

Шифр: «Моторні мастила»

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНИХ
АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ УТОЧНЕННЯ СТРОКУ ЗАМІНИ ТА
РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТОВУВАННЯ МОТОРНИХ МАСТИЛ

Галузь: «Експлуатація та ремонт засобів транспорту»

ВІДГУК

Робота присвячена експериментальним дослідженням процесів зносу присадок в моторних мастилах та зміни їх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей під час експлуатації автотранспорту, що дозволяє прогнозувати термін експлуатації моторних мастил за їх фактичним станом для підвищення ефективності експлуатації рухомого складу шляхом уточнення строку заміни та раціонального використання паливно-мастильних матеріалів.

У роботі проведені експериментальні дослідження відповідності зразків мастил, що досліджувались, заявленим виробниками основним фізико-хімічним показникам та зміни їх фізико-хімічних властивостей від спрацювання в них присадок та визначення оптимального часу заміни моторного мастила за його фактичним станом, а не через встановлений інтервал. Визначені інтервали заміни для моторних мастил Mobil Delvac MX Extra 10W40 при використанні їх в двигунах MAN D28 та моторних мастил Shell Rimula R5 M 10W40 при використанні в двигунах ЯМЗ 7511 за їх фактичним станом.

При проведенні досліджень та розрахунків, які наведені у науковій роботі, студент показав володіння інженерними методиками та самостійністю у проведенні аналізу отриманих результатів. Ступінь самостійності виконання роботи студентом складає 90%.

АНОТАЦІЯ

студентської наукової роботи, представленої на Всеукраїнський конкурс 2019/2020 навчального року, за темою «Підвищення ефективності експлуатації вантажних автомобілів шляхом уточнення строку заміни та раціонального використання моторних мастил»

Шифр: «Моторні мастила»

Стор.27 Рис.6 Табл.4 Бібліогр.: 7 найм.

У роботі проведені дослідження зміни фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей моторних мастил від спрацювання присадок в них метод порівняння аналізів вихідного мастила і відпрацьованого.

Проведено експериментальні дослідження відповідність зразків мастил, що досліджувались, заявленим виробниками основним фізико-хімічним показникам та зміни їх фізико-хімічних властивостей від спрацювання в них присадок та визначення оптимального моменту заміни моторного мастила за його фактичним станом, а не через встановлений інтервал.

Всі дослідження виконані в лабораторії паливно-мастильних матеріалів.

Робота ілюстрована широким діапазоном рисунків та таблиць.

За аналізом фізико-хімічних показників свіжого і відпрацьованого мастил можна оцінити якість моторного мастила і ступінь його спрацьовування, а також отримати достатньо повну картину його роботи в двигуні.

МОТОРНЕ МАСТИЛО, ПАКЕТ ПРИСАДОК, КІНЕМАТИЧНА В'ЯЗКІСТЬ, ЛУЖНЕ ЧИСЛО, СУЛЬФАТНА ЗОЛЬНІСТЬ, ДІЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИКНІСТЬ, ОПТИЧНА ЩІЛЬНІСТЬ, ФОТОЕЛЕКТРОКОЛОРИМЕТР, ОКИСЛЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ...	20
ВИСНОВКИ.....	26
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	27

ВСТУП

Ресурс та надійність двигунів в значній мірі залежать від того, в якій мірі використовуване моторне мастило по всім характеристикам відповідає в даних експлуатаційних умовах потрібним вимогам. Фахівці по мастильним матеріалам вважають, що 80% зносу двигуна припадає на останні 20% терміну служби мастила. Тому основним завданням є визначення моменту, коли необхідно злити моторне мастило, замінити фільтри і залити нове мастило. Люба невідповідність неминуче тягне за собою суттєві втрати, обумовлені підвищеними затратами на ремонт двигунів і вимушеними простоями транспортних засобів.

Ефективність і довговічність роботи моторного мастила залежить від пакету присадок в ньому та по мірі їх виробітку мастило втрачає свої властивості.

Особливо важливим є питання про раціональне використання моторних мастил. Так проведені багато чисельні тести моторних мастил дуже часто показують, що відпрацьоване мастило за всіма показниками не потребує заміни і зберегло запас експлуатаційних властивостей навіть при пробігу в 12 тисяч км при рекомендованому інтервалі заміни мастила в 10 тис. км. Воно як і раніше працездатне і може виконувати свої основні функції. А низький вміст заліза і міді в відпрацьованому моторному мастилi говорить як про хороший стан двигуна з пробігом 211 тис. км, так і про те, що мастило чудово захищало двигун від зносу і пошкоджень [1]. Так малі терміни експлуатації моторного мастила призводять до його перевитрати, а великі – до зменшення ресурсу двигуна та його надійності.

Вирішенням цього питання є проведення періодичного контролю який дозволяє прогнозувати термін експлуатації моторного мастила за його фактичним станом [2-3].

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ефективність експлуатації транспортних засобів можна оцінити по собівартості здійсненої ними роботи, яка залежить від витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на ремонт та технічне обслуговування. Знижуючи ці витрати шляхом оптимізації строків заміни моторних мастил, можна значно підвищити ефективність експлуатації рухомого складу, одночасно із цим підвищуючи їх експлуатаційну надійність. Строки заміни моторних мастил за пробігом або напрацюванням які рекомендує завод виробник не завжди достатньо обґрунтовані. Основні фізико-хімічні показники якості мастила не завжди досягають граничних значень при досягненні рекомендованого інтервалу заміни і моторне мастило придатне до подальшої експлуатації. Уточнення строку заміни моторних мастил суттєво залежить від їх початкового потенціалу фізико-хімічних властивостей та швидкості його вичерпання, умов експлуатації автотранспорту, а також від бракувальних показників якості, які відображають фактичний стан мастила під час експлуатації рухомого складу.

