

Самостійна робота за темою 11

Тема: Змащувальні матеріали

(Самостійно опрацювати матеріал за темою 11 згідно плану)

11.1. Функції і види мастильних матеріалів. Склад олив та присадки до них.

11.2. Властивості та якість змащувальних матеріалів.

11.3. Рідкі мастильні матеріали. Моторні оливи.

11.1. Функції і види мастильних матеріалів. Склад олив та присадки до них

Одним із найбільш ефективних способів забезпечення надійності й довговічності рухомих з'єднань деталей машин і механізмів та мінімізації енергетичних втрат під час їх експлуатації є використання в якості компонентів трібосистем мастильних матеріалів. Вони вже давно визнані повноправними конструкційними матеріалами. Тому трибологія тісно пов'язана з хімотологією – галуззю знань про властивості, якість і раціональне використання паливно-мастильних матеріалів та спеціальних рідин.

Присутність будь-якої адсорбованої речовини на активній поверхні твердого тіла в якійсь мірі може виконувати роль мастильного матеріалу, різниця полягає лише в ступені ефективності мастильної дії, яка визначається передусім в структурі адсорбованої плівки. Виключаючи або мінімізуючи безпосередній контакт трібоелементів, мастильні матеріали покращують фрикційно - зношувальні характеристики тертьових поверхонь.

Розвиток техніки викликав значну різноманітність умов, в яких працюють мастильні матеріали, і отже, збільшення необхідних функцій, які повинні вони виконувати. Основними функціями мастильних матеріалів є:

- забезпечення низького (в необхідних межах) рівня тертя;
- зниження інтенсивності зношування тертьових тіл;
- запобігання заїдання трібосистем;
- забезпечення відводу тепла з зони фрикційного контакту;
- очищення зон тертя від продуктів зносу або корозії;
- захист поверхонь тертя від корозії і дії зовнішнього середовища;
- ущільнення зазорів та герметизація рухомих з'єднань.

До мастильних матеріалів належать продукти органічного і неорганічного походження, які вводять в трібосистему з метою зменшення втрат на тертя, зношування і запобігання заїдання.

Якість мастильних матеріалів характеризується комплексом фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей у відповідності з умовами роботи трібосистеми. Властивості мастильних матеріалів визначаються: кінематикою руху(ковзання, кочення); величиною питомого або повного навантажень в місті тертя; максимальною, середньою і об'ємною температурами в зоні контакту; видом матеріалу та геометрією поверхонь (хвилястість, шорсткість) тертьових деталей; властивостями навколишнього

середовища та ін.

Мастильні матеріали повинні зберігати свої властивості у всьому діапазоні умов експлуатації, а також при зберіганні, не впливаючи негативно на дію контактуючих матеріалів (корозія металів і сплавів, погіршення якості матеріалів ущільнення та ін.) Крім того, вони повинні забезпечувати максимально вибухову і пожежну небезпечність, а шкідлива дія на навколишнє середовище повинна бути зведена до мінімальної шляхом оптимізації як його складу, так і конструкції трібосистем, а також відповідними організаційно-технічними заходами.

Усю номенклатуру змащувальних продуктів умовно поділяють на конструкційні та технологічні.

Конструкційні мастильні матеріали розглядаються як невід'ємні конструктивні елементи трібосистем машин і механізмів. При проектуванні машини конструктор здійснює вибір продукту мащення одночасно з вибором матеріалу та інших параметрів трібоелементів і він входить в специфікацію деталей і матеріалів на виробі.

Технологічні мастильні матеріали використовуються при обробці металів різанням і тиском з метою мащення та охолодження інструмента і обробляючого матеріалу. Технологічна олива вибирається технологом і розглядається як невід'ємний елемент прийнятого технологічного процесу.

За агрегатним станом розрізняють чотири групи мастильних матеріалів: рідкі (оливи); пластичні (пластичні мастила), тверді та газоподібні.

Використання в трібосистемах мастильного матеріалу того чи іншого виду обумовлено умовами роботи конкретної трібосистеми. Так для змащування сучасних двигунів внутрішнього згоряння використовують рідкі мастильні матеріали. У випадках, коли мастильний матеріал закладають тільки при монтажу трібосистеми або вводять в нього періодично (для змащування герметичних підшипників кочення, трібосистем шасі і рульового керування, карданних шарнірів, для герметизації рухомих ущільнень, сальників, різьбових з'єднань), ефективні пластичні мастила

В умовах тертя, коли рідкі і пластичні матеріали не забезпечують ефективного змащування (при температурах нижче температур застигання олив, або при втраті рухомості мастил, або вище граничних температур їх ефективної роботи, при роботі в умовах глибокого вакууму, коли рідкі і пластичні мастильні матеріали випаровуються, при екстремально низьких швидкостях ковзання), використовують тверді мастильні матеріали.

В специфічних умовах при дуже високих частотах обертання (до 500 тис. мин^{-1} і вище), при необхідності виключення стрибків сили тертя при переміщеннях з мінімальною швидкістю ковзання (до сотих часток мм/хв.), в широкому діапазоні температур і тисків, а також в зоні підвищеної радіації дуже ефективне використання газового змащувального матеріалу.

Звичайно під час експлуатації мастильний матеріал виконує одну або кілька визначених функцій. Тому в народному господарстві використовують мастильні матеріали, які мають певне призначення й забезпечують в їх

галузях найбільший ефект. Залежно від призначення оливи поділяють на моторні, трансмісійні, гідравлічні, індустриальні та іншого призначення.

Виконання мастильних матеріалів своїх функцій протягом необхідного періоду можливе за умовою, що їх якість буде задовольняти певним експлуатаційним вимогам. Перш за все це в'язкісно-температурні, протизносні, протизадирні, антиокиснювальні, антикорозійні, миюче-диспергуючі та інші властивості.

Важливими характеристиками вважаються також теплопровідність мастильного продукту, його температура спалаху і застигання, схильність до спінення та інші показники властивостей, залежних від функціонального призначення мастильних матеріалів.

В залежності від призначення мастильні матеріали повинні мати:

- оптимальні в'язкісно-температурні властивості для полегшення запуску машин та механізмів у межах температур навколишнього середовища, які потребує експлуатація; для зниження тертя і зносу та скорочення витрат енергоресурсів;

- добру змащувальну здатність для забезпечення надійного змащення на всіх режимах роботи машин та механізмів;

- необхідні антиокиснювальні властивості, які забезпечують мінімальну зміну хімічного складу оливи у процесі її роботи;

- добрі миюче-диспергуючі властивості з метою зниження схильності до утворення різного виду відкладень на нагрітих металевих поверхнях і у системі мащення (лаки, нагари, осад);

- високі протикорозійні властивості стосовно до конструкційних матеріалів, особливо кольорових металів та сплавів при робочих температурах оливи;

- достатні захисні властивості для захисту металевих поверхонь від атмосферної корозії у неробочий період машин та механізмів;

- стійкість до процесів випаровування, спінювання та утворення емульсій.

Крім того, мастильні матеріали не повинні негативно впливати на ущільнюючі матеріали, а також не викликати забруднення навколишнього середовища.

Перелік вимог до оливи конкретного призначення включає велику кількість різноманітних позицій. Ступінь важливості тих чи інших вимог різна. Багато з них суперечні. Тому при визначенні вихідних вимог їх ранжирують за ступенем важливості. Це дозволяє розробнику оливи знаходити компроміс між суперечними вимогами.

Вибір показників якості оливи, встановлення норм за ними і визначення запасу якості обґрунтовуються та експериментально підтверджуються спільними дослідженнями машинобудівників, експлуатаційників і розробників оливи. Затверджений зміст державних, галузевих нормованих показників, які характеризують якість оливи, складає перелік стандартів, технічних умов та інших відповідних документів.

Високі вимоги, які ставлять до якості оливи, досягаються шляхом вибору

необхідної оливної основи (базової оливи) та доданням до неї комплексу присадок.

Склад олив та присадки до них

Сучасні мастильні матеріали являють собою складні суміші різних компонентів, кожен із яких виконує свої функції. Залежно від вихідної сировини, яка використана для одержання базової оливи, мастильні матеріали поділяють на нафтові (мінеральні) та синтетичні. Поряд з повністю синтетичними основами використовують також суміш нафтових олив з синтетичними продуктами. Змішування нафтових олив з синтетичними є одним з можливих і достатньо ефективних засобів покращення якості товарного продукту.

Вибір основи нафтового або синтетичного походження або їх сумішей в визначених співвідношеннях залежить перш за все від умов експлуатації техніки і режимів роботи мастильного матеріалу.

Порівняно недавно в якості ще одного компонента базової основи стали використовувати рослинні оливи та продукти їх переробки або модифікування. Не зважаючи на відомі недоліки рослинних олив (низьку термоокиснювальну стабільність, посередні низькотемпературні властивості та ін.), можливості їх невичерпні. Оновлюючі сировинні джерела, відмінні екологічні властивості і ряд інших позитивних характеристик знову притягли увагу до цієї сировини розробників змащувальних матеріалів.

Найбільше розповсюдження одержали оливи на нафтовій основі. Вони являють собою рідкі суміші висококиплячих вуглеводнів з температурою кипіння 300 – 600°C і вище.

Якість базових олив має велике значення. Саме вони визначають такі важливі характеристики товарних олив, як випаровуваність, високотемпературні властивості, рухомість при низькій температурі, тощо, та які важко поліпшити введенням присадок. Тому для забезпечення надійної експлуатації сучасної техніки з жорстким режимом роботи при виробництві олив зростає роль базових олив вузького фракційного складу, з гарними в'язкісними, низько-та високотемпературними властивостями. Характеристика базових олив наведена в таблиці 11.1, де властивості олив оцінені за 5-бальною шкалою – чим вище бал, тим вище рівень відповідних властивостей.

Оливи набувають необхідних експлуатаційних властивостей в результаті застосування сучасних процесів переробки та очищення нафтової сировини. Однак, незалежно від вибору нафти і способів її одержання, базові оливи не можуть забезпечити необхідного рівня експлуатаційних властивостей мастильних матеріалів. Для поліпшення експлуатаційних властивостей олив на завершальній стадії виробництва в базові оливи вводять різноманітні хімічні сполуки – присадки.

Таблиця 11.1 - Характеристика базових олив

Оливи	Температурний інтервал використання, °C	Індекс в'язкості	Тріботехнічні властивості	Термоокиснювальна стабільність
Нафтові оливи	-45...135	60...120	4	2
Поліалкіленгліколі	-55...260	160...280	4	3...4
Полі- α -олефіни	-70...290	120...150	4	5
Дієфіри (складні ефіри двохосновних карбонових кислот)	-60...300	120...180	4	5
Силікони	-60...205	130...300	2	4

Примітка: Властивості олив оцінені за 5- бальною шкалою, чим вище бал, тим вище рівень відновлених властивостей.

Забезпечення необхідних якостей олив досягається шляхом правильного поєднання властивостей базової основи з комплексом уведених присадок різноманітного функціонального призначення.

Присадки – це оливорозчинні синтетичні сполуки органічного походження або їхні суміші. Деякі присадки впливають на фізичні властивості оливи (схильність до застигання, в'язкісно-температурні характеристики), інші надають оливним фракціям властивостей, яких вони не мали (антикорозійні, протизадирні та ін.). Найчастіше в оливи вводять композиції присадок. При цьому вони можуть взаємно посилювати одна одну, створюючи синергічний ефект, або викликають антагонізм (послаблення функцій присадок при невдалій композиції).

За функціональним призначенням існують такі групи присадок:

- в'язкісні – підвищують в'язкість та поліпшують в'язкісно-температурні властивості;
- депресорні – знижують температуру застигання;
- антифрикційні, протизносні та протизадирні – поліпшують мастильні властивості олив, зменшують тертя, знос і попереджають задири;
- антиокиснювальні – підвищують стійкість олив проти окиснення киснем повітря;
- миюче-диспергуючі – забезпечують необхідну чистоту деталей, підтримуючи продукти окиснення і забруднення у зваженому стані;
- антикорозійні та захисні – сприяють зниженню і запобіганню корозійного впливу на метали кислих продуктів та вологи;
- протипінні та деемульгуючі – запобігають спіненню олив та утворенню стійких емульсій.

