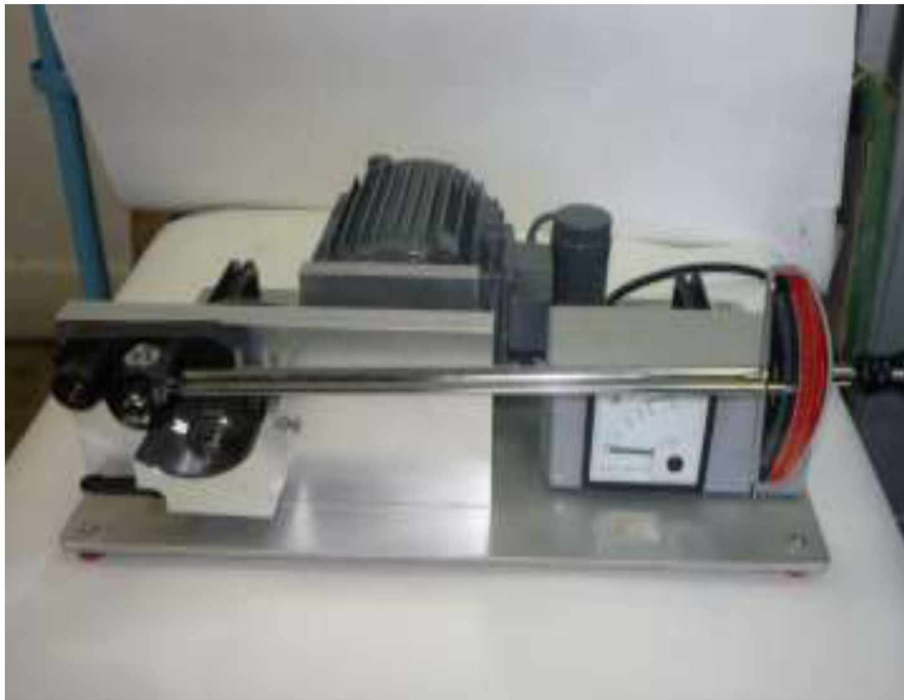


Рисунок 2.3 – Пристрій для випробувань трибоматеріалів

Методом порівняння триботехнічних показників тестованого складу оливи з різними добавками з базовою оливою роблять висновок про ефективність складів масляних сумішей. Триботехнічними показниками є величина навантаження до появи «задиру», час до зупинки двигуна, величина споживаного струму по амперметру, який побічно характеризує коефіцієнт тертя і величину зносу зразка за певний час [14].

Знос зразка оцінюється по зміні маси до і після тестування за встановлений певний час випробування і при однаковому навантаженні. Зважування зразків проводиться на електронних вагах.

2.2. Методика дослідження шорсткості поверхні

Як зразки використовувалися підшипникові кільця зі сталі ШХ15 твердістю 72HRC. Поверхні кілець попередньо були оброблені шліфуванням і мали різну величину шорсткості від $R_a = 0,0917 \dots 0,094$ мкм (клас шорсткості 10В) до $R_a = 1,2$ мкм (клас шорсткості 6В).

Фотографії кілець-зразків наведені на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Зразки кілець підшипників

В якості контрзразків були застосовані ролики підшипників.

Шорсткість поверхонь кілець до і після експериментів замірялась на профілометрі моделі 2005 з програмним забезпеченням по обробці профілограм.

2.3. Методика досліджень протизносних і антифрикційних властивостей

Метод вибору раціонального трибоматеріалу для початкового періоду експлуатації ДВЗ передбачає проведення експериментальних досліджень по виявленню трибоматеріалів, що забезпечують максимальні протизносні та

антифрикційні властивості в трибоспряженнях зразків. Наявність цих властивостей в масляній композиції дозволить не тільки підвищити безвідмовність ресурсних спряжень, а й економити паливо [1, 2].

Дослідження по вибору раціонального трибопрепарату для даного періоду експлуатації машин проводилися на машині тертя СМЦ-2. Дослідження проводилися за трьома схемами навантаження та тертя в трибоспряженнях зразків.

Машина тертя СМЦ-2 представлена на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Машина тертя СМЦ-2

За першою схемою для трибоспряжень були взяті виготовлені сталеві розжарені ролики зі сталі 40Х, діаметром 40 мм і шириною 10 мм. Твердість роликів не менше 55 HRC. Вихідна шорсткість поверхонь тертя $R_a = 0,16$. На рисунку 2.6 представлені зразки – ролики для машини тертя СМЦ-2 для визначення впливу олив, моторної і трансмісійної, що містять різні трибоматеріали, на величину зносу зразків.

Перша схема навантаження зразків представлена на рисунку 2.7. Величина зносу зразків визначалася зі зміни маси зразків на аналітичних вагах до і після дослідів за певний час.



Рисунок 2.6 – Зразки для дослідження впливу трибоматеріалів в складі оливи на величину зносу

Попередніми експериментами встановлено, що чим менший відносний знос зразків при терті в суміші оливи і трибопрепарату в порівнянні зі зносом тих же зразків при терті в чистій оливі, тим менше коефіцієнт тертя, який характеризує трибоматеріал, і тим більш ефективним є препарат.

Відомо, що самим низькоресурсним спрядненням в ДВЗ є з'єднання гільза – поршневе кільце. За літературними даними [19] ресурс кілець у нових дизелів дорівнює приблизно 800 мото-год. Далі автор вказує, що умови роботи поршневих кілець дуже важкі, температура першого кільця доходить до 200°C, до 75% з усіх втрат двигуна на тертя доводиться на спряження кілець з циліндром, до 50 ... 60% тепла відводиться в систему охолодження через спряження кілець з циліндрами, інше тепло відводиться оливою та іншими елементами.

