

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*У статті представлено методику визначення переліку мастильних матеріалів для проведення технічного обслуговування двигунів автомобільних транспортних засобів яка дозволяє встановити основні етапи оцінки сумісності моторної оливи з трибосистемами двигуна внутрішнього згорання та базується на теорії системного аналізу і передбачає для вирішення поставлених завдань використання теорії подоби та моделювання.*

*Ключові слова:* двигун внутрішнього згорання, моторна олива, надійність, методика, ресурс.

*В статті представлена методика определения перечня смазочных материалов для проведения технического обслуживания двигателей автомобильных транспортных средств, которая позволяет установить основные этапы оценки совместимости масла из трибосистемами двигателя внутреннего сгорания и базируется на теории системного анализа и предусматривает для решения поставленных заданий использование теории подобия и моделирования.*

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания, масло для двигателей, надежность, методика, ресурс.

*The article describes the technique of determination of lubricating oils for carrying out technical maintenance of vehicle engines. The technique enables to define main stages of evaluation of compatibility of motor oil with tribosystems of internal combustion engines. The authors prove that the technique being described is based on the theory of system analysis and requires application of the similarity and modeling theory for solving the assigned tasks.*

*Keywords:* internal combustion engine, motor oil, reliability, technique, resource.

**Вступ.** Підвищення надійності автомобілів, зниження витрат на їх утримання складають одну із складних проблем. Вирішення цієї проблеми забезпечується автомобільною промисловістю з одного боку, за рахунок випуску автомобілів нових конструкцій, що володіють більшою експлуатаційною надійністю і технологічністю (ремонтпридатністю), з іншої сторони рішення цієї проблеми забезпечується засобами технічної експлуатації.

На всіх етапах виготовлення та експлуатації двигуна внутрішнього згорання інженери намагаються оптимізувати процеси параметрів тертя і зносу в залежності від заданих умов. Це приводить до зниження енергетичних і матеріальних витрат, а отже до підвищення економічного ефекту.

Моторна олива в двигуні є конструктивним елементом, який впливає на ресурс його роботи. Кожному типу автомобільних двигунів, що характеризується своїми конструктивно-технологічними особливостями, повинний відповідати свій тип моторної оливи, що характеризується якістю або групою експлуатації.

Загально прийнято, що моторну оливу підбирають для двигуна по групі експлуатації, що встановлюють за результатами моторних повнорозмірних випробувань на еталонних двигунах. Експлуатаційні показники, що отримані при випробуваннях на еталонних двигунах, відповідають тільки цим типам двигунів і не можуть служити повною підставою для рекомендації цієї оливи будь-якому іншому двигуну, тому що останній виконаний з використанням інших матеріалів, а умови експлуатації його більш жорсткі, тобто високі значення коефіцієнтів «жорсткості» та сортності.

Аналіз літературних джерел [1; 2] показує, що методики визначення переліку

експлуатаційних матеріалів для проведення технічного обслуговування двигунів, заснованої на послідовних етапах раціонального циклу випробувань відсутні, хоча існують аналітичні методики вибору моторних оливок по «жорсткості» їх роботи або сортності. Однак ці методики або не відображають фізичну картину працездатності моторних оливок у автомобільних двигунах, або пов'язані з дорогими і довгостроковими експлуатаційними випробуваннями.

Таким чином, з огляду на сказане вище, розробка методики визначення переліку мастильних матеріалів для проведення технічного обслуговування автомобільних двигунів на основі раціонального моделювання процесів тертя і зношування в деталях двигуна, які сполучаються між собою, є досить актуальною для підвищення надійності транспортних засобів в цілому.

**Постановка завдання.** З метою підвищення надійності автомобілів, зниження витрат на їх утримання на основі раціонального моделювання процесів тертя і зношування в деталях двигуна, що сполучаються між собою, розробити методику по визначенню переліку мастильних матеріалів для проведення технічного обслуговування двигунів автомобільних транспортних засобів.