Присадки, які поліпшують одночасно декілька властивостей мастильних матеріалів, називають багатофункціональними. При цьому назву присадки визначає лише її основне призначення.

Ефективність присадок до оливи різного походження обумовлюється не тільки оптимальною концентрацією (у випадку композиції оптимальним поєднанням компонентів), але й складом, властивостями, умовами виробництва і застосування мастильних матеріалів.

Присадки вводять в оливи у порівняно невеликих кількостях, від часток відсотка до кількох відсотків (у композиціях їхня загальна концентрація може доходити до 15% і більше). Виняток складають в'язкісні присадки, їх можна додавати до 20 – 30% і більше.

Загальними вимогами до сучасних присадок, незалежно від призначення, є добра розчинність в оливах у широкому інтервалі температур, стабільність при тривалому зберіганні.

11.2. Властивості та якість змащувальних матеріалів

Внутрішнє тертя (в'язкість) в оливах

До найважливіших експлуатаційних показників мастильних матеріалів відносять їхні в'язкісні властивості. Ці властивості, в першу чергу, визначають можливість і доцільність застосування тієї чи іншої оливи для конкретних вузлів та механізмів у заданих умовах роботи. Показники в'язкості характеризують втрати на тертя, тепловиділення, несучу здатність, товщину плівки і ін. Від в'язкості оливи залежить легкість і час запуску механізмів у роботу, здатність їх циркулювати у системі мащення, утримуватися у змащувальному вузлі та забезпечувати гідродинамічний режим мащення, а значить зводити до мінімуму втрати енергії на тертя і зменшувати зношування деталей. В'язкість також впливає на охолодження тертьових поверхонь, витік через ущільнення, фільтрацію та витрату оливи.

До основних показників, що характеризують в'язкість оливи, належать динамічна в'язкість, кінематична в'язкість, індекс в'язкості та п'єзокоефіцієнт в'язкості, який характеризує вплив тиску на в'язкість оливи.

Динамічна (абсолютна) в'язкість є мірою внутрішнього тертя і характеризує властивість оливи чинити опір взаємному переміщенню її шарів один відносно другого під дією зовнішньої сили.

Закони щодо процесів течії (деформування) рідин потребують урахування їх внутрішнього тертя. Особливості і закономірності течії реальної в'язкої оливи можна уявити на простішому прикладі її деформації між паралельними нерухомою і рухомою пластинами (рис. 11.1).

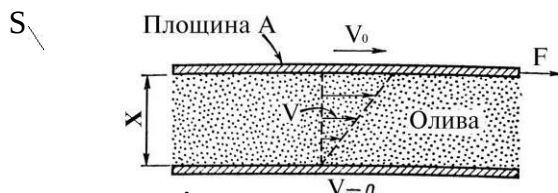


Рис. 11.1. Внутрішнє тертя між двома паралельними пластинами

Під час руху оливи між поверхнями виникає диференціація швидкостей окремих шарів від нульової швидкості для шару, прилеглого до нерухомої пластини, і до швидкості, рівної швидкості рухомої пластини.

Гradient швидкості зсуву рідини по нормалі до напрямку потоку dv/dx є похідною від швидкості по товщині (зазору) шару рідини. На припущенні, що внутрішнє тертя залежить від відносної швидкості переміщення складових часток рідини Ньютон сформулював закон в'язкої течії рідини. Сила тертя F , яка виникає при переміщенні одного шару відносно другого (зсуві), прямо пропорційна gradientу відносної швидкості зсуву і поверхні шарів:

$$F = \eta S \frac{dv}{dx}, \quad (11.1)$$

де η – коефіцієнт пропорційності, залежний від природи рідини і є однією з її важливих характеристик (його звуть коефіцієнтом в'язкості, коефіцієнтом внутрішнього тертя, динамічною в'язкістю, або просто в'язкістю);
 S – площа пластини.

$$\eta = \frac{dv}{Dx} \quad (11.2)$$

З визначення коефіцієнта в'язкості η вимірюється в $\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$ ($\text{Па} \cdot \text{с}$) – в'язкість такої рідини, яка чинить опір в 1 Н взаємному переміщенню двох шарів рідини площею 1 м^2 , що знаходяться один від одного на відстані 1 м і переміщуються з відносною швидкістю 1 м/с .

Закон течії Ньютонa враховує зв'язок між тангенціальною силою зсуву F , віднесеною до одиниці площини S (напруження зсуву P), і gradientом швидкості зсуву:

$$P = \eta \frac{dv}{dx} \quad (11.3)$$

Таким чином, динамічна в'язкість – це властивість рідини чинити опір переміщенню однієї її частини відносно другої при зсуві (або других видах деформації), тому закон Ньютонa можна сформулювати так: напруження зсуву P при ламінарній течії рідини пропорційне швидкості деформації $d\gamma/dt$, або швидкості деформації пропорційна напруженню зсуву:

$$P = \eta \frac{d\gamma}{d\tau} \quad (11.4)$$

У свою чергу, величина деформації γ залежить від часу:

$$\gamma = \frac{P}{\eta} \tau \quad (11.5)$$

Деформація при постійному напруженні пропорційна часу його дії. З розглянутої залежності витікає, що ідеальні рідини здатні текти (деформуватись) під дією дуже малих зовнішніх навантажень протягом усього часу дії останніх.

Рідини, які підлягають закону Ньютонa, звуться ньютонівськими рідинами. Більшість нафтових і синтетичних олив при визначених

температурах і тисках належать до ньютонівських рідин. Вони характерні тим, що напруження зсуву в них є лінійною функцією градієнту швидкості зсуву; таким чином, їх в'язкість величина постійна і не залежить від градієнту швидкості.

В'язкість рідини обумовлена головним чином міжмолекулярною взаємодією, яка обмежує рухливість молекул. Молекулярний перехід з шару в шар і залучення сусіднього шару до руху можливі лише за рахунок визначених енергетичних втрат, зростаючих зі зниженням температури і зростанням тиску. Оливи становляться неньютоновськими рідинами в основному в двох випадках:

- 1) при низьких температурах, коли олива починає застигати і в результаті кристалізації вміщених в неї парафінових вуглеводнів набуває властивості структурованої системи;
- 2) при загущенні полімерними присадками.

В обох вказаних випадках в'язкість оливи залежить від градієнту швидкості зсуву, причому зі збільшенням цього градієнту в'язкість зменшується. Зменшення в'язкості у структурованих оливах відбувається руйнуванням структури, у загущених – зростаючою орієнтацією задовгих ланцюжків молекул полімерів в напрямку течії. Зміна в'язкості в цих випадках оборотна.

Для визначення динамічної в'язкості використовують ротаційний віскозиметр (рис. 11.2). Він складається з двох коаксіальних циліндрів: внутрішнього 1 і зовнішнього 2 встановлених у підшипниках корпуса приладу.

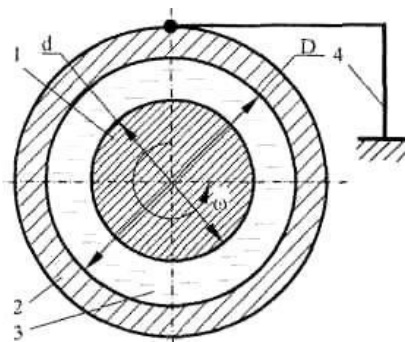


Рис.11.2. Схема ротаційного віскозиметру

Внутрішній циліндр приводиться в рівномірне обертання з кутовою швидкістю ω . Простір між циліндрами заповнено випробуваним мастильним матеріалом 3. Внутрішній циліндр захоплює за собою шар мастильного матеріалу, який примикає до нього, і за рахунок внутрішнього тертя в рідині обертання передається на зовнішній циліндр, що утримується від обертання. Пружинний динамометр 4 під час вимірювання моменту тертя, утримує від обертання зовнішній циліндр.

Динамічну в'язкість η за показниками приладу розраховують за формулою:

$$\eta = \frac{P}{dv} = \frac{F(D-d)}{2\pi 2nD 2L} \quad (11.6)$$

$$\overline{dx}$$

тут F – тангенціальна сила;

n – частота обертання внутрішнього циліндра; L – довжина робочої частини циліндрів; $(D-d)$ – товщина мастильного шару;

πDL – площа, на якій відбувається зрушення шарів мащення.

Згідно ГОСТ 1929 динамічну в'язкість визначають на ротаційному віскозиметрі (типу Реостат 2, або його подальших модифікацій), реєструючи момент опору обертання внутрішнього циліндра з досліджуваною оливою при різних градієнтах швидкості і розрахунку напруження зсуву.

Для визначення динамічної в'язкості оливи використовують також такий простий спосіб, як вимірювання при певній температурі сталої швидкості падіння недеформованої кульки усередині досліджуваної рідини, яка знаходиться в циліндрі приладу (рис. 11.3).

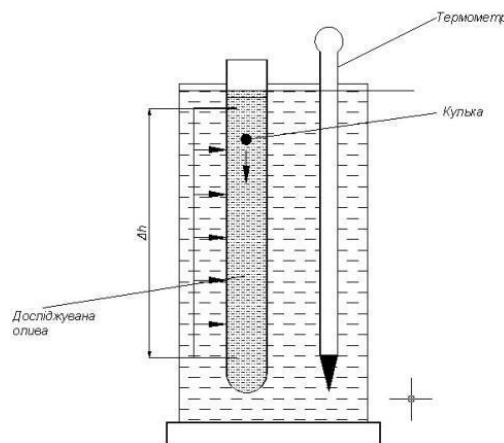


Рис.11.3. Віскозиметр з падаючою кулькою

В приладі замірюється час падіння кульки в рідині t з заданої висоти Δh . Припускається, що швидкість падіння кульки ($v = \Delta h/t$) в рідині незмінна, але необхідно підбирати масу і розміри кульки в залежності від в'язкості оливи. На практиці цей метод використовують для рідин, які мають відносно високу в'язкість (моторна, трансмісійні оливи, гліцерин та ін.)

Згідно закону Стокса кулька радіусом r , рухаючись з сталою швидкістю v зазнає в в'язкій рідині опір:

$$F = 6\pi\eta r v \quad (11.7)$$

Якщо рух здійснюється під впливом сили ваги, то сила, яка прикладена до кульки дорівнює:

$$F = \frac{3}{4}\pi r^3 g (\rho_1 - \rho_2), \quad (11.8)$$

де g – прискорення сили ваги;

ρ_1 і ρ_2 – відповідно густини кульки і рідини. Таким чином:

$$\frac{3}{4} = \pi r^2 g(\rho_1 - \rho_2) = 6\pi\eta r v \quad (11.9)$$

Звідки

$$\eta = \frac{2r^2 g(\rho_1 - \rho_2)}{9v} \quad (11.10)$$

В цих умовах дослідження закон Стокса додержується при наступних умовах: кульки мають правильну сферичну форму, гладкі і не деформуються, вони рухаються на достатній відстані від дна і стінок циліндра; рідина повинна бути однорідною, в неї відсутні сторонні рухання (конвекційні токи і течії, рухи бульбашок газів та ін.); швидкість руху кульки повинна бути такою, щоб навколо неї встановлювалась ламінарна течія рідини.

При гідродинамічних розрахунках, пов'язаних із конструюванням трібосистем і підбором для них оливи, звичайно використовують кінематичну в'язкість. Вона є обов'язковим показником в нормах для усіх мінеральних і синтетичних оливи.

Кінематична в'язкість ν (питомий коефіцієнт внутрішнього тертя) є мірою опору течії рідини під впливом гравітаційних сил. Кінематична в'язкість ν_t , пов'язана з динамічною η_t через густину рідини ρ_t при температурі дослідів t наступним виразом:

$$\nu_t = \frac{\eta}{\rho} \quad (11.11)$$

Одиниця виміру кінематичної в'язкості $\frac{\eta}{\rho}$ [м²/с]. В практиці використовують також меншу одиницю [мм²/с]=10⁻⁶ м²/с.

Для визначення кінематичної в'язкості (ГОСТ 33–2000) використовують капілярні віскозиметри із скла з малим коефіцієнтом температурного розширення (табл.7.2).