Ресурс та надійність двигунів в значній мірі залежать від того, в якій мірі використовуване моторне мастило по всім характеристикам відповідає в даних експлуатаційних умовах потрібним вимогам. Ефективність і довговічність роботи моторного мастила залежить від пакету присадок в ньому та по мірі їх спрацювання мастило втрачає свої властивості.

Під спрацюванням присадок розуміють їх зникнення з моторного мастила і втрату ефективності в результаті розкладання, взаємодії з продуктами згоряння палива, а також осадження на фільтруючих елементах і деталях двигунів.

Проведений аналіз літературних джерел показав, що розробка методів визначення спрацювання присадок в моторних мастилах є складною проблемою, вирішення якої має велике практичне значення, а підвищення ефективності експлуатації автотранспорту шляхом уточнення строків заміни

моторних мастил є дуже актуальним завданням особливо в умовах зростаючих цін на нафтопродукти в Україні.

Для вирішення цих завдань необхідно провести експериментальні дослідження процесів зносу присадок в моторних мастилах та зміни їх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей під час експлуатації автотранспорту які дозволять прогнозувати термін експлуатації моторних мастил за їх фактичним станом для підвищення ефективності експлуатації рухомого складу шляхом уточнення строку заміни та раціонального використання паливно-мастильних матеріалів.

2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вирішення основного завдання, а саме визначення оптимального моменту заміни моторного мастила за його станом, а не через встановлений інтервал, для раціонального використання мастильних матеріалів необхідно провести експериментальні дослідження які дозволять встановити закономірності зміни їх фізико-хімічних властивостей від спрацювання в них присадок.

В даний час найкращим способом оцінки придатності мастил визнаний метод порівняння аналізів вихідного мастила і відпрацьованого. По аналізах фізико-хімічних показників свіжого і відпрацьованого мастила можна оцінити якість моторного масла і ступінь його спрацювання, а також отримати достатньо повну картину його роботи в двигуні.

Для визначення зміни фізико-хімічних властивостей моторних мастил під час їх експлуатації були взяті проби з трьох двигунів вантажних автомобілів-тягачів MAN 26.464, 2001 року випуску загальним пробігом від 380 тис. км до 400 тис.км які обладнанні чотиритактними дизельними двигунами D 28 з турбонадувом та проміжним охолодженням повітря в яких було залито моторне мастило Mobil Delvac MX Extra 10W40 та три автомобіля-тягача МАЗ 543208, 2005 року випуску загальним пробігом від 213 тис. км до 280 тис.км які

обладнанні чотиритактними дизельними двигунами ЯМЗ-7511 з турбонадувом та проміжним охолодженням повітря в яких було залито моторне мастило Shell Rimula R5 M 10W40 які працюють у автогосподарстві ТОВ «АДА-Транссервіс» м. Кам'янське.

Рекомендований фірмою MAN інтервал заміни моторного мастила в двигунах D28 автомобілів MAN 26.464 складає для групи обслуговування C rot - через 12 місяців або 400 робочих годин або 20000 км пробігу [4]. Для двигунів ЯМЗ-7511 автомобілів МАЗ 543208 згідно інструкція з експлуатації та технічного обслуговування інтервал заміни мастила складає 1000 робочих годин або 50000 км пробігу або через 12 місяців.

Експериментальні дослідження проводились в лабораторії «палив та мастил» кафедри «Автомобілі та автомобільне господарство» Дніпровського державного технічного університету.

На першому етапі експериментальних досліджень була визначена відповідність зразків мастил, що досліджувались, заявленим виробниками основним фізико-хімічним показникам. Результати досліджень приведені в таблицях 3.1-3.2. показують відповідність основних фізико-хімічних показників моторних мастил, що досліджувалися заявленим показникам фірм виробників, що підтверджує їх якість, та точність лабораторних досліджень. Після цього моторні мастила були залиті в двигуни автомобілів при їх черговому технічному обслуговуванні.

Проби мастила для дослідження збирались через кожні 10 тис. км. Порядок відбору проб визначався згідно з ГОСТ 26378.0 – 84. Для відібраних проб визначались наступні показники якості мастил: в'язкість кінематична при 100 °С, температура спалаху у відкритому тиглі, лужне число, кислотне число, щільність при 20 °С, сульфатна зольність, кількість Fe, діелектрична проникність ϵ , оптична щільність E та вміст води. Отримані показники порівнювалися з бракувальними характеристиками (таблиця 2.5 другого розділу магістерської роботи) і якщо значення хоча б одного з характеристичних параметрів якості досягає величин граничних показників, то

моторне мастило потрапляє в категорію відпрацьованих мастил та не придатне для подальшої експлуатації.

Після напрацювання 1000 мотогодин, або 50 тис. км зливали відпрацьоване мастило з двигуна і з проби, об'ємом 1000 см^3 , в лабораторних умовах видаляли воду, паливо і механічні домішки з контролем якості очищення. Потім визначали відсоток спрацьовування лужної, в'язкісної, антиокислювальної, протизносної і протизадирної присадок.

Індекс в'язкості визначається (за стандартами ASTM D 2270, DIN ISO 2909) за допомогою двох еталонних мастил. В'язкість одного з них сильно залежить від температури (індекс в'язкості приймається рівним нулю, $VI = 0$), а в'язкість іншого мало залежить від температури (індекс в'язкості приймається рівним 100 одиниць, $VI = 100$). При температурі 100°C в'язкість обох еталонних мастил і досліджуваного мастила повинна бути однаковою. Шкала індексу в'язкості виходить розподілом різниці в'язкостей еталонних мастил при температурі 40°C на 100 рівних частин. Індекс в'язкості досліджуваного мастила знаходять по шкалі після визначення його в'язкості при температурі 40°C , а якщо індекс в'язкості перевищує 100, його знаходять розрахунковим шляхом.

