

Шифр «Сканер»

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОГО ТА ДОСТУПНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ  
ТРИБОТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ МОТОРНОЇ ОЛИВИ

## Зміст

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                    | 2  |
| 1.Аналіз технічного завдання.....             | 3  |
| 2.Розробка принципової електричної схеми..... | 8  |
| 3.Розробка конструкції приладу.....           | 11 |
| 4.Експериментальна частина.....               | 13 |
| 5.Висновки.....                               | 14 |
| 6.Література.....                             | 15 |

## Вступ

Технічна діагностика автомобілів – розділ експлуатаційної науки, в якому вивчаються, встановлюються і класифікуються відмови та несправності агрегатів, вузлів, і симптоми цих відмов та несправностей, а також розробляються методи і засоби для їх виявлення з метою визначення необхідних профілактичних і ремонтних дій на об'єкт для підтримки високого рівня його надійності і прогнозування ресурсу його справної роботи. Діагностування дає змогу:

- оцінити технічний стан (справність та роботоздатність) автомобіля в цілому й окремих його агрегатів і вузлів без розбирання; – виявити дефекти, які порушили справність і (або) роботоздатність автомобіля;
- прогнозувати залишковий ресурс або ймовірність безвідмовної роботи автомобіля у міжконтрольний період.

Технічна діагностика на автомобільному транспорті забезпечує підвищення надійності автотранспортних засобів. Основне завдання діагностування – розпізнати технічний стан в умовах невизначеності з мінімальними матеріальними і енергетичними затратами.

Сучасні засоби та методи діагностування автомобілів, деталей, вузлів і агрегатів автомобілів, а також принципи роботи і особливості використання діагностичних приладів дають можливість в певних конкретних ситуаціях мінімізувати всі процеси які характеризують експлуатацію автомобіля.

При сучасному рівні складності автотранспортної техніки технічне діагностування стає обов'язковим для фахівців у галузі розробки й експлуатації автомобілів. Застосування методів і засобів технічного діагностування є ефективним способом забезпечення високої надійності транспортних засобів, дозволяє скоротити терміни та трудомісткість технічного обслуговування і ремонту.

Розробка ефективних засобів та методів діагностики дозволяє значно спростити завдання які виникають перед персоналом на етапах розробки, експлуатації, та ремонту техніки

### **1.Аналіз технічного завдання.**

В країнах з розвиненим машинобудуванням аналіз мастильної оливи є основним методом діагностики технічного стану машинного обладнання, такого як насоси, компресори, двигуни внутрішнього згоряння, редуктори, трансформатори та ін. В нашій країні цей метод технічної діагностики не має значущої історії. В провідних країнах з розвинутою сферою машинобудування дана галузь науки давно вивчається, що дає змогу донести всі значимі переваги таких методів до всіх галузей промислового виробництва. У всьому світі трибодіагностика пар тертя випереджає по ефективності застосування вібродіагностику і термографію. Серед усіх напрямів технічної діагностики такий метод вважається достатньо ефективним, оскільки згідно з наявними даними, ті чи інші дефекти динамічного обладнання, які виявляються при аналізі оливи, підтверджуються в 95% випадків при розборці агрегату. Таким чином, аналіз оливи дозволяє отримати достовірну інформацію про технічний стан підшипників, ущільнень, стану оливи, ефективності роботи присадок, наявності феромагнітних (металевих) і неферомагнітних включень, обводнення, параметрів в'язкості та якості оливи.

Крім того, діагностика оливи, працюючої в механізмі, характеризується наступними перевагами:

1. не потрібно припиняти експлуатацію машини;
2. не потрібне розбирання;
3. виявлення несправностей енергомеханічного обладнання на самій ранній стадії виникнення;
4. можливість заміни оливи за її фактичною працездатністю, а не по пробігу;
5. невисока трудомісткість проведення діагностики та аналізу.

Слід зазначити, що стан і робочий ресурс самого обладнання більш ніж на 60-70% залежить від стану оливи, яка в ході експлуатації піддається різним впливам:

1. термічним;
2. навколишньої атмосфери;
3. хімічним взаємодіям з різними матеріалами;
4. впливам електричного поля (для трансформаторних та ізоляційних масел) та ін. в результаті чого олива старіє, що призводить до погіршення її експлуатаційних властивостей.