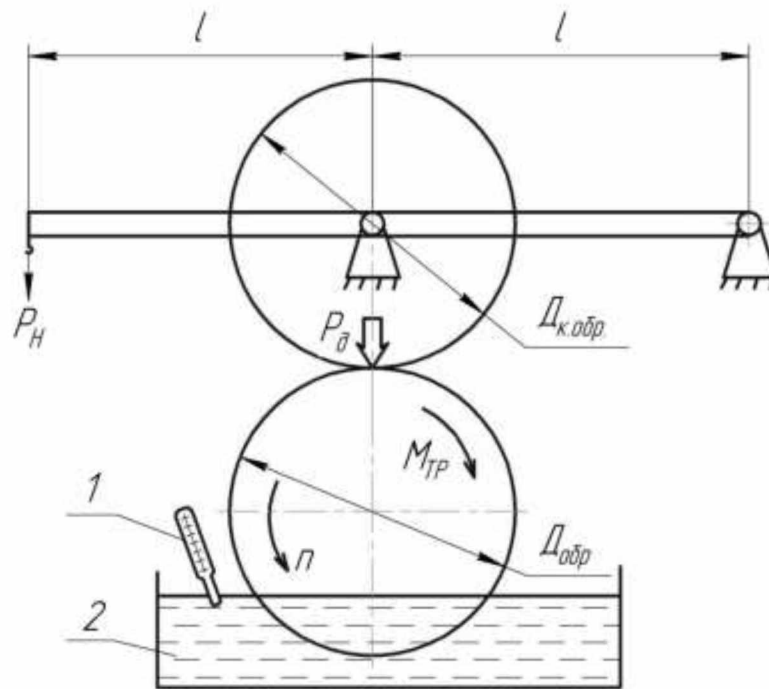


Рисунок 2.7 – Схема навантаження і мащення трибоспряжень на СМЦ-2 за визначенням величини зносу зразків в залежності від марки трибоматеріалу, що міститься в оливі: 1 – термометр Ш4500 з термопарою «Х-К»; 2 – ванночка з досліджуваною оливою, що містить трибоматеріал; P_H – сила навантаження, Н; P_d – зусилля тиску, Н; $D_{обр} = D_{к.обр.} = 40$ мм – діаметри роликів зразка і контрзразка

Тому, перш за все, необхідно виконати дослідження і обґрунтувати рекомендації щодо застосування конкретних марок трибоматеріалів для ресурсних спряжень деталей циліндро-поршневої групи.

Висновки

В даному розділі приведені методика вибору трибопрепарату для прискорення післяремонтного експлуатаційної обкатки двигунів; методика дослідження шорсткості поверхні; методика досліджень протизносних і антифрикційних властивостей, які будуть використані в подальших дослідженнях.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Теоретичні дослідження з вибору трибопрепаратів

На підставі аналізу літературних джерел [24, 25 та ін.], з урахуванням відомих класичних закономірностей зношування деталей, можна сформулювати теоретичні передумови про можливість скорочення періоду експлуатаційної обкатки і підвищення післяремонтної довговічності і безвідмовності ДВЗ. Пропонована схема передумов представлена на рисунку 3.1 [1, 3, 20].

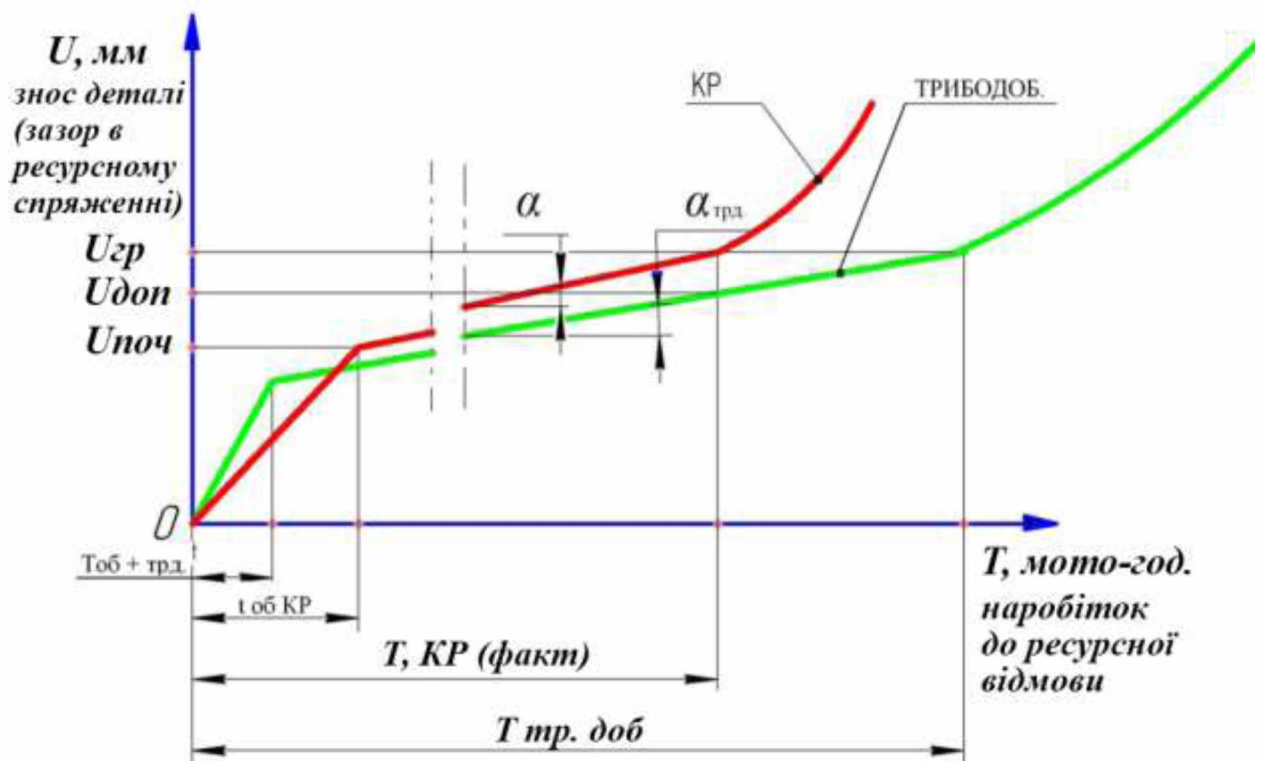


Рисунок 3.1 – Пропонована схема скорочення періоду обкатки і підвищення післяремонтної довговічності ДВЗ застосуванням трибоматеріалів: U – знос деталі, мм; T – напрацювання до відмови третьої

групи складності, мото-год.; $U_{поч}$ – початковий зазор ресурсного спряження; $U_{гр}$ – граничний зазор (знос); $U_{дон}$ – допустимий зазор (знос); $t_{обк.кр.}$ – час експлуатаційної обкатки двигуна після КР; $T_{об} + трд$ – час обкатки двигуна с застосуванням трибодобавки після КР; $T_{кр}$ – міжремонтний ресурс фактичний; $T_{тр. доб}$ – міжремонтний ресурс із застосуванням трибодобавки

З рисунку 3.1 випливає, що з огляду на технічний стан ДВЗ в різні періоди експлуатації, і застосовуючи відповідні трибоматеріали, можна істотно збільшити міжремонтний ресурс ДВЗ без розбирання.

Також слід, що завдяки використанню раціонального трибопрепарату в складі моторної оливи можна не тільки скоротити час експлуатаційної обкатки двигунів після капітального ремонту, а й істотно збільшити наробіток до ресурсної відмови третьої групи складності, а за рахунок скорочення механічних втрат і підвищення компресії в циліндрах двигуна може зменшитися питома витрата палива і збільшитися ефективна потужність двигуна.

Результати дослідження триботехнічних складів показали, що скоротити час обкатки двигуна після ремонту, підвищити довговічність і безвідмовність і знизити витрати палива в період штатної експлуатації можуть трибопрепарати третього класу – кондиціонери металу, що проявили найменший коефіцієнт тертя. Ці трибопрепарати імовірно можуть виключити задири в парі тертя деталей, як під час технологічної обкатки на ремонтному підприємстві, так і в період експлуатаційної обкатки. Ці трибопрепарати знижують тертя більш ніж в 10 разів [20, 3] в порівнянні з чистою моторною оливою.