**Основний зміст.** Швидкі темпи розвитку автомобілебудування, технічної експлуатації рухомого складу з двигунами внутрішнього згоряння постійно диктують свої вимоги до якості моторної оливи, яка характеризується показниками (ГОСТ, ASTM, DIN, ISO і т.і.) та визначається відповідною групою експлуатації [3].

Вибір моторної оливи має визначатися його сумісність з двигунами автомобілів. Сумісність мастильного матеріалу як складової конструктивного елемента такої складної трибосистеми як двигун внутрішнього згоряння визначається надійністю та довговічністю його деталей. Іноді олива більш високої якості викликає більшу інтенсивність зношування вузлів тертя двигуна внутрішнього згоряння [4]. Це пояснюється тим, що той запас хімічно активних присадок в оливі не реалізується робочим процесом двигуна і тому присадки починають вести себе хімічно агресивно по відношенню до матеріалів трибоспрями та ущільнюючих елементів, або викликають абразивне зношування із-за високої зольності. Питання в тому, що на даний час методики підбору моторної оливи для двигунів не існує. Спроби вирішення цього питання є застарілими і тому односторонніми, які не враховують багатофакторні підходи та не використовують системний аналіз.

У зв'язку з цим пропонується наступна структура методики визначення моторної оливи до двигунів автомобільної техніки, яка активно експлуатується (рис).

На етапі проектування двигуна внутрішнього згоряння та визначення до нього мастильного матеріалу спочатку визначається потрібна густина з умови забезпечення режиму гідродинамічного мащення у підшипниках колінчатого валу. Олива, яка виробляється промисловістю є всесезонною (по SAE J300 - Winter, по ГОСТ 17479.1-85 загущеною) тобто зберігає в'язкісні властивості при низьких та високих температурах. Чим менше клас в'язкості моторної оливи, тим нижче опір провертанню колінчастого валу двигуна та втрати на тертя при низьких температурах запуску двигуна. Чим вище клас в'язкості та стабільніше динамічна в'язкість при високотемпературному зрушенні, тим надійніше забезпечується режим гідродинамічного та пружньо-гідродинамічного змащування в парах тертя двигунів, в особливості для високо-форсованих та високооборотних двигунів. Необхідно зазначити, що моторна олива з високою в'язкістю викликає перевитрату палива через втрати в гідродинамічному клині в підшипниках колінчастого валу та в спряженні гільза-кільце, тому необхідно використовувати малов'язку моторну оливу з високим індексом в'язкості, який забезпечується в'язкісними присадками.

Виходячи з умов експлуатації та конструктивно-технологічних особливостей двигуна, моторна олива підбирається по групам експлуатації (по ГОСТ 17479.1-85 -В-Д, API - SG-SJ та CC-CG, ACEA - А - В - Е), яку можна чисельно визначити як коефіцієнт «жорсткості» роботи оливи в двигуні за формулою [5]:

$$A = \left( \frac{G_t}{F \cdot i} \right) \cdot \left( \frac{N_e}{G_m} \right) \cdot k_a \cdot k_\beta \cdot k_n \cdot k_s \cdot k_t,$$

де  $G_t$  - годинна витрата палива;

$F$  - сумарна площа робочих поверхонь дзеркала циліндра;

$i$  - кількість циліндрів;

$N_e$  - ефективна потужність двигуна;

$G_m$  - ємність системи змащення;

$k_a, k_\beta, k_n, k_s, k_t$  - коефіцієнти, що враховують відповідно склад робочої суміші, спосіб охолодження, періодичність зміни оливи, склад сірки у паливі та технічний стан двигуна.