Олива, яка раніше часу втратила свої захисні властивості, здатна в кілька разів збільшити швидкість зносу двигуна і привести, як наслідок, до поломки. Щоб вчасно виявити зміни якості оливи та можливі забруднення, необхідно проводити систематичний контроль оливи.

Тому так гостро стоїть питання про те, як перевірити оливу яка використовується в обладнанні. Дане питання може бути розділене на дві категорії, які можуть вирішуватися по-різному. Перша категорія – як перевірити оливу, яка тільки заливається? А друга – як перевірити оливу, яка вже використовується в машині?

Для вирішення першого питання треба виходити з нормативних вимог ДСТУ на кожен тип олив, де прописані необхідні для нього характеристики та методи їх визначення. Методи контролю вихідної оливи, як правило, регламентовані стандартами, які існують для визначення кожного окремого показника якості оливи (в'язкості, температури спалаху, запалення, загального лужного числа та ін).

Для того щоб розібратися з питанням про те, як перевірити оливу, яка відпрацювала певний час у машині, можна також використовувати параметри, вказані у відповідних ДСТУ і слідкувати за їх зміною. При цьому, аналіз необхідно виконувати традиційними методами або можна використовувати більш сучасні методи трибодіагностики (діагностика пар тертя).

Трибодіагностика – це перспективний превентивний метод оцінки стану машинного обладнання, що дає достовірні дані про його робочий стан і ступень зносу. Однак на сьогоднішній день даний метод не отримав широкого поширення в вітчизняній промисловості. Трибодіагностика в якості повсякденної практики наразі використовується тільки для обслуговування газотурбінних двигунів.

Трибодіагностика стосовно до машинного устаткування є оцінкою його технічного стану за складом і концентрації продуктів зносу в оливі з допомогою спеціальних приладів та обладнання (аналізаторів масла, атомно-емісійних та ІЧ-спектрометрів, ренгено-флюорисцентних аналізаторів тощо). Аналіз проб олив на даному обладнанні дозволяє визначити концентрацію в ньому того чи іншого елемента, з якого зроблені деталі механізму, що піддаються тертю. Знаючи цю величину, визначають середній знос відповідної деталі і роблять висновок про необхідність проведення ремонтних робіт.

Так феррографія дозволяє діагностувати вид зносу та інтенсивність тертя за формою, розподілу розмірів частинок, стану їх поверхні і матеріалами, з яких вони складаються. Даний метод може застосовуватися не тільки при дослідженні магнітних металевих частинок, але також і немагнітних матеріалів, таких як графіт, бронза, алюміній, латунь та ін. Ведучі світові компанії пропонують мінілабораторії для аналізу олив і мастил, які дозволяють проводити діагностику використовуваної оливи, використовуючи феррографічний аналіз і дані про кількість і розміри частинок, визначених за ISO 4406 (або NAS 1638) за допомогою вбудованого лазерного лічильника часток. Ці дані в сукупності дозволяють визначити вид зносу, місце можливої відмови і ступінь небезпеки дефекту. Наприклад, при утворенні на поверхнях, що труться втомних мікротріщин в маслі з'являються сферичні частинки, а при втомному викрашування - пухкі частинки. При коррозійному процесі в пробах олив будуть визначатися частки розміром до 2 мкм.

Особливо ефективні результати діагностування олив, які працювали у двигунах вантажівок і дорожньо-будівельної техніки, де при розбиранні та

ремонті передбачувані несправності підтверджуються в 95% випадків. Регулярне діагностування двигунів на основі аналізу оливи дозволяє скоротити експлуатаційні витрати в середньому на 25%.

