

**В.В. Аулін, проф., канд. фіз.-мат. наук, С. В. Лисенко доц., канд. тех. наук,
О. В. Кузик, аспірант.**

Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження властивостей моторної оливи в процесі експлуатації дизелів

В статті дано комплекс показників, що характеризують зміну експлуатаційних властивостей моторної оливи в часі, наведено результати їх експериментального визначення.

моторна олива, термоокиснення, коефіцієнт поглинання світлового потоку, летючість оливи, коефіцієнт теплових перетворень

В процесі експлуатації дизелів транспортних засобів та мобільної сільськогосподарської техніки не враховуються зміни властивостей і якості змащувальних олив. У існуючій системі планово-запобіжних робіт передбачений контроль ресурсу змащувальних олив по напрацюванню в мото-годинах і пробігу в кілометрах пройденого шляху, що об'єктивно не може враховувати фактичний стан олив, технічний стан вузлів тертя, системи фільтрації, режими і умови експлуатації техніки. Тому ця система, разом зі своєю простотою, не повною мірою направлена на підвищення ефективного використання вживаних олив [1].

Змащувальні оливи, оптимально підібрані для вирішення конкретного технічного завдання, можуть дати значний ефект за рахунок економії енергії, зниження зносу, витрат на технічне обслуговування і ремонт, збільшення терміну служби машин і устаткування, і, нарешті, вони можуть бути раціональним засобом вирішення актуальних проблем екології і охорони навколишнього середовища[2].

На підставі вище викладеного розробка засобів і методів контролю стану змащувальних олив і процесів, що протікають на фрикційних контактах, а також обґрунтування критеріїв їх оцінки є задачею, що вимагає вирішення.

Оливи як елемент трибосистеми, в процесі експлуатації змінюють свої властивості, тому встановлення для них ресурсу і розробка засобів контролю є важливою проблемою. При визначенні ресурсу змащувальних олив важливим є пошук і обґрунтування критерію оцінки механізму їх старіння. До цих пір відсутні науково-обґрунтовані критерії оцінки ресурсу олив з урахуванням змін технічного стану експлуатованих машин і механізмів. Зниження експлуатаційних властивостей змащувальних олив визначається багатьма чинниками: процеси окислення її базової основи, витрата і деструкція функціональних присадок, вплив на ці процеси умов і режимів роботи техніки, її технічний стан, матеріали трибосполучень, продукти окиснення і домішок, що потрапляють ззовні. Внаслідок цього підхід до рішення цієї проблеми повинен бути комплексним.

Метою даної роботи є комплексний підхід до дослідження властивостей працюючих моторних олив з виявленням основних змін їх характеристик, властивостей та процесів.

Щоб встановити закономірності основних процесів, що протікають в

трибосистемах необхідно провести комплексний підхід до дослідження процесів і властивостей в оливах (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема комплексного підходу дослідження процесів в моторних оливах

Основними процесами є термоокислювальні, на які суттєвий вплив мають матеріали деталей трибосполучень, доливи оливи, вміст доливів і присадок. В оливі під час її експлуатації розвивається і механо-хімічні процеси, які обумовлюють протизносні властивості трибоелементів. На увагу заслуговують процеси самоорганізації при граничному терті ковзання та при усталеній температурі оливи.

Результати досліджень властивостей і процесів оливи дають можливість побудувати фізичну і математичну моделі термоокиснення та фізичну модель самоорганізації моторної оливи (рис. 2)

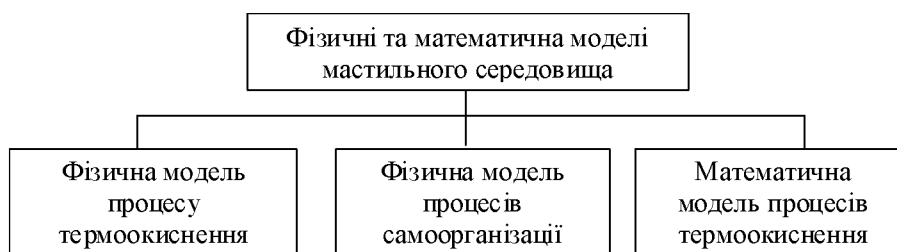


Рисунок 2 – Фізичні та математичні моделі моторної оливи

Зазначені моделі дають можливість виробити рекомендації оптимального чи раціонального вибору мастильних матеріалів на стадії проектування і експлуатації основних сполучень дизелів, підтриманні оптимальних режимів тертя, оцінки граничного стану та протизносних властивостей мастильного матеріалів. а також розробити технологію класифікації та ідентифікації моторних оливи.

Оцінка термоокислювальних процесів при статичному і циклічному температурному навантаженні в заданих температурних діапазонах, впливи експлуатаційних чинників на ресурс змащувальних оливи і дослідження протизносних властивостей товарних і працюючих оливи проводили за допомогою прискорених випробувань оливи із застосуванням фотометрування.