Таблиця 11.2 -Віскозиметри для визначення кінематичної в'язкості

Тип віскозиметра	Діапазон в'язкості, мм ² /с
Віскозиметри Оствальда для прозорих рідин:	
Канон –Фенске звичайний	0,5...20000
Пинкевича (ВПЖТ–4)	0,6...10000
ВПЖТ–2	0,6...17000
Віскозиметри з висячим рівнем для прозорих рідин:	
ВПЖТ–1 (BS/IP/SL)	0,6...30000
Убеллоде	(3,5...100000)
Віскозиметри із зворотним протоком для прозорих і непрозорих рідин:	0,3...100000

ВНЖТ (Каннон–Фенске-Опакв) – непрозорий BS/IP/PF з V-образною трубкою	0,6...20000 (0,4...20000) 0,6...300000
--	---

Згідно ГОСТ 33–2000 (ISO 3104–94) визначення кінематичної в'язкості полягає в вимірюванні часу витікання визначеного об'єму рідини від мітки M_1 до мітки M_2 під впливом сили ваги при постійній температурі через калібрований скляний капілярний віскозиметр (рис. 11.4).

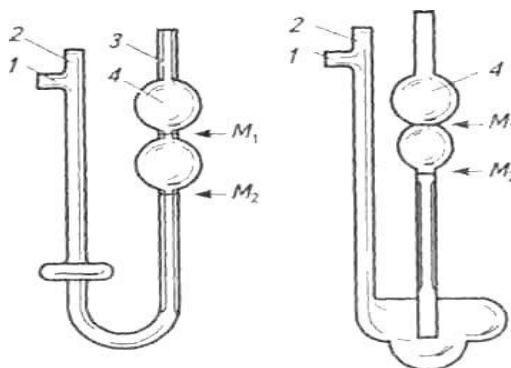


Рис. 11.4. Капілярні віскозиметри Пінкевича ВПЖТ–4 і ВПЖТ–2: 1–відвідна трубка; 2, 3–коліна; 4–розширення

В залежності від внутрішнього діаметра капіляра віскозиметра встановлена його стала, яка використовується для розрахунку в'язкості досліджуваного зразка оливи.

Значимість в'язкісних властивостей змащувальних олив настільки велика, що показник в'язкості є основою класифікації змащувальних олив. Однак при виборі оливи для машин і механізмів недостатньо знати в'язкість при одній певній температурі.

В'язкість оливи не є постійна величина, на неї впливають ряд факторів і передусім температура: чим вона вище, тим менша її в'язкість, і навпаки. Характер цієї залежності неоднаковий для олив із різної сировини, різних способів отримання та складу. Змінювання в'язкості від температури не підкорюється лінійної залежності, особливо в зоні високих температур.

Кінематичну в'язкість розраховують за формулою:

$$\nu = C \tau, \quad (11.12)$$

де C - стала віскозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$; τ – час витікання оливи через капіляр віскозиметра, с.

Чим менше змінюється в'язкість з підвищенням чи зниженням температури, тим краще олива веде себе в експлуатації. Тому досить важливою є оцінка змащувальних олив за в'язкісно-температурними властивостями, тобто за ступенем пологості зміни в'язкості від температури.

У міжнародній практиці для оцінки в'язкісно-температурної характеристики олив прийнято кількісний критерій, який називається індексом в'язкості.

Індекс в'язкості (ІВ) є умовним показником, який визначається

порівнянням досліджуваної оливи з двома еталонними, в'язкісно-температурні властивості однієї з яких прийняті за 0, а іншої – за 100 одиниць. Чим вищий ІВ, тим більш полого в'язкісно-температурна характеристика і тим краща олива для зимової експлуатації.

Застосовується кілька систем визначення індексу в'язкості. Згідно ГОСТ 25371 його визначають по таблицям і номограмам в залежності від в'язкості при температурах 40 і 100°C

Найпоширенішою у світовій практиці є система Діна та Девіса. Ця система дозволяє порівнювати властивості аналізованої оливи з в'язкісно-температурними властивостями двох еталонних олив, для одної з яких умовно прийнято показник ІВ=0 (в'язкість дуже змінюється з температурою), а другої–ІВ=100 (в'язкість значно менш змінюється з температурою).

У відповідності з американським стандартом ASTM D 2270–79 (модифікацією цієї системи) індекс в'язкості розраховують за формулою:

$$IV = 100 \frac{v_0 - v_x}{v_0 - v_{100}}, \quad (11.13)$$

де v_0 , v_{100} , v_x – відповідно кінематична в'язкість оливи з ІВ=0, ІВ=100 та випробуваної оливи.

В той час, коли була розроблена шкала індексів в'язкості, припускалось, що усі інші оливи за цим показником знаходяться в межах від 0 до 100. Однак використання сучасних методів очищення олив спеціальними розчинниками, полімерними присадками і синтетичними продуктами призвело до появи олив, які виходять за межі шкал індексів в обох напрямках.

Звичайно оливи з ІВ<80 називають низькоіндексними, з ІВ=80...90 – середньоіндексними, а з ІВ>90 високоіндексними. Сучасні оливи з загущеними присадками мають ІВ>100.

Наявність відомостей про величину індексу в'язкості має важливе значення у практиці використання олив, оскільки ці відомості необхідні для визначення можливого діапазону температур експлуатації машин і механізмів. Так, при низьких (мінусових) температурах в'язкість низькоіндексних олив настільки підвищується, що вони втрачають рухомість і не поступають в трібосистему при пуску, а при підвищеній температурі в'язкість знижується настільки, що не забезпечує гідродинамічного режиму мащення. Втрата рухомості олив при низьких температурах визначається вмістом в них твердих і поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які кристалізуються і оскляються в цих умовах використання. Високоіндексні оливи, навпаки, ефективно виконують свої функції в широкому діапазоні температур.

Разом з тим ІВ не відображає можливість використання олив в умовах низьких температур. Тому для зимових та всесезонних олив, крім ІВ, додатково вказують значення кінематичної або динамічної в'язкості при мінусовій температурі.

Індекс в'язкості нафтових олив визначається їхнім фракційним і

вуглеводневим складом. Чим менша в'язкість оливи при 100°C, тим більш полого її в'язкісно-температурна характеристика (рис.11.5).

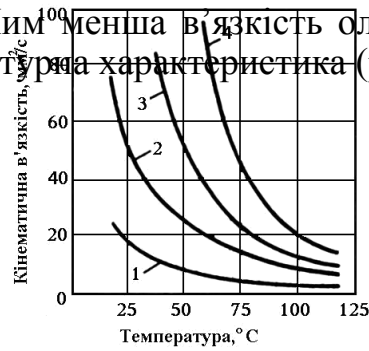


Рис. 11.5. В'язкісно-температурна характеристика оливи, які мають в'язкість при температурі 100°C:

1 – 2,5 мм²/с; 2 – 6,0 мм²/с; 3 – 10,0 мм²/с; 4 – 20,0 мм²/с

Малов'язкі оливи характеризуються високим індексом в'язкості, але при високих експлуатаційних температурах їхня в'язкість є недостатньою для створення умов гідродинамічного режиму мащення.

Для забезпечення суміщення необхідної в'язкості при робочих температурах і при пологій залежності в'язкості від температури малов'язкі оливи загущують спеціальними в'язкісними (загущуючими) присадками.

Оливи, що містять ці присадки, називають загущеними. За основу для таких оливи використовують оливи з в'язкістю 3,0 – 5,0 мм²/с при температурі 100°C. У загущених оливах мала в'язкість при низькій температурі забезпечується базовою оливою, а висока в'язкість при робочих температурах – в'язкісною присадкою.

Одержані таким чином оливи мають значно пологішу в'язкісно-температурну характеристику, ніж звичайні оливи, які мають таку ж в'язкість при робочих температурах (рис.11.6).

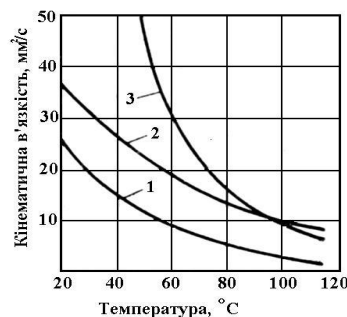


Рис.11.6. Вплив в'язкісної присадки на в'язкість оливи при різних температурах:

1 – малов'язка олива; 2 – та ж олива з в'язкісною присадкою; 3 – дистилятна олива, рівнов'язка при 100°C із загущеною оливою

Загущені оливи поєднують у собі добрі пускові та антифрикційні властивості, які характерні для малов'язких оливи при низьких температурах та добрі мастильні властивості високов'язких оливи при високих робочих

температурах.

Застосування загущених присадок дозволяє одержати зимові та всесезонні оливи. Сучасні технології отримання всесезонних олив відкривають великі можливості для варіювання їх в'язкісних властивостей. Таке варіювання досягається використанням в складі всесезонних олив наряду з базовими малов'язкими мінеральними оливами з високим індексом в'язкості синтетичних компонентів, а також базових олив гідрокрекінгу з індексом в'язкості до 150 і сумішей останніх з мінеральними і синтетичними оливами. Суттєво розширюється асортимент полімерних в'язкісних присадок. Традиційним в'язкісним полімерним присадкам (поліметакрилатам, сополімерам олефінів) надають диспергуючі властивості. Використовують також нові присадки-модифікатори низькотемпературної прокачуємості LTPM (Low temperature pumpability modifiers), при додаванні яких в кількості 0,2 – 0,5% в декілька разів зменшується в'язкість всесезонних олив при низьких температурах і градієнті швидкості зсуву.

Існує принципова різниця між реологічними властивостями всесезонних олив з полімерними в'язкісними присадками і без них. Загущенні макрополімерними присадками оливи – це неньютоновські рідини, в'язкість яких суттєво залежить від напруженості і від градієнту швидкості зсуву. Введення макрополімерних присадок значно впливає не тільки на реологічні, але і протизносні, миючі та інші властивості оливи. Тимчасове падіння в'язкості при високій температурі і градієнту швидкості зсуву, необоротне зниження в'язкості з-за механічної, термічної, і термоокислювальної деструкції макрополімерних присадок вважаються негативними властивостями загущених всесезонних олив. Однак загущені оливи складають значну долю всесезонних олив, тому що в цьому випадку в якості базової основи можна використовувати доступні і відносно дешеві мінеральні оливи, звичайно дистильовані в'язкістю 3,5...7 мм²/с при 100° С з індексом в'язкості 95...105.

Вартість базових олив гідрокрекінгу з індексом в'язкості 130...150 вище вартості мінеральних в 1,5 – 2 рази, однак, всесезонні моторні оливи на основі продуктів гідрокрекінгу знайшли більш широке використання. Вони поступаються синтетичним за температурою застигання, випаровуваністю (за виключенням алкілбензолів) і в'язкісно-температурною характеристикою при низьких негативних температурах. Однак, різниця за цими показниками не так визначальна в порівнянні з вартістю. В порівнянні зі звичайними малов'язкими мінеральними оливами селективного очищення оливи гідрокрекінгу мають ряд суттєвих переваг.

В якості загущуючих присадок використовують високомолекулярні полімерні та сополімерні продукти: поліізобутилені, поліметакрилати, полівінілалкілові ефіри, сополімери олефінів, стиролдієнові сополімери. Механізм дії в'язкісних присадок заснований на змінюванні форми та об'єму макромолекул полімерів в залежності від температури оливи. При високій температурі макрополімерні молекули, витягуючись у довгі розгалужені

ланцюги, дають більший загущуючий ефект, ніж знаходячись у згорнутому стані при низьких температурах, коли полімерні молекули, притягуючись одна до одної під впливом внутрішньо-та міжмолекулярних адгезійних сил, витискують молекули оливи у процесі згортання в клубок.

В практиці використання оливи велике значення має також залежність їх в'язкості від тиску. В трібосистемах в умовах точкового і лінійного контакту навантажених тертьових поверхонь в підшипниках кочення, зубчатих передачах, кульових опорах мастильний матеріал зазнає високі тиски, які можуть досягати сотні і тисячі МПа. У зв'язку зі скороченням відстані між молекулами при високих тисках взаємодія між ними збільшується. Відповідно при підвищених тисках в'язкість рідин зростає.