У порівнянні з іншими методами діагностики аналіз працюючої в двигуні оливи має ряд істотних переваг:

- не потрібно виводити машини з роботи;
- діагностику виконують без розбирання та візуального огляду;
- несправності двигуна виявляються на самій ранній стадії виникнення;
- не потрібна доставка діагностичної апаратури до місць експлуатації техніки або перегін техніки на пости діагностування;
- аналіз дає можливість замінювати оливу при дійсній втраті нею працездатності, а не після закінчення заданої кількості мотогодин;
- аналіз дозволяє отримати великий обсяг інформації;
- трудомісткість виконання аналізу невелика.

Для отримання надійної інформації з аналізами оливи необхідно виконати ряд умов:

- двигун протягом усього часу спостереження за технічним станом повинен працювати на моторній оливі однієї марки;
- проби оливи слід завжди відбирати з прогрітого двигуна, і до того, як буде долита свіжа олива;
- дотримуватись мотогодин або кілометрів до заміни оливи, зазначеного в техдокументації;
- обставини, які можуть вплинути на склад та властивості оливи: вимушене доливання оливи іншої марки, різка зміна умов експлуатації і т. п.

Аналіз чотирьох (або більше) проб дає можливість встановити динаміку зміни складу і показників працездатності оливи в залежності від часу роботи. Якщо зміни відбуваються закономірно, двигун справний, якщо виявлено аномальна зміна одного або декількох взаємозалежних показників – це сигнал тривоги.

Методи інфрачервоного, спектрального і фєрографічного аналізу відносяться до методів лабораторної трибодіагностики. Вони дозволяють діагностувати несправності вузлів тертя.

Систематичний аналіз проб олив дає можливість точно визначати час заміни, запобігаючи занадто раннє або пізнє проведення обслуговування, а також підвищити надійність і безпеку експлуатації двигуна.

Діагностування двигунів по аналізах олив отримує все більше поширення, зокрема тому, що деякі виробники моторних масел безкоштовно виконують аналіз масел для постійних покупців їх продукції.

Крім аналізу, який проводять в спеціалізованих лабораторіях, застосовують і експрес-аналіз, що виконується водіями та іншими працівниками автотранспортних підприємств. Для проведення експрес-аналізу у продажу є спеціальні комплекти найпростіших приладів і реагенти. Один з елементів експрес-аналізу – так звана «краплинна проба». Крапля оливи, нанесена на фільтрувальний папір, дає інформацію про диспергуючі властивості оливи

(здатності змивати і забирати забруднюючі речовини), ступеня його забруднення та окислення, наявності в ньому води. Експрес-аналіз можна виконувати набагато частіше та своєчасно виявляти значні несправності. Поєднання детальних лабораторних аналізів з експрес-аналізом дає найкращий результат при експлуатації.

Проведений аналіз сучасних методів діагностики олив показує відсутність на ринку обладнання, принцип роботи якого базувався б на виявленні в оливі частинок (подуктів зносу механізмів) які можуть взаємодіяти з електромагнітним полем давача аналізатора оливи. Розробка такого приладу дозволила б більш широко використовувати метод аналізу оливи для діагностики технічного стану механізму та знизити собівартість обладнання для його проведення з одночасним спрощенням самої процедури аналізу.

При певній схемній та конструктивній реалізації даного принципу, система може бути інтегрована безпосередньо у вузол чи механізм, що дасть змогу в динаміці відслідковувати процеси зносу пар тертя.

## 2.Розробка принципової електричної схеми.

Давач аналізатора складається з генераторної та приймальної котушок, розташованих та жорстко закріплених одна відносно іншої в збалансованому положенні. Така система є рознесеним в просторі трансформатором, осердям якого слугує дослідний взірець оливи. Наявність у взірці металічних включень призводить до розбалансування системи обмоток та виникнення на приймальній (вторинній ) котушці сигналу, який буде пропорційний концентрації металічних включень в дослідному зразку.

Генераторна частина приладу Рис 2.1. побудована на основі мультивібратора, зібраного на елементах І-НЕ серії К561 ЛА7, стабілізація частоти якого здійснюється кварцевим резонатором Y1 та підсилювального каскаду на комплементарній парі транзисторів Q3,Q4 навантаженням якого слугує генераторна котушка ТХ. Трігери U4A, U4B забезпечують необхідний для роботи схеми зсув фаз  $\pm 90^\circ$ .