Ревіталізанти-трибопрепарати 4-го класу – РВС, ХАДО, Супротек, Форсан та інші (за даними фірм-розробників) мають властивості відновлювати геометрію деталей в зоні зносу і компенсувати збільшені зазори в парі тертя в результаті зносу [10, 3]. Ці трибопрепарати можуть знижувати тертя в 3 ... 5 разів. Цей клас трибопрепаратів ймовірно доцільно

застосовувати в процесі штатної експлуатації машин в інтервалі допустимих зносів деталей і зазорів в ресурсних спряженнях.

Виключити появу задирів і схоплювання на робочих поверхнях деталей в трибоспряженнях при обкатці і штатній роботі механізмів ДВЗ можна як конструкторськими, так і технологічними способами при виготовленні нових або відновлених зношених деталей. Відомо, що шляхом компактування деталей з наноматеріалів [49] можна створювати практично вічні деталі з надвисокою міцністю, твердістю і довговічністю. Відомо і багато інших технологічних способів зміцнення деталей менш трудомістких, енергоємних і економічних. Однак, одним із найбільш прийнятних технологічних способів виключення або мінімізації утворення задирів, при обкатці механізмів після їх ремонту і в період експлуатації, є спосіб застосування трибопрепаратів в складі мастильних матеріалів. Цей спосіб, завдяки своїй простоті, є найбільш економічним і доступним.

Основним критерієм при виборі того чи іншого трибопрепарату як для технологічної приремонтної обкатки механізмів, так і при післяремонтної експлуатаційної обкатки двигуна є гарантоване виключення утворення задирів і мінімальна інтенсивність зношування деталей в ресурсних спряженнях в режимі штатної експлуатації [1].

Для обґрунтування можливості виключення явища задирів та істотного зниження зносу деталей в трибоспряженнях зробимо аналіз основних закономірностей теорії тертя, зношування і мащення, розробленої основоположником цієї теорії І.В. Крагельським [10, 11].

Залежності інтенсивності зношування (I) для різних умов по І.В. Крагельському наступні:

При пружному контакті:

$$I = C_1 \frac{(1 - \mu^2)}{E} g_a \left[\frac{kfg_c}{c_2 \sigma_0} \left(\frac{E}{(1 - \mu^2)g_c} \right)^{1-\beta} \right]^t. \quad (3.1)$$

При пластичному контакті:

$$I = \frac{1}{2\nu+1} \sqrt{\frac{\nu h_{\max}}{2 R b^{1/\nu}}} \left(\frac{P_a}{HB} \right)^\gamma \left[\frac{1}{\varepsilon_p} \sqrt{\frac{2 h_{\max}}{R b^{1/\nu}} \frac{1+Kf}{1-Kf}} \right]^t, \quad (3.2)$$

де $C_1, C_2, \beta, k, \gamma, K$ – емпіричні коефіцієнти;

g_a, g_c – нормальний і контурний тиск;

f – коефіцієнт тертя;

σ_0 – межа міцності на розтяг;

t – показник кривої втоми;

b, ν – константи мікрогеометрії поверхні;

h_{\max} – максимальна висота профілю поверхні;

R – радіус виступу впроваджуваного тіла;

P_a – діюче навантаження;

ε_p – руйнівне подовження;

НВ – твердість по Брінелю;

E – модуль пружності;

μ – коефіцієнт Пуассона.

З аналізу формул (3.1) і (3.2) випливає, що інтенсивність зносу залежить від геометричних характеристик (b, ν, h_{\max}, R), механічних властивостей ($\sigma_0, E, \mu, \text{НВ}$), коефіцієнта тертя (f), нормального і контурного тисків (g_a, g_c) і втомної характеристики (t).

Формули (3.1) та (3.2) містять двадцять змінних складових, які можуть впливати на інтенсивність зношування. У складі цих змінних характеристик найбільш значущі є навантаження і коефіцієнт тертя в парі тертя.

Як відомо, коефіцієнт тертя залежить від умов тертя в трибопарі, тобто від складу мастильної композиції.

Щоб відповісти на питання як впливає трибоматеріал на зниження інтенсивності зношування необхідно при проведенні триботехнічних досліджень в формулах (3.1) і (3.2) зробити незмінними всі складові характеристики, крім навантаження і коефіцієнта тертя. Крім того, на коефіцієнт тертя за даними [23] можуть впливати швидкість ковзання в парі тертя (V) і площа контакту (S) деталей. Щоб виключити вплив і цих параметрів, необхідно провести експерименти при постійній швидкості ковзання і точковому контакті деталей в парі тертя.

Точковий контакт і локалізація при цьому максимального питомого навантаження мають визначальне значення для встановлення можливості трибопрепарату протистояти утворенню задирів в парі тертя.

При використанні зразків (сталь ШХ15, твердість 72 HRC) основними складовими інтенсивності зносу за формулами (3.1) і (3.2) будуть навантаження і коефіцієнт тертя, який залежить від умов тертя, тобто від марки трибопрепарату в складі мастильного матеріалу. Інші складові в формулах (3.1) і (3.2) будуть незмінними.

Крім того, при дослідженні трибоматеріалів на задир швидкість обертання кільця підшипника (швидкість ковзання при терті – V) і початкова мінімальна площа контакту (S) зразків прийняті постійними. Тоді інтенсивність зношування, з урахуванням постійних емпіричних коефіцієнтів у формулах (3.1) і (3.2), можна представити у вигляді формули (3.3):

$$I = A \cdot P \cdot f, \quad (3.3)$$

де P – навантаження, Н;

f – коефіцієнт тертя;

A – постійний багатофакторний коефіцієнт для спеціально створеного пристрою, який відповідає тільки конкретній трибопарі деталей зі сталі ШХ15 і схемою навантаження на пристрої.

З формули (3.3) випливає:

- за мінімальним відносним коефіцієнтом тертя з декількох діагностованих трибопрепаратів в складі моторних олив в порівнянні з коефіцієнтом тертя чистої базової моторної оливи і величиною зносу зразків, при постійному навантаженні, достовірно можна вибрати раціональний трибопрепарат, який суттєво знизить інтенсивність зношування деталей і підвищить довговічність трибоспряжень;

- похідна Pf визначає силу тертя F_{mp} за відомою формулою коефіцієнта тертя: відомо, що сила тертя при задирі для конкретної трибопари зі сталі ШХ15 при випробуванні різних марок трибоматеріалів в складі моторної оливи, не змінюється і є постійною величиною $F_{mp} = Pf$.

Змінними при задирі є тільки навантаження і коефіцієнт тертя.

Ця константа трибопари пристрою названа характеристикою або параметром задиру трибопари зі сталі ШХ15. Цей параметр можна назвати метрологічним показником пристрою і конкретної трибопари.