В'язкість стисливих рідин збільшується по мірі підвищення тиску. Відносно низька стисливість мінеральних та синтетичних оливи призводить до значного збільшення в'язкості при високих тисках. Цей фактор слід враховувати, бо у всіх процесах мащення оливна плівка відчуває навантаження між тертьовими поверхнями, а у гідравлічних системах олива зазнає тиску в об'ємі. Наприклад, у підшипниках дробарок і млинів питомий тиск складає 2–20 МПа, у підшипниках колінчастого вала – 20–35 МПа, у втулках шатунів – 50–90 МПа, у парах кулачок-штовхач і у зубчастих передачах – 1500–3000 МПа та вище. Особливо велике навантаження оливи у гіпоїдних передачах.

Для прогнозування підвищення в'язкості оливи в залежності від навантаження користуються формулою:

$$\frac{\alpha p}{\eta_p} = \eta_0 e \quad , \quad (11.14)$$

де η_p – динамічна в'язкість оливи при тиску P , Па·с; η_0 – динамічна в'язкість оливи при атмосферному тиску, Па·с; α – п'єзокоефіцієнт в'язкості, Па⁻¹.

П'єзокоефіцієнт в'язкості залежить від хімічного складу оливи і зростає зі збільшенням у ньому ароматичних вуглеводнів. В оливах з високим індексом в'язкості в'язкість збільшується у меншій мірі, ніж у низькоіндексних. Від п'єзов'язкісних властивостей оливи залежить товщина змащувальної плівки у місці контакту, коефіцієнт тертя, а також прокачуваність оливи у трубопроводах гідросистем.

Наприклад, при тиску 35 МПа в'язкість нафтової оливи подвоюється. Вже при тиску 50–100 МПа в'язкість зростає настільки, що олива втрачає властивості рідини і перетворюється на пластичне або квазітверде тіло.

Низькотемпературні характеристики. Для більшості мінеральних оливи є характерним різке підвищення в'язкості і повна втрата рухомості при зниженні температури. Ці явища пояснюються схильністю вуглеводнів, що входять в склад нафтових оливи, до асоціації з утворенням аморфних або кристалевих структур. Розмір і характер надмолекулярних структур залежить від будови вуглеводнів, режиму охолодження, присутності в оливі поверхнево-активних речовин (ПАР).

Висока в'язкість оливи і втрата рухливості відбивається на надійності роботи машин та механізмів, особливо в момент пуску. Зниження температури оливи призводить до збільшення пускового моменту прокручування двигуна, запізнювання подачі оливи до трібосистем і погіршення ефективності роботи оливоочисного обладнання.

Температура, при якій олива втрачає текучість, називається температурою застигання. Як і для рідкого палива, її визначають шляхом охолодження оливи у пробірці доти, доки меніск при нахилі пробірки на 45° не буде зміщуватися протягом однієї хвилини.

Застигання при зниженні температури, з одного боку, пов'язане з виділенням з рідкої фази оливи кристалів парафіну та утворенням з них структурного каркасу (структурне застигання), з іншого – викликане різким збільшенням в'язкості оливи.

Зниження температури застигання досягається депарафінізацією оливних дистилатів на нафтопереробних заводах.

Процес вилучення з оливи парафіну є складним і дорогим, крім того, при цьому з оливи вилучаються цінні компоненти. Тому депарафінізацію здійснюють частково до температури застигання оливи приблизно – 15°C .

Подальше зниження температури застигання забезпечується введенням депресорних присадок, ефективність яких проявляється при концентраціях від 0,05 до 1%. Якщо різниця температур застигання і помутніння оливи більше 10°C , то це свідчить про вміст депресорної присадки.

Механізм дії депресорних присадок зводиться до зміни кристалічної структури парафіну, що запобігає утворенню кристалічної решітки, яка з'являється при охолодженні оливи, та забезпечує, таким чином, її текучість при більш низькій температурі. Попередження утворення суцільної кристалічної решітки (структурного каркасу) досягається або в результаті адсорбції присадки на мікрокристалах парафіну, що виділяються з оливи, або внаслідок сумісної кристалізації з ним.

Ефективність депресорних присадок залежить від вуглеводневого складу оливи. Вони більш ефективні в оливах парафінової основи. Депресори у кількості до 1% здатні знизити температуру застигання на 25%. Застосування депресорів дозволяє використовувати для виробництва олив сировину різноманітного походження, в деяких випадках навіть без вилучення парафінових вуглеводнів

Мастильні (трібологічні) властивості

Однією з основних експлуатаційних властивостей, що характеризують якість мастильних матеріалів, є їх мастильна здатність. Оливи повинні мати високу мастильну властивість для створення на поверхні тертьових деталей міцної плівки, здатної знижувати втрати від тертя і запобігати або зменшувати їхнє зношування при робочих навантаженнях та швидкостях

Мастильна властивість є узагальненим поняттям, яке об'єднує кілька експлуатаційних властивостей оливи, що впливають на процес тертя та

зношування контрактованих поверхонь у машинах та механізмах. Основними з них є протизносні, протизадирні та антифрикційні властивості.

Мастильна дія в граничному режимі мащення тісно пов'язана з характером процесів на межі розділу метал-олива. При інших рівних умовах їх інтенсивність і особливості залежать від складу мастильного середовища і температури поверхні тертя, яка визначається режимом роботи трібосистеми. В цих умовах мастильне середовище (плівка оливи) як елемент третього тіла суттєво впливає на процеси тертя і зношування.

Підвищення мастильної властивості сучасних олив досягається введенням до їхнього складу присадок (антифрикційних, протизносних і протизадирних). При цьому не виключається вплив на тертя і зношування присадок іншого функціонального призначення.

Механізм дії присадок обумовлений двома факторами: адсорбцією присадок на металевих поверхнях і хімічною активністю молекул присадки стосовно до матеріалів тертьових тіл. Присадки, які покращують мастильні властивості, класифікують переважно за призначенням – антифрикційні, протизносні та протизадирні.

Антифрикційні присадки (модифікатори тертя) знижують або стабілізують коефіцієнт тертя. В якості таких присадок використовують різноманітні оліворозчинні поверхово-активні речовини (ПАР), наприклад, солі довголанцюгових органічних кислот.

Для олив, які працюють в умовах високих температур або навантажень, використовують високотемпературні антифрикційні присадки і, перш за все дитиофосфати і дитиокарбамати молібдену. Такі присадки, взаємодіючи з поверхнями тертя, формують на металі полімолекулярні адсорбційно-хемосорбційні шари, які мають низький опір зсуву і легко відновлюються внаслідок високої адсорбційної активності у випадках пошкодження. Розкладаючись при більш жорстких умовах тертя (перш за все дитиокарбамати молібдена) висаджують на поверхнях сірку і молібден. Ці елементи в результаті вторинних реакцій на поверхнях тертя утворюють дисульфід молібдену, який забезпечує значний антифрикційний ефект.

Протизносні присадки запобігають інтенсивному зношуванню тертьових поверхонь при помірних навантаженнях. До них відносять:

- сполучення з високою поверхневою активністю стосовно до тертьових тіл і молекул з великою довжиною вуглеводневих ланцюгів, які надійно екранують силове поле твердих тіл;

- різноманітні зольні (ДФ-11, ДФБ, ЭФО) і беззольні (АДТФ, БМА-5) похідні дитиофосфорних кислот, які впливають також на антиокислювальну дію.

Протизадирні присадки запобігають заїданню при надвисоких навантаженнях, підвищуючи критичне навантаження заїдання. Вони, при високих температурах, хімічно взаємодіючи з металами тертьових поверхонь,

утворюють сполуки, які мають менший опір зрізу та більш низьку температуру плавлення, ніж чисті метали, внаслідок чого запобігають заїдання і схоплювання поверхонь.

В якості протизадирних присадок використовують сполучення, які мають значну реакційну здатність внаслідок чого, при розкладанні вони виділяють такі елементи, як хлор, фосфор, сірку та їх сполучення, а також деякі інші елементи. Вступаючи в хімічну взаємодію з поверхневими шарами тертьових тіл, вони утворюють модифіковані шари, які надійно розділяють ці тіла і перешкоджають їх металевому контакту при терті. До таких присадок належать сульфідні, дисульфідні та їх похідні, ефіри, трихлорметилфосфонові кислоти тощо. (АБЭС, КИНХ-2, ОТП, хлореф-40, ЛЗ-318, ТОС, ВИГОС і т. ін.)

Атоми сірки, хлору і фосфору протизадирних присадок – основні компоненти, які в залежності від своєї реакційної здатності, вступають у реакції з металами в умовах тертя (температура, тиск). Так, сірка і сірчисті сполуки, починаючи з температури 200°C, утворюють сульфідні плівки. Плівки містять карбіди, оксиди, сульфати заліза (внаслідок окиснення). Ці плівки запобігають прямому контакту між металами тертьових поверхонь. Коефіцієнт тертя сталі складає 0,78, а коефіцієнт тертя FeS – 0,39. Завдяки відносно низькій температурі плавлення сульфиду заліза у порівнянні зі сталлю, сульфідна плівка зношується поступово і зварювання не відбувається.

Механізм протизадірної дії хлористих сполук ґрунтується на утворенні плівки металхлориду на локальних мікроділянках поверхонь тертя в умовах високих навантажень і температур, особливо у присутності вологи. FeCl₂ плавиться при температурі 627°C і тому має менший опір до зсуву, ніж сталь.

Фосфорні сполуки, завдяки низькій температурі плавлення можуть визвати так звану “поліруючу” дію фосфорорганічних присадок.

Завдяки вмісту реакційно здатних атомів сірки, хлору, фосфору – продукти реакції є ефективними протизадирними присадками, але вони мають досить сильну корозійну дію. Тому при розробці таких присадок знаходять компроміс між протизадірною ефективністю і корозійною агресивністю. Для досягнення оптимальних протизадирних якостей і зменшення корозії у протизадирних присадках використовують комбінації різних класів. Наприклад, протизадірні присадки у оливах для гіпоїдних передач вміщують декілька активних компонентів. Так, Cl, P, S вмісні сполуки комбінують з диалкілдитиофосфатом цинку. Перевагу віддають сполукам, які вміщують S, P, N.

Останнім часом для зниження зносу і тертя робочих поверхонь в умовах високих температур використовують добавки, які є колоїдними дисперсіями нерозчинних у оливі сполук (дисульфід молібдену, графіт). Ці сполуки називають також модифікаторами тертя. У ряді випадків модифікатори тертя

більш ефективні, ніж оливорозчинні присадки, бо не втрачають мастильних властивостей у більш широкому температурному інтервалі та в умовах високих контактних тисків.

Оцінку мастильних властивостей олив проводять різними методами випробувань у реальних вузлах машин і механізмів та кваліфікаційними випробуваннями.

Найбільше розповсюдження мають випробування олив на чотирикульковій машині тертя (ЧКМ), основною складовою частиною якої є чотири сталеві загартовані кульки (рис 11.7).



Рис.11.7. Оцінка трібологічних властивостей олив на чотирикульковій машині тертя

Протизносні та протизадирні властивості мастильних матеріалів оцінюють за діаметром плями зносу на кульках та за критичними навантаженнями та завантаженням як зварювання, при якій відбувається заDIR кульок (ГОСТ 9490-75).

Визначаючи критичне навантаження P_K , навантаження зварювання $P_{ЗВ}$, а інколи і індекс задиру I_3 , оцінюють здатність оливи протистояти задиру контактуючих сталевих поверхонь. При визначенні P_K і $P_{ЗВ}$ здійснюють ряд послідовних випробувань, поступово збільшуючи навантаження до тих пір, поки при черговому збільшенні навантаження не буде зафіксовано стрибкоподібного росту діаметра зносу (при визначенні P_K), або поки машина тертя автоматично не зупиниться із-за досягнення моменту тертя або зварювання кульок (при визначенні $P_{ЗВ}$). Індекс задиру I_3 розраховують за спеціальними формулами, використовуючи заміри діаметрів слідів зносу на кульках в інтервалі навантажень від початкової до $P_{ЗВ}$.

Крива зношування, отримана за допомогою машини тертя, наведена на рис.11.8.