Вторинна обмотка трансформатора-давача підключена до чотирьох - каскадного фільтра-підсилювача U1A, U1B, U2A,U2 з відповідною «обв'язкою» каскадів. Елемент мультиплексора U3A забезпечує синфазність роботи генераторної та приймальної частини схеми. Індикаторна частина приладу виконана на вимірювальній головці з середньою точкою РА1.

Живлення приладу здійснюється двополярною напругою  $\pm 6\text{В}$  та реалізовано на операційному підсилювачі U6A та подільнику напруги R20, R22.

Каскад виконаний на операційному підсилювачі U6B призначений для звукової сигналізації надкритичних значень концентрації металічних включень в оливі ( в експериментальній реалізації приладу не задіяний).

Фазозсуваючі елементи схеми дозволяють також ідентифікувати по відхиленню стрілки вимірювальної головки вліво чи вправо наявність чорних та кольорових включень металів в дослідній пробі.

Загальне живлення приладу може здійснюватись будь яким стабілізованим джерелом живлення 12В, або гальванічними елементами.



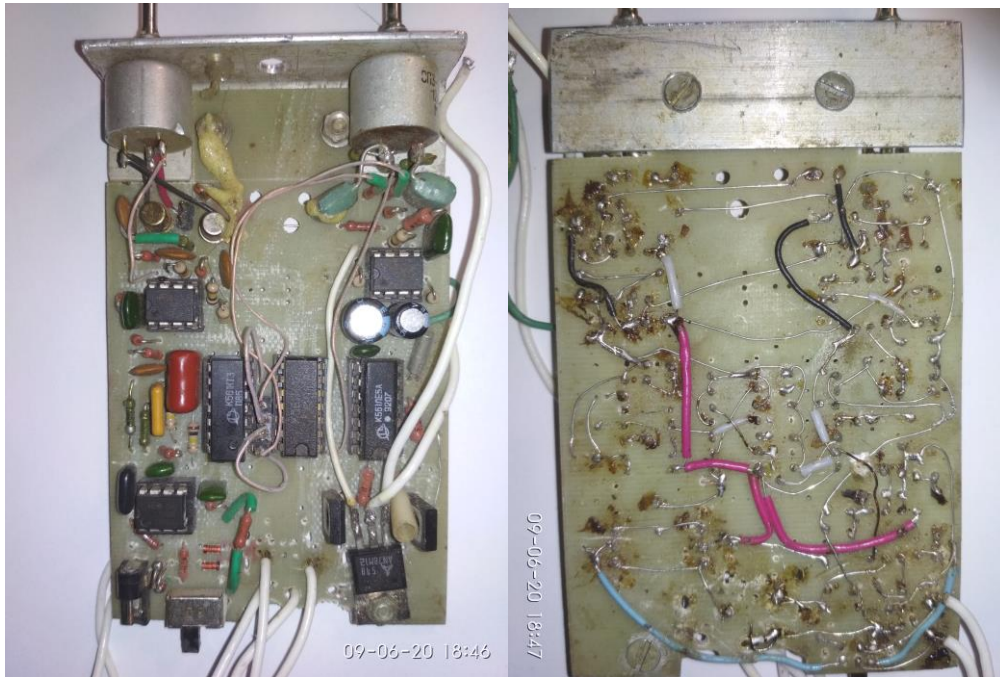


Рис.2.2.Розміщення елементів на платі та їхній монтаж.

### 3.Розробка конструкції приладу.

Оскільки розроблювальний прилад планується використовувати в різних галузях технічної діяльності, пов'язаною триботехнікою, його конструкція повинна забезпечувати головні енергономічні та експлуатаційні показники і бути функціонально завершеним.

Так як принцип роботи приладу базується на зміні індуктивності в обмотках рознесеного в просторі трансформатора –давача, при наявності в досліджуваній пробі оливи слідів металу, то цей аргумент є вирішальним при конструктивному оформленні даного пристрою.

Вимірювальний блок та індуктивний давач повинні бути рознесені та виконані в вигляді окремих елементів, що дасть змогу мінімізувати електромагнітний вплив на давач сторонніх металічних предметів. На решта вимог що до оформлення приладу можуть братися до уваги лише енергономічні та естетичні показники.