Знаючи параметр задиру і граничне навантаження будь-якого об'єкта діагностованого трибоматеріалу, при якому відбувається задир в трибопарі пристрою, можна визначити коефіцієнт тертя для будь-якого складу масляної композиції, що складається з моторної оливи і трибоматеріалу. Задир в трибопарі пристрою гарантовано не станеться, якщо коефіцієнт тертя масляної композиції буде менш 0,05, а мінімальне навантаження при цьому повинно бути рівним не менше 160 ... 180 Н.

Графічно область ефективних марок трибоматеріалів, що виключають задир можна уявити на рисунку 3.2.

Далі з аналізу закономірностей тертя І.В. Крагельського слід, що зовнішнє тертя матиме місце, якщо:

$$\frac{h}{r} \leq \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2\tau}{\sigma_0} \right), \quad (3.4)$$

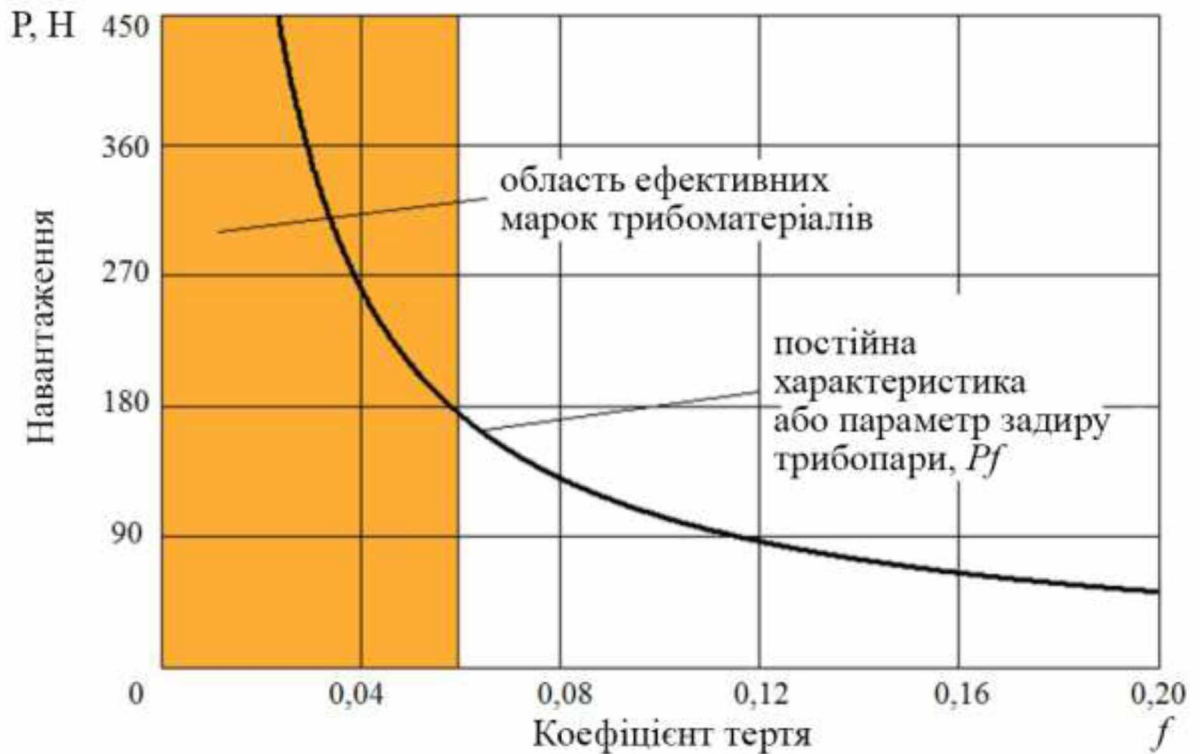


Рисунок 3.2 – Область ефективних марок трибоматеріалів

де τ – міцність на зріз адгезійного зв'язку містків схоплювання;

σ_0 – межа текучості деформованої поверхні;

h – глибина впровадження одиничної нерівності;

r – радіус заокруглення одиничної нерівності.

З формули випливає, що найкращою умовою тертя буде, якщо $\tau \rightarrow 0$, тобто нанесені різні антифрикційні плівки на поверхню деталей або модифікований шар, в результаті впливу трибопрепарату, повинні мати малий опір на зріз утворених містків зварювання.

Такі антифрикційні плівки або модифікований поверхневий шар, що виключають утворення задиру в ресурсних спраженнях, можуть створюватися на поверхнях деталей, що сполучаються в механізмах машин при наявності трибопрепаратів в суміші з мастильними матеріалами, як це зазначалося раніше.

У формулі наводяться параметри шорсткості поверхні (h і r), що визначають найкращі умови тертя в трибопарі, крім того формула (3.1) за

інтенсивністю зношування для різних умов містить емпіричні функціонали C_1 , C_2 і β , які також залежать від параметрів мікрогеометрії поверхні – ν і b , що характеризують криву опорою поверхні за формулами:

$$C_1 = 0,6 \frac{\sqrt{\nu}}{K_2 \nu (\nu^2 - 1)}; \quad (3.5)$$

$$C_2 = \left(\frac{R}{h_{\max}} \right)^{\frac{\nu}{2\nu+1}} \left(\frac{b}{2} \right)^{\frac{1}{2\nu+1}} \left(\frac{0,75\pi}{K_2 \nu (\nu - 1)} \right)^{\frac{2\nu}{2\nu+1}}; \quad (3.6)$$

$$\beta = \frac{1}{2\nu + 1}. \quad (3.7)$$

З аналізу наведених емпіричних залежностей випливає, що шорсткість поверхні може істотно впливати на процес утворення задирів в парах тертя і на інтенсивність зношування деталей. Однак деякі марки трибоматеріалів і результати попередніх дослідів показали, що на утворення задирів в парі тертя, шорсткість поверхні деталей в певних межах істотно не впливає. Цей висновок вимагає більш глибокого експериментального дослідження.

У зв'язку з цим для вибору раціонального трибопрепарату з наявних на ринку у великій кількості різних марок необхідно розробити прийнятний, доступний в умовах підприємств ефективний експрес-метод вибору трибопрепарату. Розроблений метод повинен відповідати вимогам, що пред'являються до експрес-аналізів, не вимагати високої кваліфікації виконавця, а апаратура повинна бути переносна, зручною в застосуванні і малогабаритною.

3.2. Дослідження трибоматеріалів на задир

Концентрація досліджуваних марок трибопрепаратів в моторній оливі була прийнята на підставі рекомендацій фірм розробників-постачальників цих препаратів.

Результати триботехнічних досліджень трибопрепаратів на задир зразків, проведених за запропонованою методикою на пристрої (рисунок 2.3), представлені в таблиці 3.1 і на рисунку 3.3.