Адсорбція характеризує накопичення в граничному шарі рідини, яка визначає формування захисної плівки і розвиток наступних процесів. Олива зосереджується не на усій поверхні, а тільки на активних її ділянках. Звичайно, що з методичної точки зору вірніше оперувати не стільки

величиною, скільки швидкістю адсорбції, порівнюючи зі швидкістю переміщення тертьових поверхонь. Але таке порівняння експериментально ускладнене і тому величина адсорбції остається поки єдиною кількісною характеристикою процесу тертя в присутності хімічно активного змащувального матеріалу.

Реакційна здатність також визначається прямим експериментом. Крім того, вона може оцінюватись рядом побічних показників, наприклад, термічною стійкістю.

Найбільші труднощі зустрічаються при оцінці поведінки хімічно модифікованих шарів. Їх поведінка залежить від хімічного складу, товщини і других характеристик. В спрощеному вигляді поведінка цих шарів характеризується температурою плавлення, твердістю і т. ін. Виходячи з практичної доцільності, протиспрацьовувальні присадки вибирають по їх поверхневої активності, а протизадирні – по реакційній здатності.

Антиокиснювальні властивості

Однією з найважливіших властивостей мастильних матеріалів, що характеризує їх при тривалій роботі машин і механізмів, є стабільність проти окиснення при підвищених температурах. Термоокиснювальна стабільність характеризує схильність оливи до утворення розчинених та нерозчинених у ній продуктів окиснення.

При зберіганні нафтових мастильних матеріалів при відносно невисокій температурі навколишнього середовища їхній хімічний склад і властивості змінюються незначно. Оптимально очищена олива при зберіганні у неопалюваному приміщенні в герметичній тарі може зберігати свої фізико-хімічні та експлуатаційні показники, в тому числі і стабільність проти окиснення протягом багатьох років. Олива в основному окиснюється у процесі роботи, коли вона опиняється під впливом високих температур та інших факторів. Окиснення оливи призводить до зміни її хімічного складу. В оливі з'являються кислоти, що мають високу корозійну агресивність, олива темнішає, стає більш в'язкою, у ній накопичуються механічні домішки органічного походження. При цьому експлуатаційні властивості різко погіршуються. Глибокі зміни якості оливи викликають необхідність її заміни.

Сприятливі умови для окиснення вуглеводневих олив створює добра розчинність у них кисню. Вирішальний вплив на окислюваність мастильних матеріалів має температура. Вже при температурі оливи близько 50°C та вище процес окиснення може проходити досить помітно, особливо в умовах контакту з повітрям протягом тривалого часу. Із збільшенням температури до 150°C швидкість окиснення різко зростає.

При постійній температурі процес окиснення відбувається в три етапи (рис.11. 10).

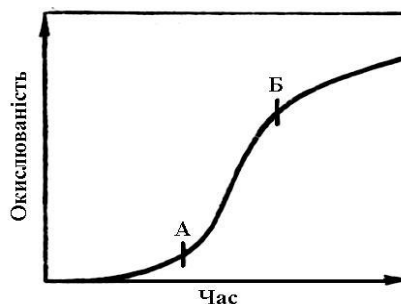


Рис. 11.10. Процес окиснення оливи

Початкова стадія – індукційний період (від початку координат до точки А) характеризується уповільненим ходом процесу. Протягом індукційного періоду окиснювальна агресивність кисню повітря відносно вуглеводнів (збільшення кислотності, в'язкості, наявності осадів) практично не виявляється. Тривалість цього періоду залежить від хімічного складу і глибини очищення олив, наявності металів, які каталізують окиснення, температури та інших факторів.

Після закінчення індукційного періоду інтенсивність взаємодії оливи з киснем різко зростає, починається процес ініціювання окиснення (від точки А до точки Б). Він супроводжується виділенням теплоти й інтенсивним утворенням і накопичуванням у оливі кислих та нейтральних продуктів окиснення. Залежно від хімічного складу олив, у стадії інтенсивного окиснення, можуть утворюватися різноманітні продукти в різних співвідношеннях.

Після стадії ініціювання процес протягом певного часу прагне до стабілізації.

На швидкість окиснення оливи суттєво впливають метали, з яких виготовлені деталі машин і механізмів. Значну каталітичну дію на окиснювальний процес має залізо і мідь, а також їхні сполуки.

На інтенсивність і глибину окиснення оливи впливають також частки металів та забруднення неорганічного походження, які потрапляють у оливу внаслідок зношування, недостатнього очищення всмоктуваного повітря, а також металоорганічні сполуки, що утворюються внаслідок корозії або взаємодії продуктів зношування з органічними кислотами. Всі ці речовини також каталітично прискорюють процес окиснення оливи.

Стабільність мастильних матеріалів проти окиснення залежить як від структури та властивостей вуглеводів, так і від наявності різноманітних сірчистих, азотних і кисневмісних речовин, що входять до складу оливи.

Найстабільнішими проти окиснення є ароматичні вуглеводні без бокових ланцюгів. За ними слідує нафтеніві вуглеводні і найбільш нестійкими є алкани. Наявність бокових ланцюгів у молекулах циклічних вуглеводнів знижує їхню стабільність проти окиснення. Чим більше бокових ланцюгів у молекулах ароматичних та нафтенових циклів і чим вони довші, тим менш вони стійкі до впливу кисню.

Різнноманітні типи вуглеводнів, що входять у базову оливу, дають різні за хімічним складом та фізичними властивостями кінцеві продукти окиснення.

Окиснення оливи протікає як послідовна ланцюгова реакція за двома напрямками з утворенням нейтральних та кислих продуктів (рис. 11.11).

Першими проміжними продуктами окиснення вуглеводнів є пероксиди (нейтральні кінцеві сполуки, які перетворюються далі у кислоти і гідрокислоти). Крім того, як проміжні продукти окиснення, можуть утворюватися альдегіди, кетони та спирти. В міру збільшення ступеня окиснення оливи знижується розчинність її продуктів, збільшується їхня молекулярна маса, відбувається ущільнення і утворюються продукти конденсації та полімеризації – асфальтени, естоліди, смоли та ін. Кінцеві продукти окиснювальної полімеризації карбени і карбоїди не розчиняються у органічних сполуках.

До антиокиснювачів, крім речовин, що безпосередньо впливають на обривання реакційних окиснювальних ланцюгів, відносять також хімічні сполуки, які знижують активність металевих каталізаторів окиснення. До таких сполук належать речовини (пасиватори або деактиватори), які утворюють адсорбційні або хемосорбційні плівки на поверхні металів і таким чином запобігають безпосередньому контакту оливи з металом.

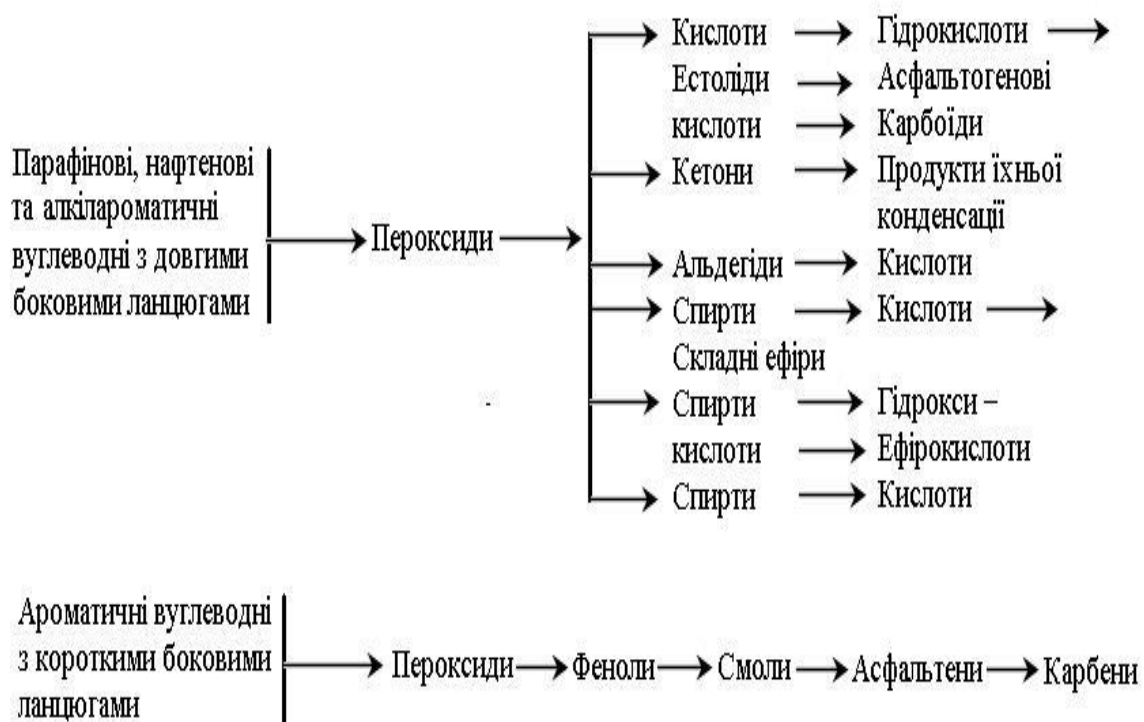


Рис. 11.11. Схема окиснення вуглеводнів оливи

Антиокиснювальні властивості олив оцінюють шляхом пропускання повітря або кисню крізь оливу при підвищених температурах за наявності каталізатора (мідь, залізо тощо) і у визначенні фізико-хімічних показників оливи до і після окиснення.

В залежності від призначення оливи змінюється температура, тривалість окиснення і каталізатор. Методи відбірних випробувань олив, які використовуються для оцінки антиокиснювальних властивостей і термоокиснювальної стабільності дослідних зразків, наведено у табл. 7.3.

Стабільність оливи характеризується зміною кислотного числа, в'язкості, наявністю смол (для олив без присадки) та коксування після проведення випробувань.

Про ступінь окиснення працюючої оливи роблять висновок за тими ж показниками, які використовуються для оцінки свіжої оливи, що зазнає штучного окиснення.

Таблиця 11.3 - Методи оцінки антиокиснювальних властивостей та термоокиснювальної стабільності олив

Метод	Умови випробування	Показники оцінки
ДК-НАМИ (ГОСТ 11063–77)	Окиснення повітря у тонкому шарі (в обертовій І-подібній колбі) при температурі 200°C	Час окиснення до початку утворення нерозчинного осаду (індукційний період осадкоутворення); зростання в'язкості за час індукційного періоду
Визначення стабільності проти окиснення в універсальному апараті (ГОСТ 18136–72)	Окиснення в об'ємі при температурі до 250°C з продувкою киснем або повітрям у присутності або відсутності каталізаторів	Зростання в'язкості і коксівності; вмісту нерозчинного осаду; змінювання кислотного числа за час випробування
Оцінка періоду осадкоутворення олив з присадками	Окиснення повітрям в об'ємі 20 мл при 230°C та інтенсивним обертовим стрижнем	Зміна оптичної густини за кожну годину випробування; час досягнення оптичної густини 0,5 (зменшення світлопропускання по відношенню до вихідного)
Метод Папок (ГОСТ 23175–78)	Ізотермічне окиснення в атмосфері повітря при заданій температурі	Час до утворення у випарнику рівних кількостей лаку і робочої фракції

Миюче-диспергуючі властивості

Миюче-диспергуючі властивості характеризують здатність оливи забезпечувати необхідну чистоту деталей машин і механізмів та підтримувати продукти окиснення і забруднення у зваженому стані. З підвищенням миюче-диспергуючих властивостей збільшується кількість нерозчинних речовин – механічних домішок, що утримуються в оливі без випадання у осад, а також зменшується кількість лакоподібних відкладень та нагарів, які утворюються та залишаються на гарячих деталях.

У більшості випадків миюче-диспергуючі властивості олив мають велике

практичне значення під час використання у двигунах внутрішнього згорання, бо моторні оливи, на відміну від олив іншого призначення, зазнають впливу підвищеної температури та тиску, контакту з киснем повітря, агресивними газами, з різноманітними металами та інших факторів, які інтенсифікують окиснення, конденсацію та розклад вуглеводів. Вуглецеві речовини, які утворюються, осідають на деталях у вигляді нагару, лаку та шламу, а також призводять до значних змін у фізико-хімічних та експлуатаційних показниках оливи.