Конструктивно прилад оформлений у вигляді трьох функціонально завершених блоків, з'єднаних між собою відповідними провідниками та кабелями рис.3.1.

Давач являє собою несучу пластину з текстоліту, товщиною 2мм та діаметром 25см, на якій жорстко закріплені обмотки рознесеного в просторі трансформатора. Обмотки геометрично виконані таким чином, що при відсутності сторонніх металічних включень, які є «осердям трансформатора», та при проходженні в первинній обмотці синусоїдального струму, у вторинній обмотці результуюча ЕРС взаємодуції буде рівна нулю.

Обмотки закріплюються до несучої пластини бандажними нитками та просочуються компаундом на основі епоксидної смоли.

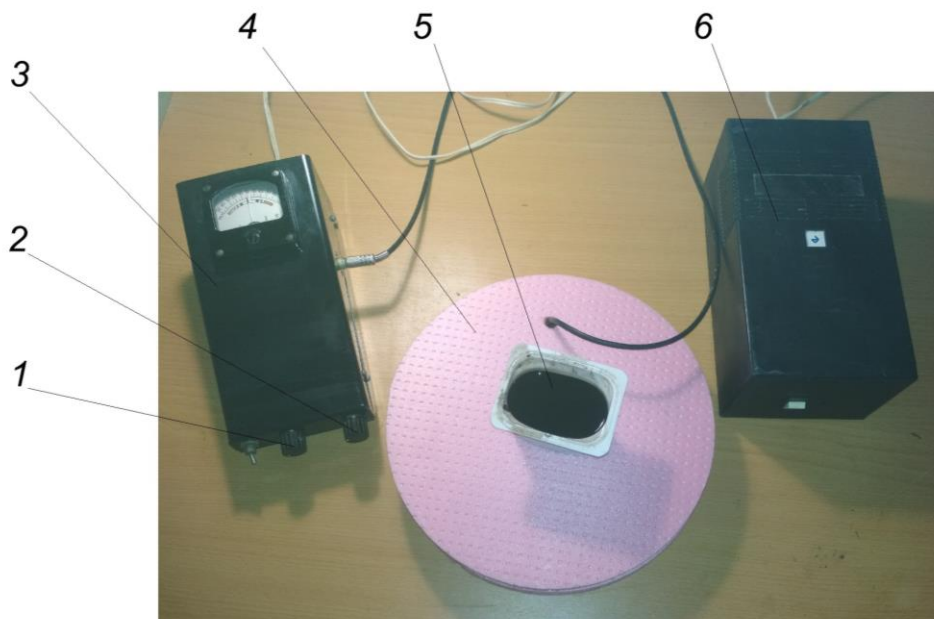
Давач встановлюється в корпус з екструдованого пінополістиролу який одночасно слугує столиком для встановлення досліджуваної проби оливи.

Виводи обмоток давача під'єднують до чотирьох-жильного екранованого кабелю, який закінчується чотирьох-контактним роз'ємом типу РСГ4ТВ.

Вимірювальний блок виконано у вигляді енергономічно завершеної трапецеподібної роз'ємної коробки, виконаної з ПВХ, на похилій поверхні якої

встановлено вимірювальну головку серії M9050. Шкала приладу розбита на сектори, які вказують на відносну забрудненість масла в відсотках. На передній поверхні приладу встановлені ручки потенціометрів для встановлення стрілки на нуль та чутливості приладу. Також при використанні в якості живлення блоку гальванічних елементів на передній поверхні встановлений тумблер-вимикач. Вимірювальний блок з'єднується з давачем за допомогою роз'єма РСГ4ТВ, розетка якого встановлена на його бічній поверхні.

Блок живлення є окремим елементом приладу і призначений для стаціонарного використання в умовах лабораторії та конструктивно виконаний у вигляді паралелограму, на передній поверхні якого розміщені вимикач живлення та світлодіодний індикатор наявності вихідної напруги.