Таблиця 3.1 – Результати триботехнічних випробувань трибоматеріалів

Марка трибоматеріалу	Показники*	
	Максимальне навантаження(по шкалі динамометричного ключа) в трибо-спряженні при якому відбувається заклинювання (задир) та зупинка електродвигуна	Відносний знос зразка в суміші моторної оливи та трибоматеріал у порівнянні зі зносом в чистій моторній оливі
Чиста моторна олива (M10Г ₂)	37	1,00
СУПРОТЕК люкс	45	0,95
ФОРУМ	45	0,87
АРВО	45	0,93
Беміт (2%)	53	0,78
РВД	55	0,76
ФОРСАН	55	0,65
РВС	57	0,72
РЕАГЕНТ-2000	58	0,70
СУПРОТЕК-універсальний	60	0,70
Беміт + Oil Package (Wagner)	90	0,16
Universal-Micro-Ceramic Oil (Wagner)	Вище 160 (задир відсутній)	0,09
Eco Universal Oil-Package (Wagner)	Вище 160 (задир відсутній)	0,04

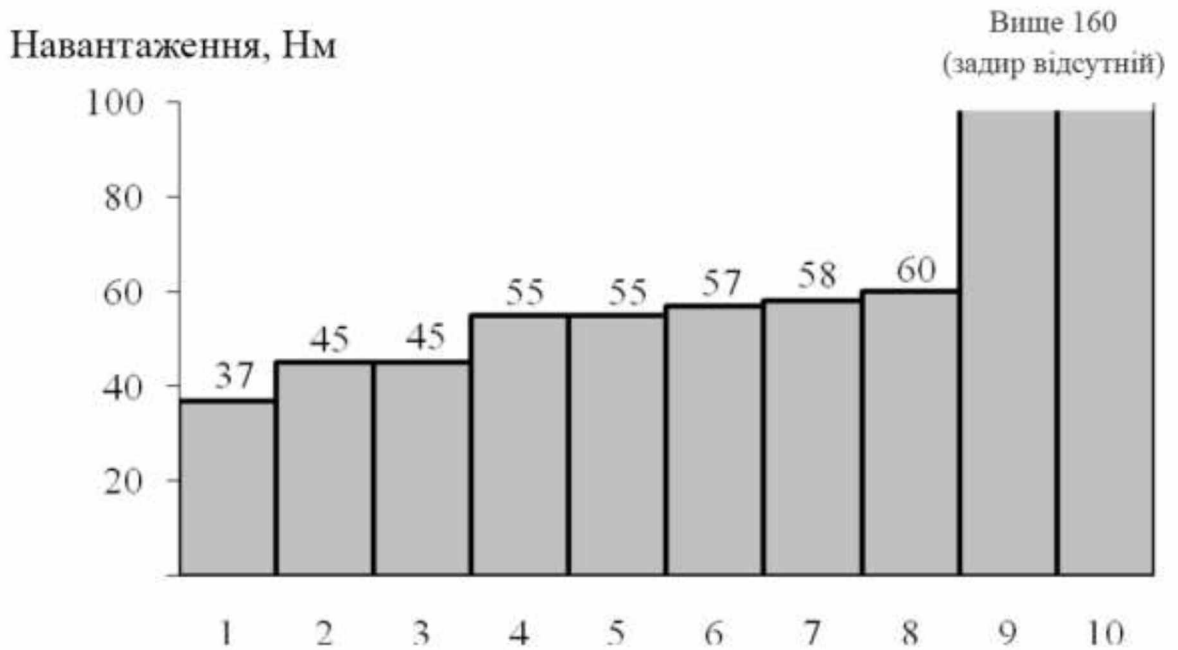


Рисунок 3.3 – Діаграма зміни максимального навантаження (Н·м) в трибоспряженнях, при якій відбувається задир (заклинювання) і зупинка електродвигуна: 1 – чиста моторна олива; 2 – Форум; 3 – Арво; 4 – РВД; 5 – Форсан універсальний; 6 – РВС; 7 – Реагент-2000; 8 – Супротек універсальний; 9 – Ceramic Wagner; 10 – Oil Package Wagner

З діаграми (рисунок 3.3) і таблиці 3.1 слід, що тільки два трибопрепарати з 10 можуть гарантовано виключати утворення задирів і заклинювання в трибоспряженнях зразків [11]. Це препарати фірми Wagner. Було встановлено, що ці ж препарати мають і унікальну зносостійкість. Виявилось, що величина зносу при терті зразків фірми Wagner на порядок нижча в порівнянні з іншими трибоматеріалами в складі моторної оливи (таблиця 3.1). Відносний коефіцієнт тертя, за показниками амперметра на пристрої, також в 5 ... 7 разів був нижче. Величина споживаного струму електродвигуном не перевищувала 0,5 А з препаратами Wagner. На всіх інших препаратах струм дорівнював 4 ... 5 А.

На рисунку 3.4 представлені зразки зі зносом в складі моторної оливи, що містить трибоматеріали фірм Wagner, Форсан і РВС.

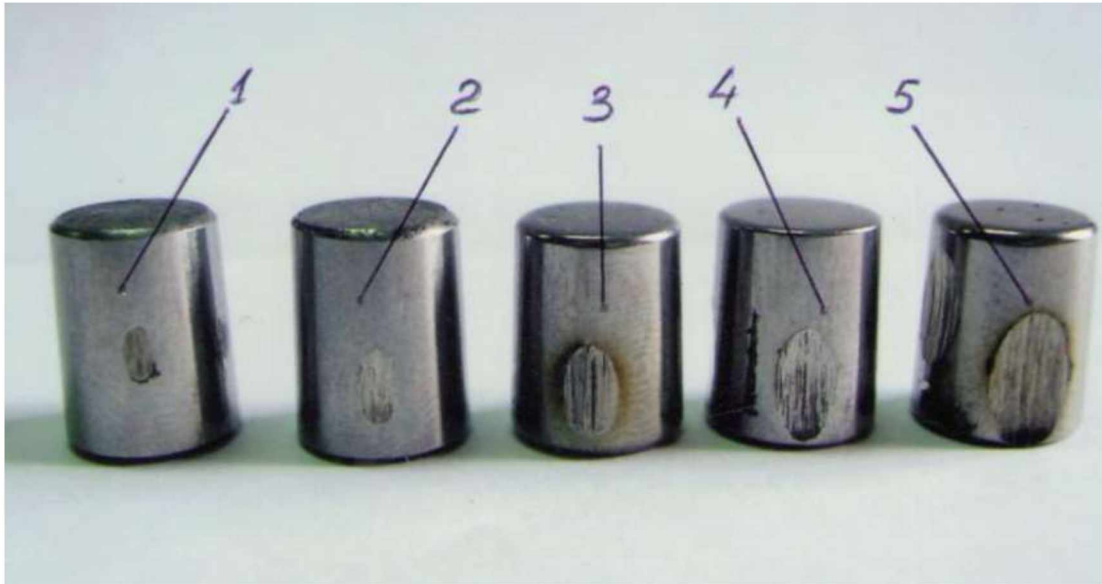


Рисунок 3.4 – Зразки зі зносом в складі моторної оливи, що містить трибоматеріали фірм Wagner, Форсан і PBC: 1 – Oil Package (Wagner); 2 – мікрокерамікою (Wagner); 3 – PBC; 4 – Форсан; 5 – чиста моторна олива

Інші трибоматеріали, Форсан і PBC мають трохи кращі триботехнічні показники в порівнянні з чистою моторною оливою. Очевидно, що ці препарати не повністю проявили свої властивості на пристрої, що забезпечує максимальну локалізацію навантаження і швидкоплинність процесу (менше 1 хвилини) до утворення задиру.