Кінематична в'язкість визначається в капілярних віскозиметрах при температурі 100°C за ДСТУ ГОСТ 33-2003 або ASTM D445. Вимірювання проводиться в термостаті, в якому підтримується задана температура. Віскозиметр занурюється в термостат, і, коли мастило нагрівається до потрібної температури, засікається час проходження мастилом відомого обсягу віскозиметра (зігнутої трубки) (рисунок 1).

Зміна кінематичної в'язкості характеризує спрацьовування в мастилі присадки - полімерного загущувача. За величиною цього параметра можна прогнозувати здатність мастила до збереження своїх в'язкісних характеристик в процесі експлуатації.

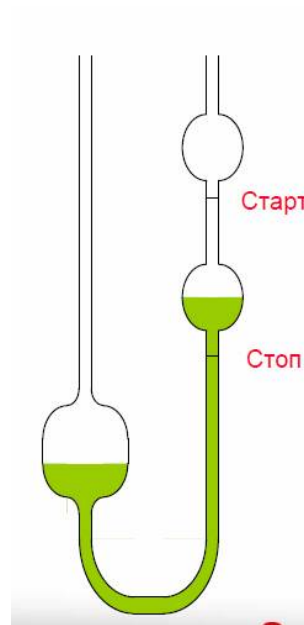


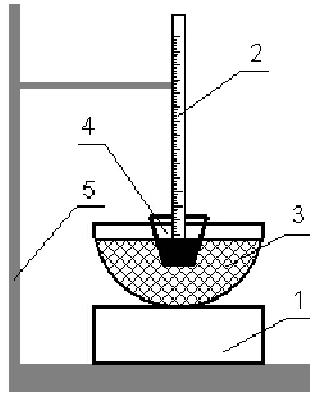
Рисунок 1. Визначення кінематичної в'язкості мастил віскозиметром

При використанні моторного мастила в ньому відбуваються два процеси: спрацьовується полімерний загусник і одночасно старіє базове мастило. Перший процес веде до розрідження мастила, а другий - до його загустіння. Причому прийнято вважати, що мастило непридатне до подальшої експлуатації при значенні зміни кінематичної в'язкості + 100%. Відповідно, можна зробити висновок, що чим менше величина зміни (з урахуванням знака), тим більше термін служби мастила.

Температура спалаху у відкритому тиглі визначається за ГОСТ 4333-87, або ASTM D 92/ NF EN 22592. Температура спалаху - це мінімальна температура, при якій пари мастила, нагрітого в спеціальній установці (рисунок 2), утворюють з повітрям суміш, займисту від стороннього джерела.

За цим показником побічно визначають вуглеводневий склад мастила, а також наявність домішок палива в ньому. Присутність палива значно знижує температуру спалаху мастила: при попаданні в мастило 1% палива температуру спалаху знижується від 200 до 170 ° С, а наявність в мастилі 6% палива знижує її майже в 2 рази. Зниження температури спалаху мастила значно збільшує його витрата, так як мастильні властивості падають. Попередньо знежирений і

висушений тигель 4 помістити в піщану баню 3 таким чином, щоб рівень піску в лазні був на 12 мм нижче краю тигля.



*1 – нагрівач; 2 – термометр; 3 – ємність з піском; 4 - тигель з мастилом;
5 - штатив*

Рисунок 2. Визначення температури спалаху моторного мастила у відкритому тиглі

Пісочну баню попередньо встановити на нагрівачі 1 (закрита плитка). У штативі 5 закріпити термометр 2 так, щоб ртутна кулька термометра знаходився в середині тигля і не торкався його дна. У тигель налити випробуване мастило до встановленого рівня. Установку закрити кожухом для захисту від різкого руху повітря. Включити нагрівач. Відрегулювати швидкість нагріву: $10\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{хв}$, після досягнення $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $4\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{хв}$.

Визначення температури спалаху мастила почати при температурі мастила $+100 \dots +120\text{ }^{\circ}\text{C}$ через кожні $2 \dots 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до досягнення температури спалаху. Визначення проводити наступним чином: запалити лучину від стороннього джерела, і провести полум'ям скіпи над поверхнею нагрітого мастила на відстані $8 \dots 10\text{ мм}$. Тривалість випробування $2 \dots 3\text{ с}$. За температуру спалаху мастила прийняти температуру, при якій спостерігається пробігають і швидко зникають сині вогники на поверхні мастила. Остаточний результат розраховується як середнє арифметичне двох визначень та робиться висновок про придатність аналізованого мастила до експлуатації.

Лужне число моторних мастил визначають за ISO 3771:2011 та ASTM D 2896. Для визначення лужного числа проводять зворотне потенціометричні титрування розчину мастила. Це означає, що в розчин додають надлишок кислоти (соляної), а потім капають луг доти, поки вольтметр не видасть стрибок напруги. З обсягу лугу, який для цього знадобився, і визначають лужне число моторного мастила. Даний параметр вказує на наявність присадок, призначених для нейтралізації продуктів окислення, які утворюються в процесі експлуатації мастила і призводять до збільшення корозійного зносу деталей, що неминуче впливає на зниження ресурсу двигуна. Кількість мийно-диспергуючих присадок в будь-якому мастилі оцінюється величиною лужного числа. Чим більше лужне число, тим краще двигун захищений від корозії, тим більша кількість забруднень може нейтралізувати і утримувати в підвішеному стані мастило. Тим самим воно перешкоджає накопиченню в двигуні нагару, шламу, лаків і різних опадів. Хоча потрібно враховувати той факт, що надлишок лужності чинить негативний вплив на протизносні і протизадирні властивості мастил. При роботі мастила в двигуні лужне число постійно і неминуче знижується. Таке зниження має свою межу, при досягненні якої вважається, що мастило втратило свою працездатність і відпрацювало свій ліміт. Вважається, що при зниженні лужного числа приблизно на 30% - 50% від початкового значення мастило слід замінити.