Нагари – тверді речовини чорного кольору, які відкладаються у двигунах внутрішнього згорання на стінках камери згорання, клапанах, свічках, днищах поршнях тощо.

Лаки – тонкі, міцні, як правило, блискучі плівки з продуктів окиснення від світло-жовтого до темно-коричневого і навіть чорного кольору. Лаки відкладаються у зоні поршневих кілець, на юбці і внутрішніх стінках поршня, на стержнях клапанів та інших гарячих деталях. Нагар і лакові відкладення викликають пригорання поршневих кілець, задирки циліндро-поршневої групи, прорив продуктів згорання в картер двигуна. Лакові плівки дуже міцні та мають низький коефіцієнт теплопровідності.

Низькотемпературні відкладення (шлами) – мазеподібні відкладення від коричневого до чорного кольору, накопичуються під час роботи двигуна на шийках колінчастого вала, в оливосистемі та на фільтрах. Вони являють собою суміш продуктів окиснення (гідрокси кислоти, смоли та ін.) з оливою, водою та іншими речовинами (сажа, паливо тощо), що потрапляють у мастильну систему з камери згорання.

Миюче-диспергуючі властивості мають велике значення також під час використання олив у інших механізмах, які експлуатуються в умовах підвищених робочих температур. Так, у сучасних гідромеханічних коробках передач, де температура іноді перевищує 150°C, на поверхні фрикційних дисків утворюються відкладення, які порушують надійність роботи агрегату.

Для зменшення або запобігання утворенню вуглецевих відкладень у оливи вводять спеціальні поверхнево-активні речовини – миюче-диспергуючі (детергентно-диспергуючі) присадки.

На миюче-диспергуючі присадки припадає 50% загальної кількості використовуваних присадок. Механізм дії цих присадок обумовлений адсорбцією їхніх молекул на металевих поверхнях. Молекули присадок, маючи підвищену поверхневу активність, адсорбуються на деталях двигуна, утворюючи міцний захисний шар, який запобігає осадженню та утворенню відкладень на високонагрітих деталях.

З іншого боку, миюче-диспергуючі присадки, адсорбуючись на поверхні нерозчинних у оливі часток механічних домішок, надають їм підвищеного електричного заряду. При цьому досягається ефект взаємного відштовхування однойменно заряджених часток та поверхонь і тим самим запобігається злипанню (коагуляція) часток у більш крупні домішки й

осадження на деталі.

Крім того, миюче-диспергуючі присадки нейтралізують кислі продукти, які утворюються у двигуні в процесі експлуатації при згорянні палива та окисленні оливи. Тому практично всі миюче-диспергуючі присадки мають певний запас лужності, при чому цей запас може бути значним. Чим більше лужної присадки є у оливі, тим забезпечується більша ефективність нейтралізації кислих продуктів. Лужність моторної оливи є одним з важливих показників, які визначають можливість забезпечувати тривалу нормальну роботу двигуна на високосірчистому паливі.

В якості миюче-диспергуючих присадок в основному застосовують металомісткі зольні присадки – сульфонати, алкілсалицилати кальцію, барію або магнію у різноманітних поєднаннях один з одним (НСК, детерсоли Д-50, Д-140 і Д-180, надлужна алкілсалицилатна присадка Детерсол-300, С-150, АСБ)

Крім цих сполук використовують беззольні та малозольні миюче-диспергуючі присадки – сукцинамідні та сополімерні.

В основному сучасні оливи містять комбінації зольних і беззольних присадок у поєднанні з антиокиснювальними, протикорозійними та іншими компонентами, при яких досягаються оптимальні функціональні характеристики.

Для оцінки миючих і лакоутворюючих властивостей оливи використовують метод ПЗВ, розроблений К.К. Пілюк, А.І. Зарубіним і А.Б. Віппером. За цим методом оливу випробовують на установці ПЗВ, що являє собою одноциліндровий двигун з приводом від електродвигуна (рис. 11.12).

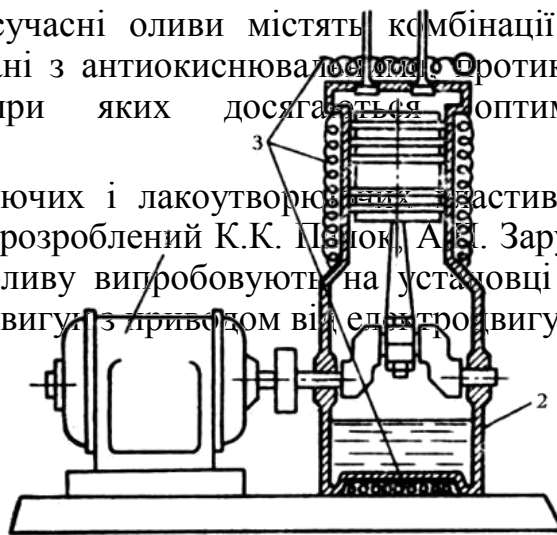


Рис. 11.12. Схема установки ПЗВ для визначення миючих властивостей оливи: 1 – електродвигун; 2 – одноциліндровий двигун; 3 – електродігрів

Цилиндр установки, оливу у картері та всмоктуване повітря нагрівають електронагрівальним приладом. За шлакоутворенням на боковій поверхні поршня після випробувань протягом двох годин оцінюють миючі властивості

оливи, використовуючи кольорову еталонну шкалу у балах від 0 до 6. Аналіз залишку оливи у картері дозволяє оцінити її окиснюваність у об'ємі та випаровуваність.

Антикорозійні та захисні властивості

Корозія відбувається в результаті комбінованого впливу на поверхню металу активних реагентів з оточуючого середовища. До них належать волога у поєднанні з киснем та агресивними газами, які потрапляють з атмосфери, а також продукти окиснення оливи і згоряння палива. В теорії та практиці використання нафтопродуктів розглядають два види корозії – хімічну та електрохімічну, які проходять за такими схемами взаємодії металу з корозійним середовищем:

- нафтопродукт + метал (хімічна корозія);
- нафтопродукт + вода + метал (електрохімічна корозія).

Тому розрізняють антикорозійні властивості олив, пов'язані з хімічними процесами і, залежно від впливу самих змащувальних олив, здатних викликати або запобігати хімічно-електрохімічній корозії металу, та захисні властивості, які характеризують здатність нафтопродуктів захищати металеві поверхні від корозії у присутності електроліту. Відповідно розрізняють антикорозійні присадки, які зменшують корозійний знос, перш за все, кольорових металів при високих температурах, та оливорозчинні інгібітори корозії, які поліпшують захисні властивості матеріалів.

Інтенсивність корозії металу у нафтопродукті залежить від температури, навантаження на тертьові поверхні, термоокиснювальної стабільності оливи і характеру продуктів його окиснення. На інтенсивність корозійних процесів також впливає тривалість контакту металу з корозійно-агресивними продуктами, наявність води у оливі, співвідношення між поверхнею металу та якістю оливи.

Поверхні металів, особливо кольорових, відносно легко зазнають впливу корозії внаслідок їхньої хімічної взаємодії з кислими продуктами. Такі продукти утворюються в процесі окиснення оливи. Корозійна агресивність оливи може бути обумовлена також наявністю функціональних, переважно протизносних і протизадирних присадок.

Основним джерелом корозійного впливу оливи на метал є низькомолекулярні карбонові та оксикарбонові кислоти, наприклад, мурав'їна, оцтова і масляна. Ці кислоти здатні викликати корозію металу вже при кімнатній температурі. Виськомолекулярні кислоти проявляють здатність до таких реакцій лише при підвищених температурах (вище 100°C). При більш низьких температурах вони взаємодіють тільки у присутності води і кисню повітря, причому не безпосередньо з металом, а через його гідроксид, який утворюється внаслідок контакту металу з киснем і водою. Чим сильніше може окиснюватися олива, тим інтенсивніше вона кородує метал. Тому корозійна агресивність оливи залежить від тих самих факторів, що і схильність оливи до окиснення.

У свіжих мінеральних та синтетичних оливах корозійна агресивність мінімальна. Їхня кислотність незначна і визначається, головним чином, наявністю в них молекулярних нафтових кислот і функціональних присадок з кислою реакцією. Однак, з підвищенням температури агресивність цих сполук посилюється.

Корозія металів характеризується появою на їхніх поверхнях темних плям, раковин, шорсткістю поверхні. Особливо інтенсивної хімічної корозії зазнають кольорові метали, які входять у антифрикційні сплави вкладишів підшипників колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння.

Про складний характер корозійних процесів свідчить різноманітність та характер цих видів руйнування (рис. 11.13)

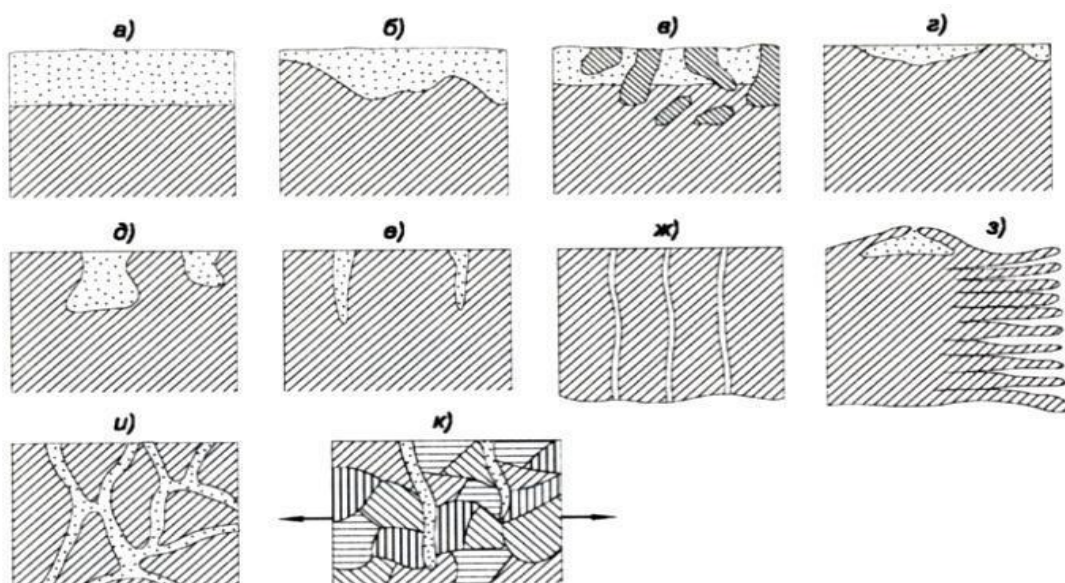


Рис. 11.13. Характер корозійних руйнувань Суцільна корозія: а – рівномірна; б – нерівномірна; в – вибіркова.

Місцева корозія: г – плямами; д – виразками; е – точкова; ж – наскрізна; з – підповерхнева; и – міжкристалічна; к – корозійне розтріскування.

Зниження корозійної агресивності змащувальних олиव досягається підвищенням їхніх антиокиснювальних властивостей шляхом додавання спеціальних протикорозійних присадок. Протикорозійні присадки сприяють утворенню на металевих поверхнях захисних плівок. Ці плівки перешкоджають безпосередньому впливу корозійно-агресивних речовин на метал. Крім того, вони дезактивують метал як каталізатор окиснення.

Процес утворення плівки полягає у проявленні як протикорозійних, так і антиокиснювальних функцій оливи. Тому як інгібітори хімічної корозії найбільше застосування мають присадки ДФ-1, ДФ-11, ИНХП 121, ВНИИНП-354, які одночасно є і антиокиснювальними присадками.

Найчастіше корозійну агресивність оливи стосовно до металів оцінюють, витримуючи у ній металеві пластинки при підвищеній температурі, і

фіксують зміни зовнішнього вигляду поверхонь пластинок (ГОСТ 2917–76).

Захисні властивості характеризують здатність мастильних матеріалів протистояти розвитку електрохімічної корозії металів під час роботи і в періоди короткочасних та тривалих простоїв машин і механізмів, у тому числі і при їхньому зберіганні.