Всі сучасні автовиробники вже закладають ці дані в технічні умови на експлуатацію мастильних матеріалів, де вибір класу в'язкості та групи експлуатації підтверджуються лабораторними та експлуатаційними випробуваннями, що мають велику вартість. Аналіз стандартних методів визначення якості моторної оливи показав [6], що експлуатаційні показники, одержані при випробуваннях на еталонних двигунах, відповідають тільки цим типам двигунів і не можуть дати повної підстави для рекомендації цієї оливи будь-якому іншому двигуну, так як останній може бути виконаний з інших матеріалів та мати інші, іноді більш жорсткіші умови роботи, тобто високі значення коефіцієнта  $A$  відповідно до формули (1).

Моторна олива визначається складом та вмістом в ній пакету присадок. Причому, сучасні оливи в основному мають стандартний пакет присадок, що забезпечує їх сумісність одне з другим, і відрізняються характерною для виробника комплексною присадкою, яка відповідальна за його особливості експлуатації.

Ефективність та інтенсивність трибологічних процесів, що відбуваються на поверхнях тертя деталей, залежить від фізичних та реологічних властивостей, хімічного складу, енергетичної структури як поверхневого шару, так і моторної оливи. Результатом їх взаємодії є вторинна структура, яка й буде об'єктом зношування. Склад тої або іншої присадки в оливі, її концентрація суттєво впливає на процес зношування деталі, про що не можна робити висновки по групі експлуатації. Тому для фірм-виробників автомобільної техніки існують свої специфікації, де моторна олива підбирається під конкретний двигун із визначенням термінів її заміни.

З метою скорочення часу та матеріальних витрат пропонується наступна структура випробувань моторної оливи, яка складається з двох етапів, включаючи лабораторні та експлуатаційні випробування.

Перший етап - ранжирування моторної оливи, представлених на випробування по показникам:

- мастильною здатністю ГОСТ 9490-75 (показники зносу, критичне навантаження, навантаження зварювання, індекс задиру);

- по показникам схильності моторної оливи до відкладень (лужне число ГОСТ 11362-76, зольності ГОСТ 1461-75, термоокислювальної стабільності ГОСТ 23175-78)

- по показнику корозійної та захисної спроможності (кислотне число ГОСТ 5985-79).

Метою даних випробувань є виявлення двох марок моторної оливи, які показали найліпші результати для рекомендації їх до наступного етапу. Найбільш важливими показниками роботи моторної оливи є показники мастильної здатності яка забезпечується протизносами та протизадирними присадками. Надійність та довговічність роботи двигунів внутрішнього згорання напряму залежать від ефективності їх роботи. Але по результатам цих випробувань не можливо об'єктивно зробити висновки про механічні втрати при терті, інтенсивності зношування деталей двигуна та прорахувати його ресурс; вони можуть бути відбірними. По показниках схильності до відкладень моторної оливи можна зробити висновки про працездатність миючих, диспергуючих та антиокислюючих присадок. У дизельних двигунах із високим запасом лужного числа володіють більшою миючою спроможністю та високою працездатністю при експлуатації двигунів на паливі з високим

вмістом сірки, але при цьому можуть викликати коррозійно-механічне зношування підшипників колінчастого валу [4] та мають високі показники зольності, що приводить до утворення абразивних частинок [7] та прогоряння клапанів. По кислотності моторної оливи можливе визначення її корозійної активності та по мірі подальшої експлуатації - ступеня накопичення продуктів робочого процесу.