Кислотне число визначається за ISO 6618-96 та ДСТУ ГОСТ 11362-96 потенціометричним титруванням. Стандартний показник, що характеризує наявність в моторних мастилах продуктів окислення. Чим менше його абсолютне значення, тим краще умови роботи мастила в двигуні і тим більше його залишковий ресурс.

Більшість присадок що додаються в мастила мають кислотну природу, що відбивається на кислотному числі товарного мастила (не більше $\sim 0,8-1,2$). В процесі експлуатації мастила кислотне число спочатку падає, так як спрацьовуються присадки, а потім зростає з накопленням в мастилі кислих з'єднань.

Щільність при 20 °С визначається за ГОСТ 3900-85 або ASTM D 4052, як і в'язкість мастил, визначає мастильний ефект і залежить від вуглеводневого складу моторного мастила і наявності функціональних присадок.

У широкий сухий циліндр на 250 мл налити досліджуване мастило, не доливаючи до верхнього краю 5 см, заміряти термометром його температуру $t_{\text{випр}}$, °С. Виміряти відносну щільність мастила ареометром, обережно опустивши його в циліндр і витримавши приблизно 5 хв. Замір проводити по верхньому краю меніска рідини. Визначити відносну щільність мастила при 20 °С, використовуючи табличні дані. Перекласти відносну щільність мастила в абсолютну при температурі 20 °С, $\text{кг}/\text{м}^3$, помноживши величину відносної щільності на 1000.

Визначення величини сульфатної зольності в мастила з присадками проводиться згідно ГОСТ 12417-94, ISO 6245 та ASTM D482 і полягає в спалюванні проби мастила до твердого вуглистого залишку, перекладом з'єднань металів в сульфати шляхом обробки сірчаною кислотою з подальшим прожарюванням сульфатної золи до постійної маси.

У зважений фарфоровий тигель, попередньо доведений до постійної маси, налити пробу випробуваного мастила (≈ 3 мл). Визначити масу тигля з мастилом на аналітичних (або точних технічних) електронних вагах. В мастило додати 2 ... 3 мл толуолу, щоб уникнути спінювання масла при нагріванні. Паперовий беззольний фільтр згорнути у вигляді конуса, вершину конуса на висоту 5 ... 10 мм відрізати. Помістити конус з беззольного фільтра в мастило підставою вниз. Тигель поставити на електричну плитку в витяжній шафі і підпалити фільтр. Нагрівання тигля на плитці проводити обережно, щоб мастило не спінюється і не вихлюпувався з тигля. Спалювання мастила в тиглі продовжувати до тих пір, поки не утвориться сухий вуглистий залишок (≈ 15 хв).

Після спалювання мастила тигель обережно зняти з плитки муфельними щипцями, охолодити, вуглистий залишок повністю змочити концентрованою

сірчаної кислотою, додаючи її обережно по краплях. Тигель знову нагріти на електричній плитці до отримання сухого залишку.

Перенести тигель, використовуючи муфельні щипці, в попередньо нагріту до 800⁰С муфельну піч. Залишок в тиглі прожарити до повного озолення протягом 30 хвилин. Після озолення тигель з золою охолодити до кімнатної температури і знову зважити.

Масову частку сульфатної золи в мастилі,%, розраховують за формулою:

$$\omega = \frac{m_3 - m}{m_M - m} 100, \quad (1)$$

де m - маса порожнього тигля, г; m_3 - маса тигля із золою, г; m_M - маса тигля з пробєю мастила, м

Отримані дані порівнюють з допустимою масовою часткою сульфатної зольності для мастила зазначеної марки.

За зовнішніми ознаками золи визначають вид миючих присадок мастила. Якщо мастило містить барієві і кальцієві присадки, то після прожарювання в тиглі залишається об'ємний білий пухкий осад. Присадки, що представляють з'єднання кобальту, дають золу чорного кольору, а з'єднання заліза - коричневого кольору.

Якщо мастило взагалі не містить присадок, то на дні тигля після прожарювання залишається ледь помітний жовтуватий осад. Якщо вміст золи за визначенням менше 0,002%, сульфатна зольність в досліджуваному мастилі відсутня.

Кількість заліза (Fe) визначають по методу Лур'є. Метод ґрунтується на випаровуванні та озолуванні моторного мастила з кількісним визначенням заліза в отриманій золі [6]. За змістом алюмінію (Al), кремнію (Si), заліза (Fe), міді (Cu), хрому (Cr), свинцю (Pb) та інших металів можна оцінити ступінь забруднення мастила продуктами зношування і побічно оцінити стан двигуна.

З метою зниження вартості та працемісткості випробувань у випробуваному зразку відпрацьованого моторного мастила визначали тільки вміст заліза. За величиною вмісту заліза в мастилі можна також оцінити

необхідність заміни моторного мастила і його протизносні властивості. При спрацюванні протизносних присадок в мастилі різко зростає вміст заліза (підвищується знос деталей циліндро-поршневої групи і колінвалу), які є основними навантаженими елементами деталей двигуна. При утриманні в моторному мастилі заліза більше 0,010% (для дизельних двигунів) і 0,060% (для бензинових двигунів) мастило необхідно міняти.

Діелектрична проникність досліджуваних мастил вимірювалась за допомогою резонансного методу, основні принципи та особливості застосування якого викладені в роботі [6]. Резонансний метод характеризується підвищеною чутливістю вимірювань і заснований на вимірюванні параметрів коливального контуру при приєднанні до нього конденсатора, заповненого досліджуваним мастилом.