Оскільки електрохімічна корозія є наслідком електролітичних явищ, запобігання їй досягається тільки за допомогою захисних присадок (інгібіторів корозії). Захисні присадки формують на металевій поверхні міцні адсорбційно-хемосорбційні плівки, які є непроникними для води та кисню. Інгібітори корозії також поліпшують змочувальну здатність мастильного середовища стосовно до металів, гальмують анодний, катодний або одночасно обидва процеси електрохімічної корозії.

Широке розповсюдження у сільськогосподарському виробництві для використання в експлуатації та консервації автотракторної і сільськогосподарської техніки має захисна присадка АКОР-1 (ГОСТ 15171–78). Присадку додають у мастильні оливи для поліпшення їхніх захисних властивостей або застосовують як самостійний продукт для консервації машин і механізмів.

Промисловістю випускаються також ефективні захисні присадки КП, КП-2, СИМ, АЯА та ін. Вони використовуються для виготовлення робочо-консерваційних олив різноманітного призначення.

Методи оцінки захисних властивостей олив різноманітні. Їх застосовують, головним чином, для оцінки швидкодії та водовитискуючих властивостей олив, а також міцності утворених ними адсорбційних та хемосорбційних захисних плівок.

Швидкодію захисних олив оцінюють за ГОСТ 9.54–75 або за близьким до нього методом FTMS 51081. Згідно з цими методами, металеві пластинки опускають на короткий час у бромисто-водневу кислоту або її емульсію з оливою, а потім кілька разів занурюють у оливу і тримають у ній. Після цього пластинки переносять у камеру вологості та фіксують момент появи перших ознак корозії.

Водовитискування оцінюють методом FTMS 3007.1, наносячи на сталеві пластинки спочатку дистильовану воду, а потім оливу, яка випробовується. Після цього пластинки витримують одну годину при 100%-й вологості і оцінюють їх корозію.

Міцність захисної плівки встановлюють, піддаючи її дії водо-оливної емульсії та конденсаційної води або різних агресивних середовищ. Для цього проводять тривалі випробування пластинок, захищених оливою, у камерах вологості за ГОСТ 9.054–75.

Протипінні та деемульгуючі властивості

При динамічних умовах використання нафтові оливи можуть утворювати стійку піну. Основною причиною спінення оливи є аерація – насичення оливи повітрям. Піноутворення виникає внаслідок інтенсивного

перемішування оливи з розчиненим та диспергованим в ній повітрям. Це – фізичний процес, який характеризується появою на поверхні рідини дисперсної системи повітря-олива з концентрацією газової фази 50% і більше. Піноутворюючі властивості олив полягають у схильності їх до спінення і стабільності піни в часі. Ці властивості залежать від хімічного складу оливи, її в'язкості, густини, поверхневого натягу, а також від умов експлуатації (температури, кратності циркуляції, інтенсивності перемішування). З підвищенням температури оливи її піноутворення знижується. Малов'язкі оливи утворюють піну, яка складається з великих бульбашок, що легко руйнуються. У високов'язких оливах утворюються більш стабільні дрібні бульбашки. Схильність олив до спінення збільшується також, коли в них присутні поверхнево-активні речовини: миючі і протизадирні присадки, інгібітори корозії. Утворенню піни сприяють наявні в оливах забруднення, продукти окиснення, волога, смолисто-асфальтові речовини та сіркоорганічні речовини.

Внаслідок піноутворення погіршується тепловідведення і нормальне надходження оливи до поверхонь тертя, посилюються кавітаційні явища, відбувається викид оливи з оливосистем.

Піноутворення олив зменшують різні хімічні сполуки: багатоатомні спирти, складні ефіри, сополімери ефірів акрилової кислоти та інші. Найпоширенішим і ефективним протипінним засобом є присадка ПМС-200А – поліметилсилоксан.

Методи оцінки схильності олив до спінення полягають у перепусканні певного об'єму повітря через фіксовану кількість оливи, що випробовується, у заданих умовах. Після чого визначають об'єм утвореної піни та тривалість її існування. У нестандартних методах, для оцінки здатності олив до піноутворення, використовують такі критерії, як висота стовпа піни, коефіцієнт спінення (відношення висоти стовпа піни та оливи до висоти стовпа оливи до спінення), кратність піни (відношення об'єму піни до об'єму оливи). Стабільність піни часто визначають терміном її існування.

При потраплянні води у мастильні оливи можуть утворюватися відносно стабільні емульсії типу вода-олива, які утруднюють нормальну роботу оливних систем. Наявність таких емульсій викликає зменшення в'язкості оливи, внаслідок чого порушується гідродинамічний режим тертя. Крім того, погіршуються мастильні властивості олив, збільшується електрохімічна корозія металевих поверхонь. Збільшення сумарного об'єму оливи при утворенні емульсії викликає її викид із системи змащення.

Для запобігання утворенню стійких емульсій у оливи вводять деемульгуючі присадки. Дія таких присадок полягає у руйнуванні оливних оболонок та відділенні води від оливи внаслідок зменшення поверхневого натягу плівки оливи, яка обволікає краплини води. Як деемульгатори використовують поверхнево-активні речовини.

Емульгуючі властивості олив визначають у відповідності до ГОСТ

12068–66. Оцінку проводять визначенням числа деемульсації, за яке приймають час у секундах, потрібний для відокремлення заданої кількості оливи з водо-оливою емульсії, одержаної у певних умовах випробування.

Характеристики інших властивостей та якості олив

До важливих характеристик змащувальних олив, крім розглянутих, належать теплопровідність, температура спалаху, температура застигання, лужне число, зольність та ін. Ці показники змінюються в досить широких межах в залежності від складу функціонального призначення та умов використання олив.

Лужне число характеризує умовну міру здатності оливи нейтралізувати кислоти, утворені з продуктів згоряння палива, та окиснення основи олив (мг КОН/г оливи). У випадку свіжої оливи воно залежить в основному від наявності металовмісних детергентів і в меншій мірі – беззольних дисперсантів. Лужність визначають потенціометричним титруванням соляною кислотою. За кордоном лужне число моторних олив визначають методами ASTM D 664 і ASTM D 2896. В першому випадку воно відповідає цьому показнику визначеному за ГОСТ 11362–76, а в другому перевищує його на 15-20%. Для працюючих олив ця різниця може бути значно більшою. Для запобігання завищеної оцінки нейтралізуючих властивостей перевагу віддають методу ASTM D 664.

Температура спалаху – мінімальна температура, при якій в визначених умовах в контакт з відкритим полум'ям з'являється перший спалах в суміші парів повітря і оливи над поверхнею рідини, але подальшого горіння не спостерігається. Це має велике значення з точки зору безпеки і використовується для класифікації олив за ступенем пожежебезпеки. В товарних оливах вона знаходиться в межах 160...240°C. Крім того, використовують для визначення присутності в оливі домішок легкозаймистих компонентів або забруднень паливом. Поряд з визначеною в'язкістю оливи показник температури спалаху дозволяє встановити чи є продукт вузької або широкої фракції або є сумішшю двох фракцій. Температура спалаху низькокиплячих олив визначається в закритому тиглі (ГОСТ 6356), висококиплячих – у відкритому (ГОСТ 4333). Враховуючи, що ці методи дають різні результати, в кожному випадку слід вказувати метод визначення.

Температура помутніння і застигання. Поведінка олив в низькотемпературних умовах характеризується температурою, при якій олива стає мутною при визначених умовах охолодження внаслідок початку виділення твердих парафінових вуглеводнів (точка помутніння), або температурою, при якій олива втрачає рухомість (температура застигання). Якщо застигання оливи виникає завдяки виділенню і затвердінню парафіну, точка помутніння вище температури застигання; якщо виділення парафінів відсутнє, олива втрачає текучість із-за збільшення в'язкості (при цьому температури помутніння не відмічається). Втрата текучості оливи виключає можливість прокачування (циркуляцію) її в мастильних системах механізмів, і надходження її у трібосистемі утруднюється або зовсім припиняється. Для

більшої частини олив температура застигання, як умовний показник втрати рухомості, нормується. Для визначення температури застигання невелика кількість оливи в пробірці охолоджують до температури, за якої олива застигає настільки, що при нахилу пробірки рівень її не зміщується. Умовність цього показника як експлуатаційної характеристики пояснюється тим, що встановлена таким способом температура застигання часто не відображає істинний стан оливи при даній температурі. В умовах експлуатації механізмів при прокачуванні оливи через оливопроводи її структурні елементи руйнуються і олива може зберігати рухомість при температурах на 10-15° С нижче встановленої вказаним методом.

Коксівність оливи характеризує вміст в оливі коксоподібного залишку (% маси), отриманого при спалюванні зразка оливи в спеціальному приладі без доступу повітря. Цей показник прийнятий в якості норми для ряду олив, зокрема, моторних олив. За нашого часу його використовують в основному для оцінки схильності до коксівності олив, призначених для роботи при високих температурах, а також для відпрацьованих олив.

Коксівність визначають за Конрадсону (ГОСТ 19932, ISO 6515) спалюванням досліджуваної оливи з подальшим визначенням коксового залишку.

Відсутність прямого зв'язку між схильністю оливи до утворення нагару на гарячих деталях механізмів і коксівністю дозволяє вважати цей показник в значній мірі умовним, який характеризує лише походження, склад, спосіб і глибину очищення оливи. Наприклад у випадку олив з комплексними присадками висока коксівність може вказувати на присутність присадки.

Зольність. Компоненти, що утворюють золу в свіжих і працюючих оливах – це залишки після очищення або домішки, які потрапили в оливу при виробництві, зберіганні та транспортуванні. Другий шлях виникнення – введення їх з присадками. В працюючих оливах присутні також неорганічні механічні домішки, які потрапляють в оливу під час її експлуатації, в тому числі і металеві частки зносу.

Утворення золи (звичайно у вигляді сульфатів металів) у трібосистемі при підвищенні температури може призвести до утворювання відкладень на робочих поверхнях контактуючих тіл, що знижує надійність механізму та погіршує його експлуатаційні характеристики. Сульфатна зольність оцінюється у відповідності з ГОСТ 12417.

Механічні домішки і вода. При наявності в оливі сторонніх домішок, особливо абразивних часток (пісок, пил, продукти зносу деталей та ін.) та води вище допустимих граничних норм збільшується знос і нагароутворення в механізмах. За вмістом механічних домішок поряд з другими показниками (наприклад, кислотним числом) можна оцінювати робото-здатність оливи в механізмі, якості фільтрації і відстою оливи.

Теплофізичні властивості олив – теплоємність і теплопровідність визначає здатність відводити теплоту від поверхонь тертя до змащувального шару, а отже, теплову напруженість трібосистеми. При інших рівних умовах, чим вище

теплоємність оливи, тим нижче температура трібосистеми. Для теплових розрахунків звичайно визначають питому теплоємність і коефіцієнт теплопровідності оливи. Для нафтових і синтетичних олив питома теплоємність $c_p = (0,82 \dots 2,1) \cdot 10^3$ Дж/(кг·К), а коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,1 \dots 0,15$ Вт/(м·К). Вода в якості основного компонента деяких композицій забезпечує кращий тепловідвід: $c_p = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К); $\lambda = 0,6$ Вт/(м·К).

11.3. Рідкі мастильні матеріали. Моторні оливи

Вимоги до властивостей і якості. Моторні оливи можуть тривало і надійно виконувати свої функції тільки у разі відповідності їхніх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей тим термічним, механічним і хімічним впливам, яких вони зазнають у мастильній системі двигуна і на поверхнях змащених та охолоджуваних деталей. Тільки при взаємній відповідності системи "моторна олива – конструкція двигуна – умови експлуатації" може бути досягнута висока експлуатаційна надійність двигуна.

Сучасні моторні оливи, які характеризуються особливо високими експлуатаційними властивостями, стали необхідними елементами двигунів внутрішнього згоряння.

До якостей моторної оливи для кожного типу двигуна внутрішнього згоряння, залежно від умов його експлуатації, ставиться ряд вимог, часто специфічних. При високих температурах моторні оливи повинні зберігати досить високу в'язкість для забезпечення необхідного режиму мащення і створення надійного ущільнення між поршнем і гільзою. При низьких температурах навколишнього середовища в'язкісно-температурні властивості оливи повинні забезпечувати можливість легкого запуску двигуна.