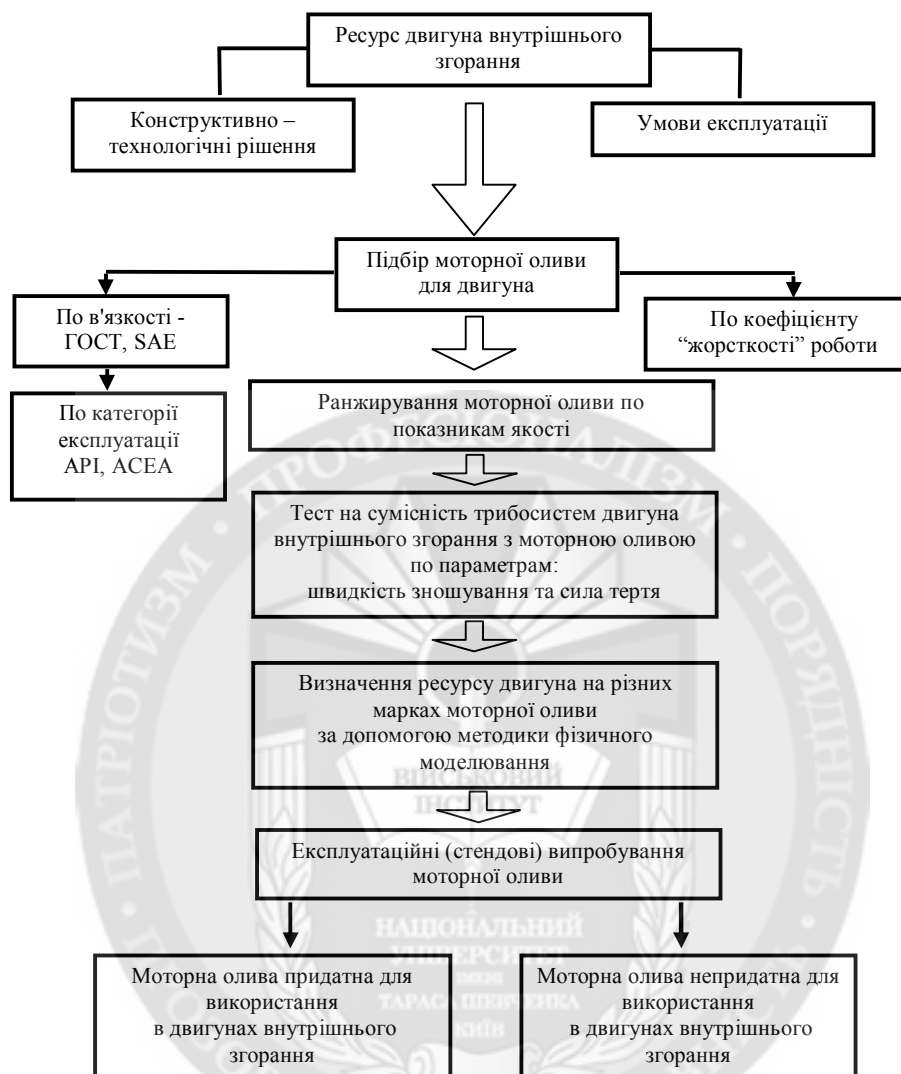


Рис. Блок-схема методики визначення мастильних матеріалів для автомобільних двигунів

Другий етап лабораторних випробувань заключається у визначенні сумісності матеріалів деталей двигуна з вибраною моторною оливою. Мета даного етапу - визначення сумісності комплексу присадок, що містяться у моторній оливі з реальними матеріалами вузлів тертя, з яких виготовлено двигун, а також ресурсу двигуна, який вже експлуатується на деякому типі моторної оливи в порівнянні з іншими вибраними. Визначення ресурсу трибосистем двигуна проводимо з допомогою *фізичного* моделювання.

Під сумісністю мастильного середовища з матеріалами вузлів тертя розуміють поєднання вище вказаних матеріалів, при яких забезпечується мінімальний знос та механічні втрати. При цьому не повинно бути процесів корозії на матеріалах вузлів тертя.

Необхідною умовою для таких випробувань є відповідність конструкційних матеріалів в модельних трибосистемах - матеріалам деталей двигуна. Достатньою умовою є відповідність кінематичних схем модельних зразків реальним вузлам тертя двигунів внутрішнього згорання при додержанні правил розбиття трибовузлів на прямі та зворотні та обліку коефіцієнтів форми (масштабного фактору).