Як показують дослідження [7], у всіх розглянутих випадках діелектрична проникність моторного мастила зростає пропорційно часу його експлуатації в двигуні внутрішнього згорання. Це свідчить про те, що мастило спрацьовується, поступово втрачає властивості діелектрика і в ньому накопичуються продукти зносу деталей двигуна.

Оптична щільність характеризує накопичення в мастилі твердих і напіврідких продуктів старіння (загальне забруднення) значно знижує експлуатаційні показники моторних мастил, погіршує в'язкісно-температурні характеристики, посилює лако- і нагароутворення.

Визначення оптичної щільності мастил проводять фотоелектроколометричним методом на приладі ФЕК-М (рисунок 3).



Рисунок 3. Фотоелектоколориметр ФЕК-М

Метод заснований на визначенні оптичної щільності розчину аналізованого мастила по відношенню до еталонного розчину. Перед початком вимірів прилад вмикається в мережу і прогрівається 0,5 години.

У два бюкса залити по 10 мл бензину-розчинника. В один бюкс за допомогою мікропіпетки додати 0,1 мл свіжого мастила, в іншій - аналізованого відпрацьованого мастила. Вміст кожного бюкса ретельно перемішати. Розчин свіжого мастила - це еталонний розчин, за яким наструюється «0» приладу.

У кварцову кювету ($L = 5$ мм) за допомогою піпетки помістити еталонний розчин мастила до мітки і поставити кювету в кюветне відділення приладу ФЕК-М. В іншу кювету налити розчин досліджуваного мастила і помістити в кюветне відділення на одному рівні з еталонним розчином. Кюветне відділення закрити кришкою. При роботі з кюветами не чіпати руками межі, через які проходить світловий пучок, краплі олії, що потрапили на зовнішні межі кювети ретельно витерти фільтрувальною папером (рисунок 4). Встановити світлофільтр з довжиною хвилі 540 нм. Поворотом ручки, розташованої під кюветним відділенням, помістити в світловий пучок еталонний розчин.

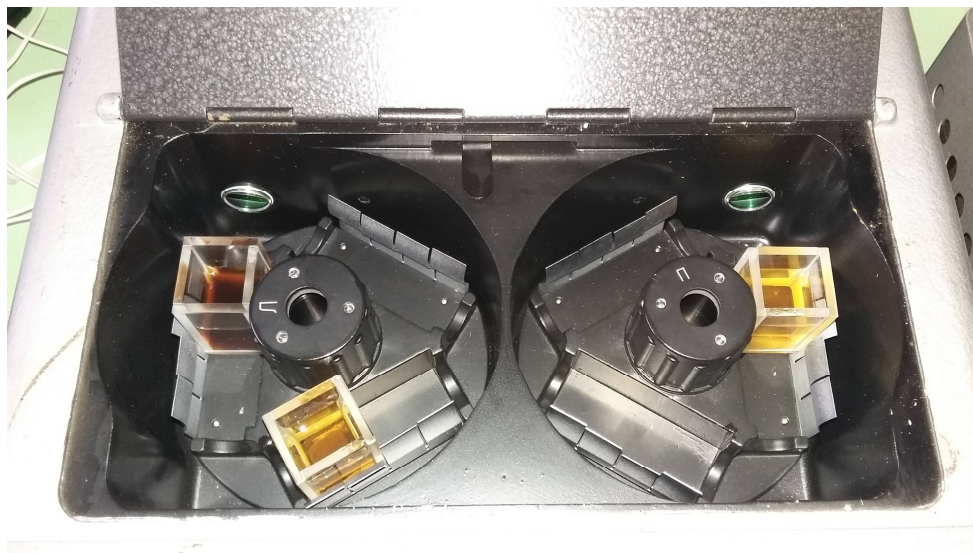


Рисунок 4. Кюветне відділення ФЕК-М

Повертаючи послідовно ручки: «чутливість» в положення «1», «2» або «3», а так само «грубо» і «точно» встановити стрілку міліамперметра приладу в положення «0» (рисунок 5).



Рисунок 5. Міліамперметр фотоелектроколориметру ФЕК-М

Повернувши ручку кюветного відділення, помістити в світловий пучок розчин досліджуваного мастила і заміряти по нижній шкалі приладу величину його оптичної щільності. Вміст кювети з досліджуваним розчином мастила вилити в бюкс, ретельно перемішати і знову повторити визначення, кожен раз по еталонному розчину перевіряючи «0» приладу. Для розрахунку взяти середній показник оптичної щільності.

Розрахувати величину розведення досліджуваного мастила за формулою:

$$i = \frac{V_p + V_M}{V_p}, \quad (2)$$

де V_p - об'єм розчинника (бензин), мл; V_M - Обсяг досліджуваного мастила, мл.

Ступінь забрудненості досліджуваного мастила розраховують за формулою:

$$\tau = 4,606 D_{cp} i, \quad (3)$$

де 4,606 - коефіцієнт, що враховує товщину кювети;

D_{cp} – середній показник оптичної щільності мастила.

Порівнюють ступінь забруднення відпрацьованого моторного мастила зі свіжим тієї ж марки, враховуючи, що оптична щільність його розчину дорівнює нулю.

Визначення вмісту води в мастилі (за методом Діна-Старка).

Крім вуглеводнів і функціональних присадок в мастилі може бути присутня вода і мінеральні забруднення, які знижують якість мастила або роблять його взагалі не придатним для експлуатації.