1. Ручка встановлення нуля.
2. Ручка встановлення чутливості.
3. Вимірювальний блок.
4. Індуктивний давач.
5. Досліджуваний взірець технологічної рідини.
6. Блок живлення.

Рис.3.1 Конструктивне оформлення установки.

#### 4. Експериментальна частина.

Для перевірки працездатності методу, напрацювання методики проведення досліджень та можливої корекції схемотехніки приладу було проведено ряд експериментів з моторною та трансмісійною оливою автомобіля ВАЗ 2103 1983р.в., двигун якого пройшов капітальний ремонт з ретельною прочисткою та промивкою всіх технологічних масляних порожнин з метою мінімізації похибки на початкових стадіях відбору проб оливи. Відбір проб здійснювався через отвір щупа рівня з періодичністю 50год роботи двигуна, для чого в салоні було встановлено лічильник мотогодин. Також під час експерименту було відібрано декілька проб оливи з коробки передач. Відбір проб здійснювався після прогрівання двигуна. Також для дослідження можливості приладу ідентифікувати наявність в пробі оливи продуктів зносу кольорових та чорних металів було здійснено ряд дослідів з штучним підмішуванням дрібнодисперсної фракції цих металів в дослідну пробу оливи. Кількість домішок для підмішування визначалась з використанням аналітичних ваг AXIS ADGS-50. Перед внесенням дрібнодисперсної фракції кольорових та чорних металів просіювались на ситі №005. Графічна залежність концентрації продуктів зносу металів в оливі двигуна та коробки передач від часу роботи представлена на графіку рис4.1.

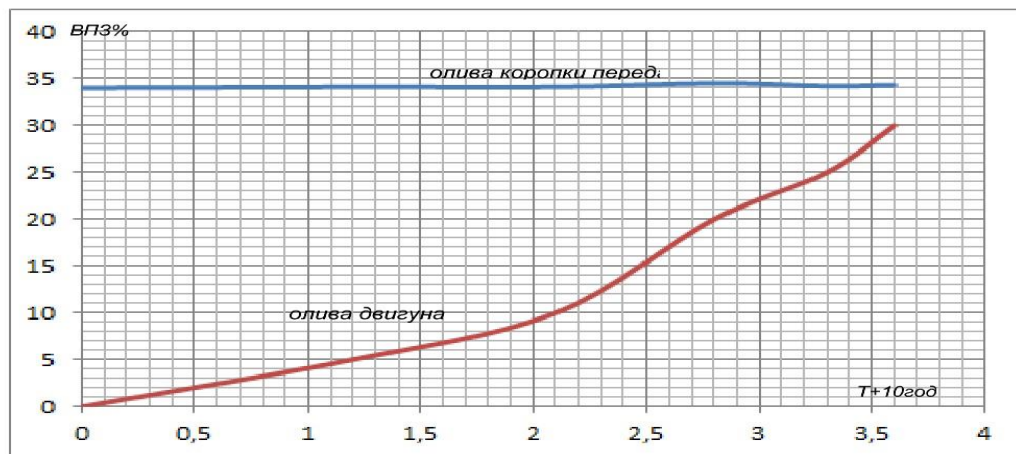


Рис.4.1. Залежність відносного процентного забруднення (ВПЗ) оливи металічними продуктами зносу від часу роботи.

## 5.Висновки.

В ведучих країнах світу з розвинутим машинобудуванням метод діагностування технічного стану механізму по аналізу мастильної оливи займає ключове місце серед усіх методів діагностики. На ринку присутня значна гама приладів та засобів для проведення такого роду діагностики, починаючи від наборів експрес-діагностики та закінчуючи лабораторними комплексами з спектральними аналізаторами оливи. Недоліками експрес-методів є суб'єктивність результатів, а інших методів - складність та надмірна ціна.

Запропоноване рішення та його технічна реалізація може стати простим та достовірним методом триботехнічної діагностики пар тертя машин та механізмів.

Проведені дослідження показують, що схемне рішення даного приладу є достатньо чутливим, та дозволяє визначати незначні концентрації дрібнодисперсних домішок в оливі, а також розрізняти матеріал (кольоровий, чорний) цих домішок.