Причому, показники цих трибопрепаратів, як видно з рисунку 3.3, істотно не відрізняються один від одного. І це цілком зрозуміло, тому що механізми впливу цих препаратів на тертьові металеві поверхні деталей ймовірно зовсім інші і істотно відрізняються від препаратів Wagner. Відомо, що ця група препаратів розрахована на тривалий вплив на процеси модифікування поверхонь трибоспрязень деталей. Велика тривалість процесу підвищення зносостійкості деталей в контакті з ревіталізаторами пояснюється тривалим процесом утворення антифрикційного шару [19, 20].

На підставі отриманих результатів триботехнічних досліджень трибоматеріалів (таблиця 3.1 і рисунок 3.3) можна стверджувати, що тривалість експлуатаційної обкатки, як для дизелів після капітального ремонту, так і для нової сільгосптехніки, може бути скорочена не менше ніж на 70 ... 80%, тобто, для різних марок сільгосптехніки замість 30 ... 60 мото-год., роботи на знижених навантаженнях, швидкостях і потужності двигуна, вже через 10 ... 20 годин можна завантажувати двигун і всі інші агрегати машини на 100%, застосовуючи нову технологію обкатки і підвищення безвідмовності ресурсних спряжень двигуна [3, 20].

На практиці в умовах рядової експлуатації тракторів і комбайнів в сільгосп підприємствах нерідко порушуються рекомендації по режимах обкатки ДВЗ. В основному витримуються тільки вимоги інструкцій по заміні оливи і промиванні картерів.

У зв'язку з цим застосування трибоматеріалів Wagner особливо важливо для скорочення періоду обкатки ДВЗ і підвищення її якості після капітального ремонту в ремонтних підприємствах.

3.3. Дослідження впливу шорсткості поверхні

Параметри шорсткості поверхні деталей істотно впливають на інтенсивність зношування і на утворення задиру в трибоспряженнях.

У таблиці 3.2 наведені результати параметрів шорсткості поверхонь зразків, отриманих на профілографі, оснащеному комп'ютерним програмним забезпеченням.

З аналізу зміни значень параметрів шорсткості вихідної поверхні зразків після шліфування і експериментальної шорсткості поверхні зразків, отриманих в результаті тертя в трибоспряженні в моторній оливі, що містить трибодобавку Oil Package, слід, що по-перше, шорсткість вихідної поверхні обмеженою в межах від 6В класу шорсткості до 10В класу істотно не впливає на процес утворення задиру в трибоспряженні.

Таблиця 3.2 – Результати впливу вихідних параметрів шорсткості поверхні зразків на зміну показників шорсткості і утворення задиру при випробуванні трибоматеріалів

Найменування параметру шорсткості поверхні деталі	Значення параметрів шорсткості поверхні зразків			
	Вихідні – після шліфування		Після випробування на пристрої із застосуванням Oil Package	
	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №4
R_a , мкм	1,52	0,0917	0,056	0,0023
Клас шорсткості по ГОСТ 2789	6B	10B	11B	14B
R_z , мкм	10,2	1,08	0,181	0,00683
R_{max} , R_v , мкм	20,7	2,10	0,181	0,00426
R_p , мкм	11,8	1,28	0,090	0,0201
S_m , мкм	69,1	12,0	629	1260
R_v , R_m , мкм	8,82	0,815	0,090	0,0225
S , мкм	12,4	5,14	32,4	26,9
Δa , град.	6,52	2,43	0,033	0,00101
$\Delta \delta$, град.	8,45	3,21	0,037	0,00227
l_0 , мкм	1,01	1,00	1,00	1,00
R_d , мкм	2,36	0,146	0,063	0,00284
L_o , мкм	5450	4580	8750	8750
λ_a , мкм	87,2	13,6	610	826
λ_δ , мкм	67,8	10,3	547	368
Задир на поверхні зразків при навантаженні	Задир при навантаженні 35...40Н·м в чистій моторній оливі		Задир відсутній при навантаженні більше 160 Н·м в моторній оливі, що містить Oil Package	

Обмеження вихідної шорсткості в зазначених межах обґрунтовано тим, що реальні деталі ресурсних спряжень двигунів після шліфування і хонінгування робочих поверхонь мають параметри шорсткості в межах прийнятих значень. По-друге, всі вихідні параметри шорсткості, в результаті впливу трибопрепарату Oil Package на нерівності поверхні, істотно змінюються як за величиною в сторону зменшення, так і за характером профілю нерівностей. Клас шорсткості експериментальних поверхонь на всіх

зразках був отриманий не нижче 11В (таблиця 3.2) при критичних навантаженнях для трибоспрязень, що працюють в чистій моторній оливі.

З аналізу можна припустити, що в процесі тертя в робочому зазорі трибовузла під дією високої миттєвої температури і питомого тиску в точках контакту інтенсивно відбувається модифікування поверхні тертя і формування істотно відмінного нового профілю нерівностей, і заповнення значно менших заглиблень шорсткої поверхні наночастинками за рахунок молекулярної взаємодії і магнітних сил, що можливо суттєво збільшують фактичну площу контакту спряжених деталей.

Зниження шорсткості поверхні під впливом трибопрепаратів Wagner, зменшення коефіцієнта тертя більш ніж в 10 разів за рахунок створення кращих умов тертя в трибопарі і зниження інтенсивності зношування підтверджує висунуті теоретичні передумови про можливість виключення задирів в спряженнях і підвищення післяремонтної безвідмовності ДВЗ, а також обґрунтованість і достовірність методики дослідження щодо прискорення експлуатаційної післяремонтної обкатки двигунів тракторів.

3.4. Дослідження зносостійкості і коефіцієнта тертя трибоматеріалів в умовах тертя

Для вирішення поставленого завдання за розробленою методикою були проведені попередні триботехнічні дослідження на машині тертя СМЦ-2 за впливом трибоматеріалів в складі моторної оливи на величину зносу зразків.

При проведенні експериментів прийнята мінімальна, але достатня тривалість випробування зразків, що дорівнює 4 год.

Відносна швидкість ковзання поверхонь тертя, при частоті обертання ролика $n = 500$ об/хв. і діаметрі роликів $D = 40$ мм становить 1,04 м/с.