Вода в мастилі може бути присутнім як в розчиненому, так і в колоїдному стані. Вода потрапляє в мастило в тому випадку, якщо не дотримуються правила його транспортування і зберігання, а також під час роботи в двигуні у вигляді конденсату. Присутність води в мастилі призводить до осадоутворення, підсилює корозію металів, сприяє спінюванню мастила, знижує здатність, що змазує і викликає розкладання присадок. Особливо небезпечно присутність води в мастилі в зимовий час, так як вона утворює в маслі дрібні кристали. Накопичена вода сприяє утворенню в мастилі водних стійких емульсій, кислот і призводить до відкладення в картері пухких клейких опадів, які забивають масляні фільтри, сітки мастилоприймачів тощо. Вміст води в моторних мастилах не допускається.

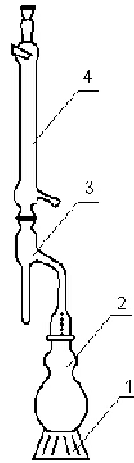
Визначення вмісту води в мастилі здійснюють в спеціальній установці (рис. 6).

В окремому циліндрі на 250 мл заміряти ареометром відносну щільність випробуваного мастила $\Delta\rho$, переводять її в абсолютну щільність при даній температурі ρ^t , кг / м³ ($\rho^t = 1000 \Delta\rho$). Відміряти циліндром 50 мл аналізованого мастила і розраховують його масу m , за формулою

$$m = \rho^t \cdot V^t \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

де V^t - обсяг мастила при температурі випробування, мл.

Помістити 50 мл мастила в суху реакційну колбу 2. Цим же циліндром відміряти 50 мл розчинника-толуолу, змив залишки мастила зі стінок циліндра. Розчинник так само вилити в реакційну колбу, туди ж помістити кип'ятільні камінчики.



1 – колбонагрівач; 2 – реакційна колба; 3 – приймач; 4 - холодильник

Рисунок 6. Схема установки для визначення вмісту води в мастилі

Подають воду в холодильник 4, включити колбонагрівач 1. Для підвищення швидкості нагріву реакційну колбу 2 можна закрити азбестом. Після закипання суміші мастила і розчинника нагрів регулювати таким чином, щоб з нижнього кінця трубки холодильника в приймач 3 падали 2 ... 3 краплі в секунду. Вода, що міститься в мастилі, накопичується в нижній частині градуйованого приймача, а розчинник - зверху. Як тільки рівень розчинника дійде до відповідної трубки приймача 3, його надлишок стікає

назад в реакційну колбу. Перегонку проводити до тих пір, поки обсяг води в приймачі перестане змінюватися (але не більше 1 години), а верхній шар (розчинник) стане абсолютно прозорим.

Якщо вміст приймача каламутне, то установку не розрізняють до тих пір, поки в приймачі не станеться розшарування рідин, потім охолоджують до температури навколишнього середовища.

Якщо виникають сумніви в наявності води, в приймач поміщають кристалик перманганату калію KMnO_4 . Навіть при незначному вмісті води нижній водний шар забарвлюється в фіолетовий колір. За градуванням приймача визначають обсяг води в ньому, мл.

Масову частку води в мастилi, %, розраховують за формулою:

$$\omega = \frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} V_{\text{H}_2\text{O}}}{m} 100, \quad (5)$$

де $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ - щільність води (прийняти 1 г/см^3); $V_{\text{H}_2\text{O}}$ - обсяг води в приймачі, мл; m - маса проби мастила, м

Якщо кількість води в мастилi виявиться менше 0,025%, вважати, що в мастилi вода відсутня, а якщо води в мастилi виявиться більше 0,4 %, то таке мастило не придатне до подальшої експлуатації.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Результати експериментальних досліджень визначення відповідності зразків мастила Mobil Delvac MX Extra 10W40 заявленим виробником ExxonMobil основним фізико-хімічним показникам приведені в таблиці 1.

Результати експериментальних досліджень показують відповідність основних фізико-хімічних показників моторного мастила Mobil Delvac MX Extra 10W40 заявленим показникам фірми виробників, що підтверджує його якість, та точність лабораторних досліджень (похибка не перевищує 3,2%).

Таблиця 1 – Основні фізико-хімічні показники моторного мастила Mobil Delvac MX Extra 10W40 (API: CI-4)

Найменування показника	Одиниці вимірювання	Результати випробувань		Метод випробувань
		ExxonMobil	ДДТУ	
В'язкість кінематична при 40 °C 100 °C	сСт	93 14,2	90 14,0	ASTM D445
Індекс в'язкості		150	149	ASTM D2270
Сульфатна зольність	%мас	1,2	1,4	ASTM D482
Загальне лужне число	мгКОН/г	11,4	11,6	ASTM D 2896
Температура застигання	°C	-33	-33	ASTM D 97
Температура спалаху	°C	235	232	ASTM D 92
Щільність при 15°C	кг/л	0,864	0,862	ASTM D 4052

Індекс в'язкості - 149 вказує що мастило є всесезонним і має базові синтетичні компоненти з загущувальними присадками з дуже широким температурним діапазоном працездатності. Інші фізико-хімічні показники знаходяться в межах нормативних значень, так сульфатна зольність складає 1,4%, що не перевищує допустиме значення для дизельних двигунів – 1,8- 2%. Результати експериментальних досліджень визначення відповідності зразків мастила Shell Rimula R5 M 10W40 заявленим виробником Royal Dutch Shell основним фізико-хімічним показникам приведені в таблиці 2.

Результати експериментальних досліджень показують відповідність основних фізико-хімічних показників моторного мастила Shell Rimula R5 M 10W40 заявленим показникам фірми виробників, що підтверджує його якість, та точність лабораторних досліджень (похибка не перевищує 3,8%).