Механохімічні процеси на фрикційних контактах досліджували шляхом пропускання постійного струму (100 мкА) від стабілізованого джерела напруги (3 В).

Зміну величину струму записували на комп'ютері за допомогою перетворювача ТР 101 і визначали тривалість формування площі контакту і початку утворення захисних граничних шарів.

Сумісність і пристосування елементів трибосистем до механічних, теплових і хімічних дій досліджували активністю механохімічних процесів, що протікають при граничному терті. Змащувальну здатність оливи оцінювали відношенням струму, що протікає через фрикційний контакт, до струму заданому при статичному положенні випробовуваних сполучень, тобто за коефіцієнтом електропровідності фрикційного контакту K_e :

$$K_e = \frac{J_{\text{ф.к}}}{J_o}, \quad (1)$$

де $J_{\text{ф.к}}$ – струм, що протікає через фрикційний контакт; J_o – заданий струм, при статичному контакті трибосполучення.

Коефіцієнт K_e є критерієм оцінки інтенсивності протікання механохімічних процесів. Величина цього коефіцієнту залежить від схильності матеріалів трибосполучення спільно із змащувальною оливою утворювати захисні граничні шари, електропровідність яких залежить від структури граничного шару і ступеня окиснення змащувальної оливи. По динаміці зміни струму, що протікає через фрикційний контакт, можна оцінити час формування захисних граничних шарів, їх руйнування і відновлення.

Час зниження коефіцієнта K_e характеризує період, протягом якого утворюється захисний граничний шар, а величина стабілізації коефіцієнта K_e характеризує рівень сумісності матеріалів пари тертя між собою і із змащувальною оливою.

Термоокислювальні процеси, що протікають в моторних оливах досліджували по залежностях коефіцієнтів поглинання світлового потоку ΔK_n , летючості ΔK_G , відносній в'язкості K_μ від часу та статичній і циклічно змінній температурах.

Летючість оливи оцінювали коефіцієнтом відносної летючості за виразом:

$$K_G = \frac{m_{\text{и}}}{m_o}, \quad (2)$$

де $m_{\text{и}}$ і m_o – маса пробі оливи, що випарувалася і залишилася.

Вплив продуктів окислення на в'язкісні властивості масел оцінювали коефіцієнтом відносної в'язкості K_μ , визначуваним виразом:

$$K_\mu = \frac{\mu_0}{\mu_{\text{вих}}}, \quad (3)$$

де μ_0 і $\mu_{\text{вих}}$ – відповідно в'язкість окисленого і товарного оливи.

В якості критерію оцінки протизносних властивостей Π взято співвідношення концентрації нерозчинних продуктів окислення до площі плями зносу:

$$\Pi = \frac{K_{\text{пн}}}{S_{\text{п}}}, \quad (4)$$

де $K_{\text{пн}}$ – концентрація нерозчинних продуктів окислення; $S_{\text{п}}$ – площа плями зносу, мм^2 , що дозволяє обґрунтувати граничний стан змащувальних оливи, визначити продуктивність системи фільтрації і залишковий ресурс.

Щільність нерозчинних продуктів старіння на фактичній площі контакту вважається показником працездатності змащувальних оливи, що дозволяє обґрунтувати

граничну концентрацію нерозчинних продуктів старіння і встановити терміни зміни оливи.

В якості критерію оцінки впливу поглиненої теплоти на термоокислювальні процеси використано коефіцієнт теплових перетворень, E_{π} , що враховує зміну коефіцієнтів поглинання світлового потоку K_{π} і летючості K_G :

$$E_{\pi} = K_{\pi} + K_G. \quad (5)$$

Виявлено, що зміна струму, що протікає через фрикційний контакт має три характерні області (рис. 3).

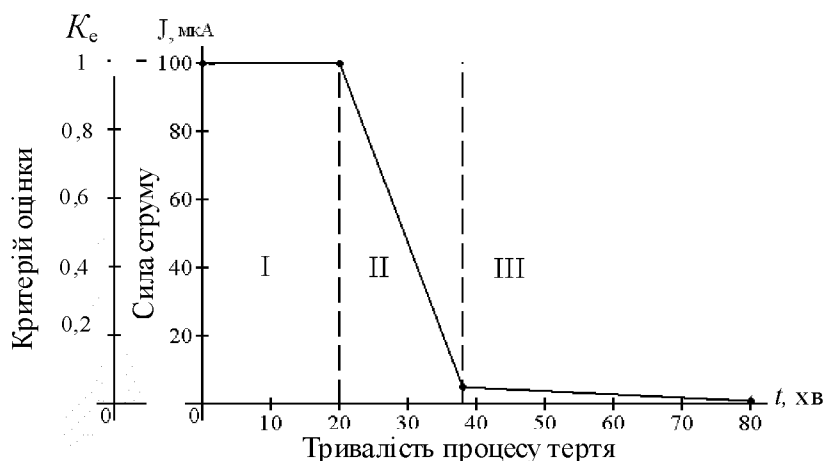


Рисунок 3 – Формування фрикційного контакту і захисних граничних шарів при терті ковзанні в трибосполученні з мастильним середовищем