Методика фізичного моделювання ґрунтується на теорії системного аналізу [7]. Вхідний параметр цієї моделі - тип моторної оливи, вихідний - швидкість зношування, коефіцієнт тертя, температура, склад та властивості вторинних структур по яким можливий висновок про результати взаємодії присадок моторної оливи з робочими поверхнями деталей. В результаті перерахунку з допомогою фізичної моделі можна визначити швидкість зношування та механічні втрати в трибосистемах реального двигуна внутрішнього згорання. Випробування проводяться в режимі граничного навантаження. Тому, що цей режим визначає у більшості випадків довговічність деталей двигуна та більш повно розкриває триботехнічні властивості мастильного матеріалу.

Другий етап випробувань носить порівнювальний характер, тому, що у розробленій фізичній моделі є ряд недоліків, через неможливість та недоцільність відтворення всіх тонкощів робочого процесу у трибосистемах двигуна внутрішнього згорання. Моделювання процесів зношування деталей двигуна не може відтворити всі чинники, що обумовлюють в сукупності знос та вплив на нього властивостей оливи, які не лишаються незмінними, а погіршуються по мірі їх старіння. Розроблена фізична модель не враховує вплив продуктів згорання палива на процес окислення, але температури робочих поверхонь зразків відповідають температурам поверхням, що моделюють, трибосистем двигунів внутрішнього згорання. Вона не може у повній мірі врахувати вплив попадання пилу в моторну оливу через складності моделювання та класифікації абразивних частинок у повітрі, витрати моторної оливи на угар. Тобто, всі фактори знижують терміни заміни моторної оливи, підвищують напруженість її роботи, тому тест на сумісність має мету порівняльного аналізу 2-х вибраних марок оливи по результатам першого етапу, звертаючи увагу, що система фільтрації повітря та системи змащення у двигуні близька до ідеального стану. Безперечно на сьогоднішній день, самими об'єктивними показниками є результати експлуатаційних випробувань.

**Висновки.** Таким чином, розробивши методику визначення переліку мастильних матеріалів придатних для проведення технічного обслуговування двигунів автомобільних транспортних засобів необхідно підкреслити, що структура методики дозволяє позначити основні етапи оцінки сумісності моторної оливи з трибосистемами двигуна внутрішнього згорання, яка базувалася на теорії системного аналізу та передбачає для вирішення поставлених завдань використання теорії подоби та моделювання.

У зв'язку з цим вважається за доцільне, для перевірки адекватності запропонованої методики, виконання подальших наукових досліджень, спрямованих на розробку інтегрального критерію оцінки трибологічних властивостей моторної оливи.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Балтенас Р. Моторные масла / Балтенас Р., Сафронов А. С., Ушаков А.И., Шергалис В. – Москва-СПб.: Альфа-Лаб, 2000. – 272 с.
2. Войтов В.А. Особенности методики подбора моторного масла к двигателям внутреннего сгорания. Структура и обоснование методики / Войтов В.А., Левченко А.В. // Проблемы трибологии. – 2000. – № 2. – С. 56 - 64.
3. Ярмоленко О.Є. Автомобільні експлуатаційні матеріали: навчальний посібник / Ярмоленко О. Є. - Хмельницький: НАПВУ, 2000. – 294 с.
4. Фляйшер Г. Об энергетическом уровне фрикционных пар / Фляйшер Г. // Трение и износ. – 1987. – №1. – С. 14 – 18.
5. Гриб В.В. Общий методологический подход к разработке математических моделей изнашивания сопряженных деталей машин / Гриб В.В. // Трение и износ. – 1987. – № 6. – С. 67 – 71.
6. Евдокимов В.Д. Реверсивность трения и качество машин / Евдокимов В.Д. – К.: Техника, 1977. – 148 с.
7. Бажинов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса автомобильного двигателя / Бажинов А.В. – Х.: ХГАДТУ, 2001. – 95 с.

**Без рецензії.**