Для початкового післяремонтного періоду були обґрунтовано обрані найбільш ефективні і поширені препарати. Досліджувалися трибопрепарати:

PBC, Реагент-2000, Супротек, Форсан, мікрокераміка фірми Wagner і Oil-Package фірми Wagner.

Методикою передбачався наступний порядок досліджень:

- зусилля навантаження ступеневе: $P_n = 200 \dots 600$ Н, що забезпечує навантаження в зоні тертя $400 \dots 1200$ Н. Нормальний тиск $P_\delta = 400$ Н - припрацьовочні, нормальний тиск $P_\delta = 1200$ Н – контрольне. Час припрацювання пар – 20 хв.

- досліджується моторна олива без трибодобавок;

- досліджуються суміші олів з трибопрепаратами.

Концентрація препаратів готувалася відповідно до інструкцій організацій-виробників.

- при дослідженнях через кожні 30 хв. фіксувалася зміна температури.

- до і після закінчення дослідів проводилося зважування зразків на лабораторних електронних вагах Е-410.

Результати дослідження протизносних властивостей шести найменувань трибопрепаратів в порівнянні з чистою моторною оливою представлені на діаграмі (рисунок 3.5). На діаграмі показані усереднені значення зносів.

З рисунка 3.5 випливає, що всі препарати, призначені для збільшення ресурсу двигунів, на машині тертя проявили зниження зносу зразків у порівнянні з зносом тих же зразків на чистій моторній оливі, в 2 рази і більше, особливо препарати фірми Wagner.

Препарат Oil Package фірми Wagner зменшив сумарний знос зразків більш ніж в 6 разів. Хороший результат по зменшенню зносу показав препарат PBC - 31%, тобто знос зразків у порівнянні з зносом в чистій моторній оливі зменшився більш ніж в 3 рази.

Можна з упевненістю стверджувати, що всі препарати дають суттєвий позитивний ефект щодо зниження зносу зразків, а отже, і щодо уповільнення швидкості зношування деталей ресурсних спряжень.

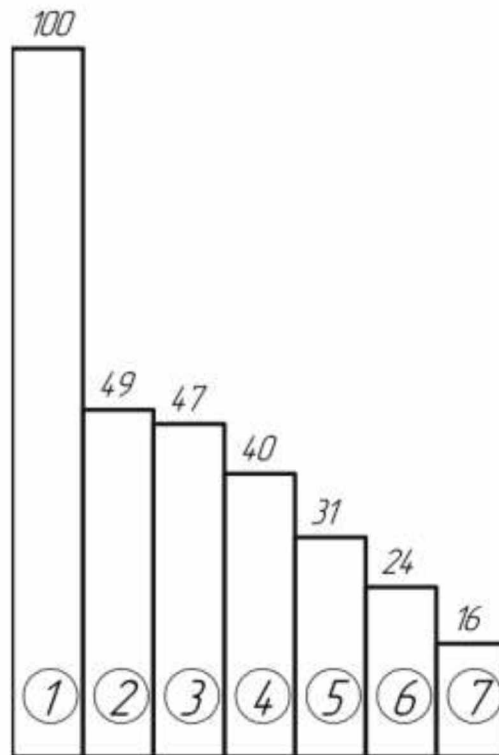


Рисунок 3.5 – Діаграма зміни сумарного зносу у відсотках зразка і контрзразка при терті в оливі з трибоматеріалами відносно зносу зразків в чистій моторній оливі, прийнятого за 100%: 1 - моторна олива - SAE 10W-40, APISG / CD; 2 - Реагент-2000; 3 - Супротек универс; 4 - Форсан; 5 - Мікро-Ceramic Wagner; 6 - PBC; 7 - Oil Package фірми Wagner

Отримані результати лабораторних досліджень щодо зменшення інтенсивності зношування сталевих загартованих зразків за допомогою трибопрепаратів є лише непрямим підтвердженням збільшення довговічності ресурсних спряжень. У реальних двигунах через істотні відмінності умов тертя показники зносу деталей можуть бути іншими.

Однак з досить великою ймовірністю можна стверджувати, що препарати фірми Wagner і PBC успішно можуть застосовуватися для підвищення довговічності не тільки для двигунів, які пройшли капітальний ремонт, але і для нових.

Висновки

1. 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 збільшена в два і більше разів за рахунок використання раціональних трибоматеріалів

2. Розроблено і обґрунтовано метод вибору раціональних трибоматеріалів для прискорення обкатки і підвищення довговічності і безвідмовності ДВЗ після ремонту.

3. В результаті триботехнічних досліджень трибоматеріалів в складі моторної оливи в умовах тертя наближених до умов тертя ресурсних спряжень двигуна встановлено, що трибоматеріали Oil Package і Micro-Ceramic Wagner в порівнянні з іншими трибоматеріалами істотно знижують коефіцієнт тертя і величину зносу зразків. Коефіцієнт тертя не перевищує 0,05. Час стабілізації коефіцієнта тертя не перевищує однієї години.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і тепlopостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;

- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколога-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;

- наукова обґрунтованість життя довкілля;
- державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво [31].

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [32]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

Висновки щодо підвищення стану охорони праці

У розділі охорони праці дипломного проекту представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що

виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Як показує практика впровадження трибопрепаратів і попередньо проведений аналіз різних джерел інформації [19, 20], передбачуваний економічний ефект від впровадження результатів дослідження у виробництво буде складатися з нижченаведених напрямків:

- економія ПММ за рахунок скорочення тривалості експлуатаційної обкатки з 120 ... 60 мото-год. до 20 ... 15 мото-год.;
- зростання продуктивності праці за рахунок 100% використання потужності ДВЗ вже через 15 ... 20 мото-год. замість 60 ... 120 мото-год. за існуючими нормативами обкатки;
- істотного скорочення кількості відмов ДВЗ в період обкатки за рахунок виключення задирів і заїдань в ресурсних спряженнях;
- зменшення витрат на усунення наслідків відмов в початковий і наступний періоди штатної експлуатації ДВЗ і придбання запасних частин, зменшення витрат на ремонтні роботи (безрозбірний сервіс) за рахунок підвищення довговічності і безвідмовності;
- економія ПММ за рахунок зниження механічних втрат в механізмах ДВЗ;

- зниження втрат і недобору сільгосппродукції за рахунок зниження простоїв сільськогосподарської техніки в період масових польових робіт і введення в експлуатацію відремонтованої техніки;

- для впровадження технології і підвищення довговічності ДВЗ не потрібно складного технологічного обладнання і фахівців високої кваліфікації;

- дана технологія забезпечує енерго- і ресурсозбереження та зростання продуктивності праці;

- скорочення витрат на утримання ремонтно-обслуговуючої бази.

Соціальний ефект полягає в підвищенні технічного рівня і культури технічного обслуговування техніки.