Область I, де струм рівний заданому (100 мкА), характеризує наявність металевого контакту між трибоелементами. У цей період відбувається пластична

деформація матеріалів за рахунок адгезійного зношування. Тривалість цієї області залежить від механічних властивостей матеріалів трибоелементів і властивостей змащувальних оливи до формування захисних граничних шарів.

Область II характеризується зменшенням струму і його стабілізацією. У цей період на поверхні тертя утворюються захисні шари, як результат адсорбції молекул оливи або хімічної взаємодії металу з продуктами окиснення. Тривалість цієї області залежить від протизносних властивостей змащувальної оливи. У цей період пластична деформація переходить в пружну.

Область III характеризує стає зношування, при якому відбувається формування і руйнування захисних граничних шарів.

Зміна термоокислювальних процесів, що протікають в моторній оливі в часі від температури наведено на рис 4.

Встановлено, що процес термоокислення змащувальних оливи характеризується тристадійністю: на першій стадії утворюються початкові (розчинні) продукти окислення (область I), на другій – проміжні продукти окислення (область II) і на третій – кінцеві продукти окислення (область III). Тристадійність процесу підтверджується результатами додаткових досліджень із застосуванням центрифугування окислених проб оливи. Утворення гелевидного осаду відбувається в незначному ступені в другій стадії і в значно більшому ступені в третьому.

Виявлено вплив температури на термоокислювальні процеси: з підвищенням температури зростають швидкості термоокислювальних реакцій, в наслідок цього

скорочується час і зростає інтенсивність утворення розчинних, проміжних і кінцевих продуктів окислення.

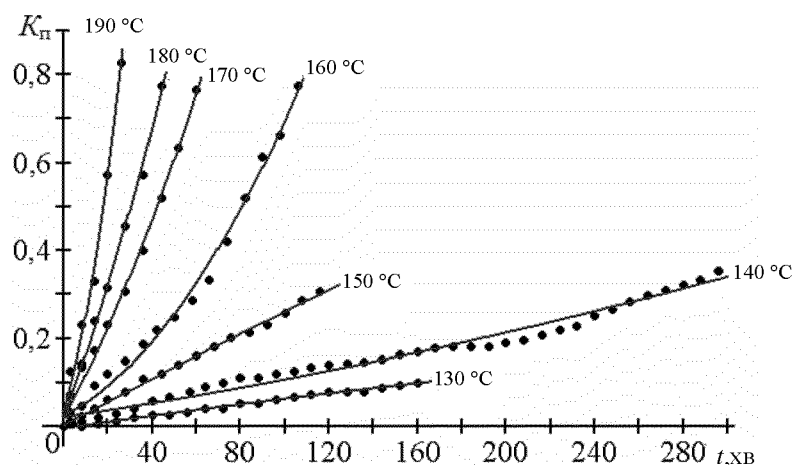


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта поглинання світлового потоку від часу і температури випробування моторної оливи М-10-Г_{2К}

Вивчено процес перерозподілу теплоти, що надходить до змащувальної оливи, між швидкістю утворення продуктів окислення і випаровуванням частини змащувального матеріалу (летючість). Процес перерозподілу поглиненої теплоти досліджувався за змінами приростів коефіцієнта поглинання світлового потоку ΔK_p , та летючості ΔK_G .

Порівнюючи цикли змін приростів коефіцієнтів ΔK_p і ΔK_G від часу випробування встановлені періоди їх синхронної і несинхронної зміни, що підтверджує наявність явища перерозподілу теплоти на окислювальні процеси, з утворенням

більшою мірою продуктів окислення, або збільшення показників летючості.