При певній реалізації прилад може бути інтегрований безпосередньо в елементи циркуляції технологічних рідин машин та механізмів для спостереження в динаміці процесів зносу пар тертя.

## Література

1. В.Е.Канарчук, А.А.Лудченко, И.П.Курников, И.А.Пайк Технічне обслуговування, ремонт та зберігання автотранспортних засобів. Т.1. Київ /Вища школа/1996.456с.
2. Л.В.Мирошников, А.П.Болдин, В.И.Палт Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях. «Транспорт»/ Моск- ва, 1977.-8 пр
5. Г.О.Оборонський, В.Г.Максимов, О.Д.Ніцевич за ред.. М.Б.Копитчука Загальні принципи діагностування систем автомобіля в умовах станції технічного обслуговування (базовий прилад тестер FSF-740) Методичний посібник Наука і техніка, 2012р-188с.

## Анотація

У всьому світі трибодіагностика пар тертя випереджає по ефективності інші існуючі методи діагностики. Дефекти динамічного обладнання, які виявляються при аналізі оливи, підтверджуються в 95% випадків при розборці агрегату. Аналіз оливи дозволяє отримати достовірну інформацію про технічний стан підшипників, ущільнень, ефективності роботи присадок, наявності феромагнітних (металевих) і неферомагнітних включень.

діагностика оливи, працюючої в механізмі, характеризується наступними перевагами:

1. не потрібно припиняти експлуатацію машини;
2. не потрібна розборка агрегату;
3. виявлення несправностей енергомеханічного обладнання на самій ранній стадії виникнення;
4. можливість заміни оливи за її фактичної працездатності, а не по пробігу;
5. невисока трудомісткість проведення діагностики та аналізу.

Трибодіагностика стосовно до машинного устаткування являє собою оцінку його технічного стану за складом і концентрацією продуктів зносу в оливі з допомогою спеціальних приладів та обладнання (аналізаторів масла, атомно-емісійних та ІЧ-спектрометрів, рентгено-флюорисцентних аналізаторів тощо).

Діагностування двигунів по аналізах оливи отримує все більше використання, зокрема тому, що деякі виробники моторних масел безкоштовно виконують аналіз оливи для постійних покупців їх продукції.

Головний недолік даних методів - ціна обладнання, яка може сягати 30-40тис.євро.

**Мета роботи:** Розробка ефективного та доступного обладнання для триботехнічної діагностики моторної оливи.

Принцип роботи приладу базується на зміні індуктивності в обмотках рознесеного в просторі трансформатора-давача, при наявності в досліджуваній пробі оливи слідів металу.

Обмотки геометрично виконані таким чином, що при відсутності сторонніх металічних включень в дослідному зразку, які являють собою «осердя трансформатора», та при проходженні в первинній обмотці синусоїдального струму, у вторинній обмотці результуюча ЕРС взаємодуції буде рівна нулю. При наявності металічних включень система розбалансовується, і фіксується вимірювальним блоком.

**Методика досліджень:** Проведено серію дослідів для перевірки ефективності методу та перевірки працездатності реалізованого технічного рішення. Дослідження підтвердили «працездатність» даного методу та дали змогу напрацювати методику проведення досліджень та можливості вдосконалення технологічного обладнання.

**Загальна характеристика:** Розроблено ефективний метод діагностики технічного стану техніки.

Дане обладнання може використовуватись на всіх підприємствах де розробляються та експлуатуються машини і механізми.

Даний метод дозволяє попередити аварійну експлуатацію машин та механізмів.

Кошторисна вартість установки становить 2.5 тис. грн, що дає змогу використовувати її навіть в індивідуальній практиці.

Прилад володіє значною чутливістю, та дозволяє виявити незначну кількість металічних домішок в дослідному зразку.

Установка дозволяє розрізняти феромагнітні (сталь, чавун,) та діамагнітні (кольорові метали) домішки, що дає змогу при аналізі виявити місце підвищеного зносу пар тертя.

Використання даної установки може значно спростити експлуатацію машин та механізмів та знизити затрати на їх ремонт.