Таблиця 2 – Основні фізико-хімічні показники моторного мастила Shell Rimula R5 M 10W40 (API:CI-4)

Найменування показника	Одиниці вимірювання	Результати випробувань		Метод випробувань
		Royal Dutch Shell	ДДТУ	
В'язкість кінематична при 40 °С 100 °С	сСт	90 13,4	91 13,5	ASTM D445
Індекс в'язкості		150	150	ASTM D2270
Сульфатна зольність	%мас	1,2	1,3	ASTM D482
Загальне лужне число	мгКОН/г	10,0	10,4	ASTM D 2896
Температура застигання	°С	-39	-40	ASTM D 97
Температура спалаху	°С	220	224	ASTM D 92
Щільність при 15°С	кг/л	0,882	0,885	ASTM D 4052

Індекс в'язкості - 150 вказує що мастило є всесезонним і має базові синтетичні компоненти з загущувальними присадками з дуже широким температурним діапазоном працездатності. Інші фізико-хімічні показники знаходяться в межах нормативних значень, так сульфатна зольність складає 1,3%, що не перевищує допустиме значення для дизельних двигунів – 1,8- 2%.

Результати другого етапу експериментальних досліджень, а саме зміни показників якості моторних мастил Mobil Delvac MX Extra 10W40 та Shell Rimula R5 M 10W40 від напрацювання у двигунах вантажних автомобілів для визначення оптимального моменту заміни моторного мастила за його станом, а не через встановлений інтервал шляхом порівняння отриманих показників з бракувальними показниками приведено в таблицях 3 – 4.

Таблиця 3. Показники якості моторного мастила Mobil Delvac MX Extra 10W40 при його експлуатації у двигунах MAN D 28

Найменування показників	Чисте мастило	Не придатне для подальшої експлуатації	Номер двигуна, у якому експлуатовалося мастило														
			№ 1					№ 2					№ 3				
Робота мастила, тис.км.	0	-	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
В'язкість кінематична при 100 °С, сСт	14,0	>16,3 < 12,5	14,36	15,5	16,16	16,76	17,46	14,28	14,64	15,84	16,44	17,14	14,4	15,2	16,22	16,82	17,52
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	232	209	225	215	203	191	179	227	217	205	193	181	231	220	209	197	185
Лужне число, мг КОН/г	11,6	8,1	10,8	10,0	9,2	8,4	7,0	11	10,2	9,4	8,4	7,1	10,6	9,7	7,9	7,3	6,7
Кислотне число, мг КОН/г	1,52	КЧ=ЛЧ	4,56	9,12	13,6	18,1	21,9	3,65	7,34	9,3	12,44	18,78	3,81	7,6	11,3	17,6	21,2
Щільність при 15 °С, ρ, г/см ²	0,862	-	0,844	0,826	0,806	0,784	0,754	0,846	0,830	0,812	0,792	0,770	0,842	0,822	0,798	0,772	0,744
Сульфатна зольність %	1,4	> 2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	1,4	1,4	1,6	1,8	2,1	1,3	1,5	1,8	2,2	2,5
Масова частка Fe, %	0	>0,010	0,002	0,005	0,012	0,019	0,027	0,005	0,010	0,016	0,023	0,030	0,002	0,006	0,012	0,018	0,027
Діелектрична проникність, ε	2,3923	-	2,4012	2,4087	2,4143	2,4344	2,4455	2,4034	2,4115	2,4203	2,4294	2,4385	2,3995	2,4065	2,4103	2,4254	2,4324
Оптична щільність, E	0,198	-	0,256	0,29	0,345	0,387	0,40	0,245	0,280	0,330	0,38	0,42	0,250	0,32	0,38	0,44	0,49
Вміст води, %	0	0,4	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,1	0,25	0,35	0,44	0,55	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45

Таблиця 4.- Показники якості моторного мастила Shell Rimula R5 M 10W40 при його експлуатації у двигунах ЯМЗ -7511

Найменування показників	Чисте мастило	Не придатне для подальшої експлуатації	Номер двигуна, у якому експлуатовалося мастило														
			№ 1					№ 2					№ 3				
Робота мастила, тис.км.	0	-	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
В'язкість кінематична при 100 °С, сСт	13,5	>16,3 < 12,15	14,28	15,06	15,84	16,54	17,34	14,31	15,15	15,92	16,62	17,42	14,15	14,93	15,71	16,41	17,21
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	224	201	220	212	202	190	176	220	213	203	191	176	221	215	207	197	185
Лужне число, мг КОН/г	10,4	7,3	9,8	9,2	8,4	7,4	6,2	10	9,4	8,6	7,6	6,4	9,8	9,2	8,0	7,3	6,0
Кислотне число, мг КОН/г	1,54	КЧ=ЛЧ	3,08	4,62	6,16	7,7	9,7	3,1	5,0	7,1	9,0	11,5	3,24	4,94	6,64	8,34	10,84
Щільність при 15 °С, ρ, г/см ²	0,885	-	0,867	0,849	0,829	0,807	0,783	0,869	0,851	0,833	0,813	0,791	0,865	0,843	0,819	0,793	0,767
Сульфатна зольність %	1,3	> 2	1,2	1,25	1,3	1,6	2,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,4	1,2	1,4	1,8	2,1	2,7
Масова частка Fe, %	-	>0,010	0,003	0,006	0,009	0,013	0,017	0,001	0,004	0,008	0,012	0,016	0,003	0,007	0,011	0,015	0,020
Діелектрична проникність, ε	2,3665	-	2,4265	2,4485	2,4598	2,4777	2,4944	2,4395	2,4473	2,4610	2,4780	2,4874	2,4425	2,4534	2,4668	2,4788	2,4865
Оптична щільність, E	0,163	-	0,185	0,2	0,268	0,30	0,324	0,196	0,235	0,280	0,320	0,350	0,175	0,2	0,245	0,286	0,310
Вміст води, %	-	0,4	0,1	0,25	0,35	0,45	0,6	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,05	0,15	0,25	0,35	0,5