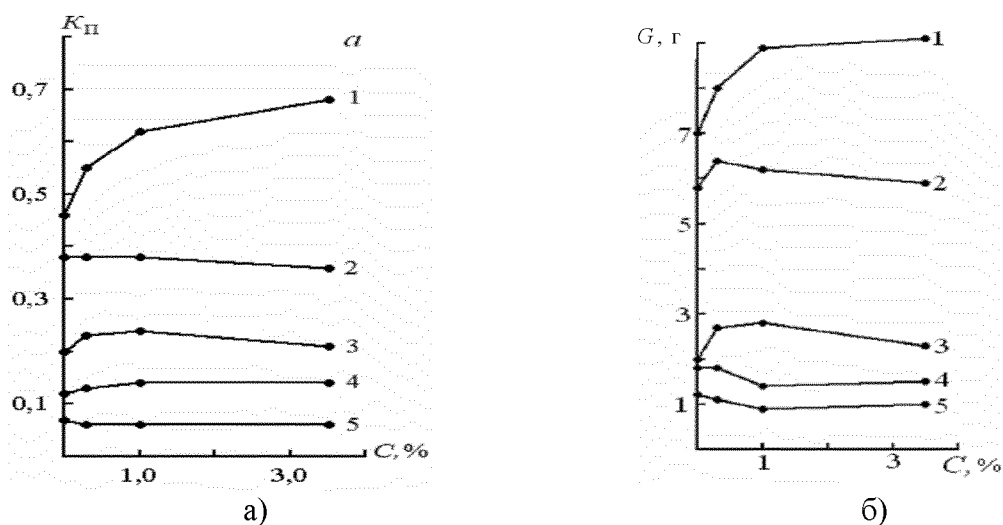
Основними експлуатаційними факторами що впливають на ресурс змащувальних оливи є: доливи змащувальних оливи, суміші мінеральних з синтетичними оливами, вплив вуглецевих і підшипникових сталей на термоокислювальні процеси.

На основі проведених досліджень впливу доливів на процеси теплової енергії продуктами окислення і випаровування при випробуванні моторних оливи різних базових основ встановлено:

- доливи оливи в процесі випробування мінеральних і частково синтетичних оливи уповільнюють процеси окислення, а для синтетичних вони їх прискорюють;
- величина доливів залежить від температури випробування і не мають чіткої залежності з нею.

Кількісна і якісна оцінка впливу сталей на термоокислювальні процеси має важливе значення в дослідженні процесів самоорганізації трибосистем в частині розуміння механізму захоплення поверхонь тертя і формування захисних граничних шарів. З цією метою проведені дослідження впливу вуглецевих і підшипникових сталей, чавунів СЧ-18, СЧ-20 на термоокислювальні процеси моторних оливи.

Вплив вмісту вуглецю в сталі на термоокислювальні процеси представлений залежністю коефіцієнта поглинання світлового потоку після 20 год випробування (рис.5).



1 – 180 °C; 2 – 170 °C; 3 – 160 °C; 4 – 150 °C; 5 – 140 °C

Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта поглинання світлового потоку K_{Π} (а) і летючість G (б) від вмісту вуглецю в сталі і температури випробування мінеральної моторної оливи М-10-Г_{2К}

Встановлено, що при температурах випробування 140°C і 150°C (крива 4,5) вміст вуглецю в сталях і чавуні практично не здійснює впливу на окислювальні процеси, при температурах 160°C і 170°C (криві 2 і 3) уповільнюють окислювальні процеси.

Таким чином, в якості комплексного дослідження моторної оливи взято параметри оцінки запропоновані коефіцієнти поглинання світлового потоку, відносній в'язкості, летючості, температури початку окислення і випаровування, потенційного ресурсу, швидкості термоокислення, інтенсивності накопичення продуктів окислення, диспергуючі і миючі властивості і приведені результати деяких з них.

Виявлено, що застосування запропонованих показників і засобів контролю дозволяє визначити концентрацію загальних, розчинених і нерозчинених продуктів окислення і старіння змащувальних олив, стан елементів, що фільтрують, і циліндропоршневої групи двигунів внутрішнього згорання, відпрацьований ресурс змащувальних олив і прогнозувати залишковий.

Список літератури

1. Говорущенко Н. Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Говорущенко Н. Я. – Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 1984. – 312 с.
2. Розенберг Ю. А. Влияние смазочных масел на надежность и долговечность машин / Розенберг Ю. А. – М.: Машиностроение, 1970. – 315 с.
3. Безбородов, Ю.Н. Термоокислительная стабильность смеси минерального и синтетического масел В.В. Хомайко, Ю.Н. Безбородов, Б.И. Ковальский и др. // Вестник КрасГАУ: Вып. 13 – Красноярск, 2006. – С. 286-292.
4. Безбородов, Ю.Н. Методы оценки эксплуатационных свойств смазочных материалов / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, М.А. Шунькина и др. // Учебное пособие. Красноярск, ИПЦ КГТУ, 2004. – 240 с.

Исследование свойств моторного масла в процессе эксплуатации дизелей

В статье дан комплекс показателей, что характеризуют изменение эксплуатационных свойств моторного масла во времени, приведены результаты их экспериментального определения.

V. Aulin, S. Lysenko, O. Kuzuk

Research of properties of motor butter is in process exploitation of diesels

The complex of indexes is given in the article, that характеризуют time-history of operating properties of agile olive is, results are resulted them экспериментального determination.

Одержано 18.09.09