Очікуваний економічний ефект можна представити графічно (рисунок 4.3) у вигляді діаграми зміни витрат на ремонт тракторів за традиційною технологією на підприємстві та витрат на ремонт тих же тракторів при впровадженні рекомендацій щодо застосування трибопрепаратів в технічному сервісі.

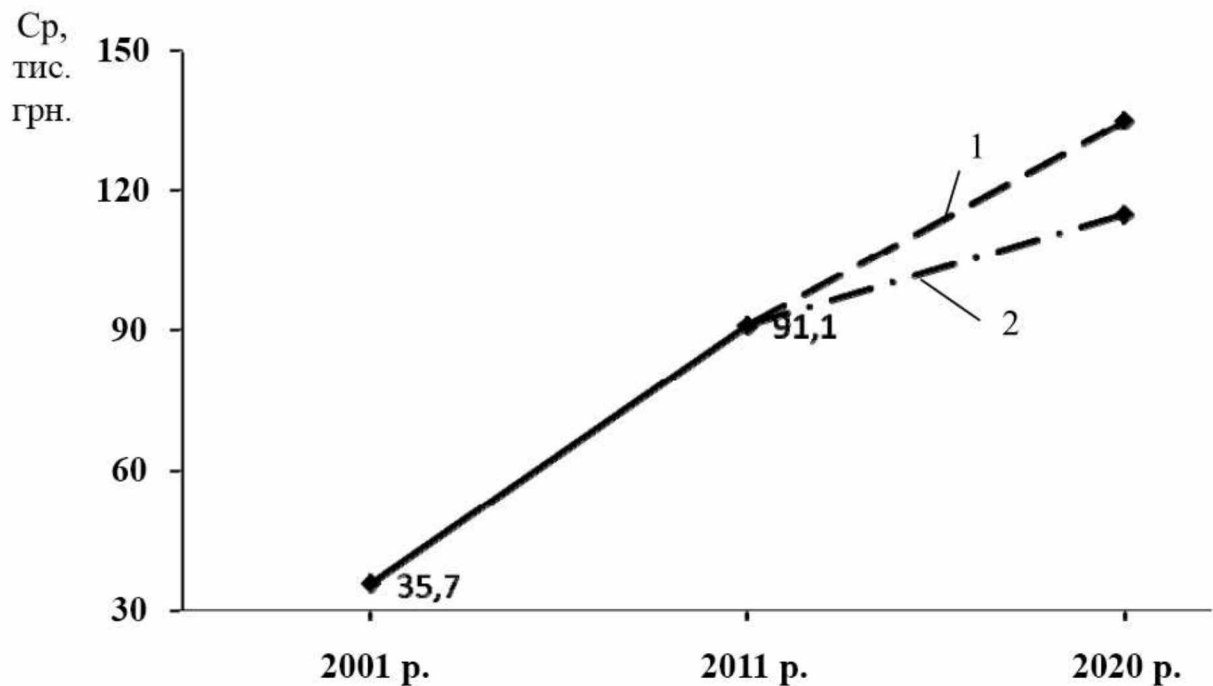


Рисунок 4.3 – Діаграма зміни витрат на один ремонт по тракторах: 1 – за традиційною технологією; 2 – очікувані витрати на один ремонт при впровадженні трибоматеріалів при обкатці і технічному сервісі тракторів

Нижче наведені розрахунки очікуваних економічних ефектів тільки за деякими з названих вище напрямків очікуваних економічних ефектів на прикладі трактора МТЗ.

Очікуваний економічний ефект за рахунок збільшення післяремонтного напрацювання до відмови третьої групи складності ДВЗ і скорочення витрат на ремонтні роботи розрахований за виразом [25]:

$$E_{y.p} = \left(\frac{C_i}{T_i} - \frac{C_{T.p.m}}{T_{T.p.m}} \right) T_{T.p.m}, \quad (4.1)$$

де $E_{y.p}$ – економічний ефект за рахунок збільшення напрацювання до відмови ДВЗ і економії витрат на ремонт;

C_i – витрати на ремонт трактора при використанні традиційної технології капітального ремонту ДВЗ (прийняті рівні 32 тис. грн.);

T_i – після ремонту напрацювання до першої ресурсної відмови ДВЗ відремонтованих в майстерні підприємства (прийнято середнє 750 мото-год. за даними [15]);

$C_{T.p.m}$ – витрати на безремонтне підвищення безвідмовності ДВЗ застосуванням трибоматеріала Wagner (орієнтовно не перевищують 10 тис. грн.)

$T_{T.p.m}$ – збільшене напрацювання до першої ресурсної відмови ДВЗ за рахунок застосування трибоматеріалів Wagner (за даними експлуатаційних випробувань не менш як 1500 мото-год.) [24].

$$E_{y.p.} = \frac{32000}{650} - \frac{10000}{1500} \cdot 1500 = 54000 \text{ грн.}$$

Економія дизельного палива за рахунок збільшення післяремонтного напрацювання до відмови ДВЗ.

Усереднене прийняте річне напрацювання трактора МТЗ-82 становить 900 мото-год.

Витрата палива складе:

$$900 \cdot 9,4 = 8460 \text{ л.}$$

Економія палива від застосування трибоматеріалу становить 5 ... 7% і більше.

Приймаємо мінімальну межу економії, що дорівнює 5%, тоді економія палива складе:

$$8460 \cdot 0,05 = 423 \text{ л.}$$

Загальний очікуваний економічний ефект від впровадження результатів дослідження в с/г підприємстві на один трактор МТЗ складе:

$$54000 + 10575 = 64575 \text{ грн.}$$

Таким чином, питомий річний економічний ефект від використання трибоматеріалів складе 64,5 тис. грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав, що до 40% відмов припадає на двигун. Причиною відмов є низька якість капітального ремонту ДВЗ.

2. Довговічність і безвідмовність відремонтованих автотракторних двигунів закладається в період обкатки і підтримується в умовах експлуатації. Для збільшення післяремонтного напрацювання до відмови третьої групи складності ДВЗ, необхідно підвищити якість ремонту і обкатки і знизити інтенсивність зношування ресурсних деталей за рахунок використання раціональних трибоматеріалів.

3. 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 збільшена в два і більше разів за рахунок використання раціональних трибоматеріалів

4. Розроблено та обґрунтовано метод вибору раціональних трибоматеріалів для прискорення обкатки і підвищення довговічності і безвідмовності ДВЗ після ремонту.

5. У результаті триботехнічних досліджень трибоматеріалів в складі моторної оливи в умовах тертя наближених до умов тертя ресурсних спряжень двигуна встановлено, що трибоматеріали Oil Package і Micro-Ceramic Wagner в порівнянні з іншими трибоматеріалами істотно знижують коефіцієнт тертя і величину зносу зразків. Коефіцієнт тертя не перевищує 0,05. Час стабілізації коефіцієнта тертя не перевищує 1 год.

6. Питомий річний економічний ефект від використання трибоматеріалів складе 64,5 тис. грн.