З таблиці 3 видно, що жоден з показників якості моторного мастила Mobil Delvac MX Extra 10W40 при його експлуатації у двигунах MAN D 28 протягом 20 тисяч кілометрів (400 мото-годин) не вийшов за межі граничних величин тобто воно не потребує заміни, як це рекомендовано фірмою MAN, а може експлуатуватися до 25 – 30 тис.км., що дозволить автотранспортному підприємству заощадити кошти та ефективно використовувати моторні мастила. При 30 тис.км пробігу (600 мото-годин) мастило Mobil Delvac MX Extra потребує заміни так як три показника якості перевищили граничні значення, а саме: температура спалаху у відкритому тиглі зменшилась в середньому на 11,4 %, що перевищує граничне зменшення на 10%; кислотне число зрівнюється та перевищує лужне число; масова частка Fe перевищила дозволени в середньому на 0,013% .

Для моторного мастила Shell Rimula R5 M 10W40 при його експлуатації у двигунах ЯМЗ -7511 (таблиця 4) показники якості знаходяться в дозволених межах до 30 тис.км пробігу (600 мото-годин), але за температурою спалаху у відкритому тиглі, яка зменшилась в середньому на 9% майже досягла граничного зменшення в 10%, що дає підставу рекомендувати його замінити, хоча для двигунів ЯМЗ-7511 автомобілів МАЗ 543208 згідно інструкція з експлуатації та технічного обслуговування рекомендований інтервал заміни мастила складає 1000 робочих годин або 50000 км пробігу або через 12 місяців. Подальша експлуатація мастила без його заміни може призвести до негативних наслідків, а саме зменшення ресурсу двигуна та поломки його деталей, що значно збільшать витрати та втрати автопідприємства на ремонт двигунів та від простоювання автомобілів у ремонті і які значно будуть перевищувати витрати на моторне мастило при зменшенні інтервалів його заміни з 50 тис. км (1000 мото-годин) до 30 тис.км (600 мото-годин).

При 40 тис.км пробігу (800 мото-годин) мастило Shell за п'ятьма показниками якості досягло граничних значень, а саме: кінематична в'язкість при 100 °С збільшилась в середньому на 22,4% при дозволених 15% (див.

табл. 2.5); лужне число зменшилось на 30% при регламентованих 30% та зрівнялось з кислотним числом; масова частка Fe збільшилась в середньому на 0,013% при регламентованому збільшенні на 0,010%; вміст води перевищив регламентований граничний рівень в середньому на 0,02%, що говорить про непридатність мастила до подальшої експлуатації в двигунах.

ВИСНОВКИ

1. Строки заміни моторних мастил за пробігом або напрацюванням які рекомендує завод виробник не завжди достатньо обґрунтовані, а основні фізико-хімічні показники якості мастила не завжди досягають граничних значень при досягненні рекомендованого інтервалу заміни і моторне мастило придатне до подальшої експлуатації.

2. Результати експериментальних досліджень спрацювання присадок та зміни фізико-хімічних властивостей моторних мастил показують, що жоден з показників якості моторного мастила Mobil Delvac MX Extra 10W40 при його експлуатації у двигунах MAN D 28 протягом 20 тисяч кілометрів (400 мото-годин) не вийшов за межі граничних величин тобто воно не потребує заміни, як це рекомендовано фірмою MAN, а може експлуатуватися до 25 – 30 тис.км., що дозволить автотранспортному підприємству заощадити кошти та ефективно використовувати моторні мастила. При 30 тис.км пробігу (600 мото-годин) мастило Mobil Delvac MX Extra потребує заміни так як три показника якості перевищили граничні значення, а саме: температура спалаху у відкритому тиглі зменшилась в середньому на 11,4 %, що перевищує граничне зменшення на 10%; кислотне число зрівнюється та перевищує лужне число; масова частка Fe перевищила дозволени в середньому на 0,013% .

3. Для моторного мастила Shell Rimula R5 M 10W40 при його експлуатації у двигунах ЯМЗ -7511 показники якості знаходяться в дозволених межах до 30 тис.км пробігу (600 мото-годин), але за температурою спалаху у відкритому тиглі, яка зменшилась в середньому на

9% майже досягла граничного зменшення в 10%, що дає підставу рекомендувати його замінити, хоча для двигунів ЯМЗ-7511 автомобілів МАЗ 543208 згідно інструкція з експлуатації та технічного обслуговування рекомендований інтервал заміни мастила складає 1000 робочих годин або 50000 км пробігу або через 12 місяців.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. На защите металла. Тест отработанного масла DBV 5W-40 <http://autoexpert.com.ua/stati/masla-smazki/8565-na-zashhite-metalla.html>.
2. Григоров А.Б. Наглюк С.И. Карножицкий П.В. Уточнение сроков смены моторных масел при их эксплуатации в автобусах «Богдан-А091» и «ПАЗ-4234». Журнал «Автомобильный транспорт». Выпуск № 23 / 2008. – 4с.
3. Скиндер Н.И., Гурьянов Ю.А. О необходимости систематического контроля качества работающих моторных масел// Химия и технология топлив и масел. – 2003. - №5 - С.28-30.
4. Требования по применению масел и допуски автопроизводителей MAN. Электронный ресурс: <http://www.autolub.info/dopuski/man.shtml>
5. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. Москва, Химия, 1984г. - 448с.
6. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Слободской С.А. Диэлектрическая проницаемость как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации // Вестник национального технического университета «ХПИ». - Х.: НТУ «ХПИ». - 2006. - №25. - С. 169-175.
7. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Наглюк И.С. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации // Автомобильный транспорт. -Х.: ХНАДУ. - 2007. - №20. - С. 95-97.