В'язкість оливи особливо важлива для створення гідродинамічного режиму мащення, наприклад, у шатунних та корінних підшипниках колінчастого вала.

Для забезпечення мінімального зношування в умовах граничного мащення оливи повинні мати здатність модифікувати тертьові поверхні і нейтралізувати утворені при роботі продукти кислотного характеру.

Внаслідок високого термічного впливу, якого зазнає олива у двигуні, ставляться жорсткі вимоги до її окиснювальних властивостей і антикорозійних якостей, особливо стосовно до кольорових металів. Крім того, моторні оливи повинні мати миюче-диспергуючі властивості стосовно до нерозчинних забруднень у поєднанні з ефективною нейтралізуючою дією, забезпечуючи чистоту деталей у всіх температурних зонах двигуна.

Останнім часом велике значення надається захисним властивостям оливи для двигунів, які працюють на низькотемпературних режимах, а також з короткочасними і тривалими перервами у роботі.

До деяких моторних олив ставляться специфічні додаткові вимоги. Так оливи, загущені в'язкісними присадками, повинні мати досить високу стійкість до механічної та термічної деструкції. Для олив також важлива

вологостійкість присадок і незначна емульгованість з водою.

Вітчизняна класифікація моторних олив регламентується у відповідності з ГОСТ 17479.1–85. Згідно з цим стандартом (зміни № 1-3), в залежності від кінематичної в'язкості, оливи поділяють на класи (табл. 7.4).

Для літніх класів нормують межу в'язкості при температурі 100°C, а для зимових – при температурі –18°C. Всесезонні оливи повинні одночасно задовольняти нормам в'язкості одного літнього та одного зимового класів. Клас таких олив позначається дробом, у чисельнику і знаменнику якого вказують клас в'язкості зимової та літньої олив відповідно. Літера “з” вказує на наявність у оливі загущуючих присадок.

Таблиця 11.4 - Класифікація моторних олив за в'язкістю (ГОСТ 17479.1–85)

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість, мм ² /с при температурі, °C		Клас в'язкості	Кінематична в'язкість, мм ² /с при температурі, °C	
	100	– 18		100	– 18
3з	≥ 3,8	≤ 1250	24	21,9– 26,3	–
4з	≥ 4,1	≤ 2600	3з/8	7,0–9,3	≤ 1250
5з	≥ 5,6	≤ 6000	4з/6	5,6–7,0	≤ 2600
6з	≥ 5,6	≤ 10400	4з/8	7,0–9,3	≤ 2600
6	5,6–7,0	–	4з/10	9,3–11,5	≤ 2600
8	7,0–9,3	–	5з/10	9,3–11,5	≤ 6000
10	9,3–11,5	–	5з/12	11,5– 12,5	≤ 6000
12	11,5– 12,5	–	5з/14	12,5– 14,5	≤ 6000
14	12,5– 14,5	–	6з/10	9,3–11,5	≤ 10400
16	14,5– 16,3	–	6з/14	12,5– 14,5	≤ 10400
20	16,3– 21,9	–	6з/16	14,5– 16,3	≤ 10400

Згідно з ГОСТ 17479.1–85 (зміни № 1-3), в залежності від експлуатаційних властивостей та сфері застосування, оливи поділяють на групи А, Б, В, Г, Д і Е (табл. 7.5.)

Належність оливи до тієї чи іншої експлуатаційної групи встановлюють на підставі результатів класифікаційних випробувань на спеціальних одноциліндрових установках або повнорозмірних двигунах. Для олив різних груп визначені норми на оціночні показники, які передбачені методами випробувань. Порівнюючи результати моторних випробувань оливи за цими нормами, визначають її приналежність до відповідної групи за експлуатаційними властивостями.

Згідно з класифікацією система позначення моторних олиив включає кілька знаків: літеру “М” (моторне), цифровий індекс, який характеризує клас кінематичної в’язкості, потім ставлять літеру з цифровими індексами 1 або 2, що означають належність до групи за експлуатаційними властивостями та типом двигуна. Універсальні олиив, призначені для використання як у дизелях, так і в бензинових двигунах одного рівня форсування цифрового індексу не мають, а олиив, що належать до різних груп, мають подвійне значення, в якому перше значення характеризує якість олиив для використання у дизелях, друге – у бензинових двигунах.

Таблиця 11.5 - Класифікація моторних олиив за призначенням та експлуатаційними властивостями (ГОСТ 17479.1–85)

Група олиив		Рекомендована галузі застосування
А		Нефорсовані бензинові двигуни та дизелі
Б	Б ₁	Малофорсовані бензинові двигуни, які працюють в умовах, що сприяють утворенню високотемпературних відкладень і корозії підшипників.
	Б ₂	Малофорсовані дизелі
В	В ₁	Середньофорсовані бензинові двигуни, які працюють в умовах, що сприяють окисненню олиив і утворенню усіх видів відкладень.
	В ₂	Середньофорсовані дизелі з підвищеними вимогами до антикорозійних, протизносних властивостей олиив і здатності запобігати утворенню високотемпературних відкладень
Г	Г ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, які працюють у важких експлуатаційних умовах, що сприяють окисненню олиив і утворенню всіх видів відкладень та корозії.
	Г ₂	Високофорсовані дизелі без наддуву або з помірним наддувом, які працюють у експлуатаційних умовах, що сприяють утворенню високотемпературних відкладень
Д	Д ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, які працюють у експлуатаційних умовах більш важких, ніж для олиив групи Г ₁ .
	Д ₂	Високофорсовані дизелі з наддувом, які працюють у важких експлуатаційних умовах, або коли використане паливо вимагає застосування олиив з високою нейтралізуючою здатністю, антикорозійними та протиспрацьовувальними властивостями, незначною схильністю до утворення всіх видів відкладень
Е	Е ₁	Високофорсовані бензинові двигуни і дизелі, які працюють у експлуатаційних умовах більш важких, ніж для олиив груп Д ₁ і Д ₂ .
	Е ₂	Відрізняються підвищеною диспергуючою здатністю, кращими протизносними властивостями

Приклади позначення олиив: М-10-Г₂ – моторна олиива, цифра 10 вказує

на те, що ця олива має кінематичну в'язкість $9,3 \dots 11,5 \text{ мм}^2/\text{с}$ при температурі 100°C , а індекс Γ_2 – що олива призначена для високофорсованих дизельних двигунів без наддуву або з помірним наддувом;

$M-43/8-B_2\Gamma_1$ – моторна всесезонна універсальна олива, клас в'язкості $4_3/8$ свідчить про те, що її кінематична в'язкість при температурі -18°C дорівнює $1250\text{--}2600 \text{ мм}^2/\text{с}$, а при 100°C – $7 \dots 9,3 \text{ мм}^2/\text{с}$. Ця олива призначена для використання у середньофорсованих дизелях групи (B_2) та у високофорсованих карбюраторних двигунах – (Γ_1).

У США розроблені і впроваджені класифікації моторних олив за в'язкістю товариством інженерів-автомобілістів (Society of Automobile Engineers) і за умовами застосування Американським нафтовим інститутом (American Petroleum Institute). Ці класифікації вважаються міжнародними тому що вони широко використовуються у багатьох країнах світу, причому у деяких з них прийняті як національний стандарт.

Відповідно до класифікації SAE моторні оливи поділяються на шість зимових (0W, 5W, 10W, 15W, 20W, та 25W) і п'ять літніх (20, 30, 40, 50, 60) класів (табл.11.6).

Таблиця 11.6 - Класифікація олив за SAE J300

Клас в'язкості SAE	Низькотемпературна характеристика		Кінематична в'язкість, $\text{мм}^2/\text{с}$ при 100°C	
	Обертваність	Прокачуваність		
	Динамічна в'язкість, $10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, при температурі $^\circ\text{C}$, не більше	Температура, $^\circ\text{C}$, при якій динамічна в'язкість не перевищує 60000 $10^{-5} \text{ м Па}\cdot\text{с}$	не менш	не більш
0W	3250 при -30°C	-40	3,8	–
5W	3500 при -25°C	-35	3,8	–
10W	3500 при -20°C	-30	4,1	–
15W	3500 при -15°C	-25	5,6	–
20W	4500 при -10°C	-20	5,6	–
25W	6000 при -5°C	-5	9,3	–
20	–	–	5,6	9,3
30	–	–	9,3	12,5
40	–	–	12,5	16,3
40	–	–	12,5	16,3
50	–	–	16,3	21,9
60	–	–	21,9	26,1

У позначенні зимових олив після цифрового індексу проставляють літеру “W”. Згідно з позначенням за класифікацією SAE цифра означає середнє значення в'язкості в універсальних секундах Сейболта (SSU), поділених на 2.

Всесезонні оливи у класифікації SAE позначаються подвійним номером,

наприклад, 15W-40. Таке маркування вказує на те, що при мінусових температурах даний сорт відповідає вимогам, які ставляться до зимової оливи класу 15W, а при плюсових – до літньої оливи класу 40.

Кожен клас зимової оливи характеризується двома параметрами: динамічною в'язкістю при мінусових температурах та мінімальним значенням кінематичної в'язкості при 100°C. Для літніх олив запроваджені межі кінематичної в'язкості при 100°C і мінімальні значення динамічної в'язкості при 150°C при швидкості зсуву 10^6 с^{-1} . Клас зимової або всесезонної оливи характеризується двома значеннями динамічної в'язкості при температурах, які відрізняються на 10°C. Перше значення визначають за допомогою імітатора холодного пуску (по ASTM Д 5293). Воно характеризує граничну температуру оливи, при якій можливе обертання двигуна стартером. Друге значення вказує на граничну температуру, при якій оливний насос буде прокачувати оливу під тиском у процесі холодного запуску. Гранична температура прокачування повинна бути обов'язково нижчою для гарантованого запобігання “оливного голодування” тертьових поверхонь, що змащуються під тиском, під час холодного пуску двигуна. Орієнтовна відповідність в'язкісних класифікацій олив за ГОСТ 17479 1–85 (зміни №1-3) та SAE наведені в табл. 7.7.

Таблиця 11.7 - Відповідність класів в'язкості моторних олив за ГОСТ 17479.1–85 та SAE J 300

Клас в'язкості		Клас в'язкості	
ГОСТ	SAE	ГОСТ	SAE
3 _з	5W	24	60
4 _з	10W	3 _з /8	5W-20
5 _з	15W	4 _з /6	10W-20
6 _з	20W	4 _з /8	10W-20
6	20	4 _з /10	10W-30
8	20	5 _з /10	15W-30
10	30	5 _з /12	15W-30
12	30	5 _з /14	15W-40
14	40	6 _з /10	20W-30
16	40	6 _з /14	20W-40
20	50	6 _з /16	20W-40

При виборі оливи для зимової експлуатації потрібно завжди пам'ятати цифру 35. Якщо від неї відняти зимовий індекс класу в'язкості за SAE, то отримаємо значення граничної температури прокачуваності, тобто

температуру, при якій олива ще зберігає текучість. Наприклад: олива SAE 10W-40 може використовуватися до -25°C ($35-10=25$).

Дані табл.7.7. дозволяють встановити відповідність вітчизняних та зарубіжних сортів моторних олив шляхом порівняння класифікаційних характеристик за класами в'язкості. Класи в'язкості SAE у більшості випадків мають більш широкі діапазони кінематичної в'язкості при 100°C , ніж такі, що визначені ГОСТ 17479.1–85. Тому одному класу SAE можуть відповідати два суміжних класи вітчизняного стандарту. У цьому випадку перевагу слід віддавати аналогу, який має найближче фактичне значення за даними нормативних документів на даний продукт.

Рівень експлуатаційних властивостей моторних олив оцінюється за класифікацією API. Згідно з класифікацією передбачається поділ моторних олив на дві категорії і ряд класів:

- категорія S (Service) – оливи, призначені для чотиритактних бензинових двигунів легкових автомобілів, мікроавтобусів і автофургонів.
- категорія C (Commercial) – оливи призначені для чотири- і двотактних дизелів автотракторної та сільськогосподарської техніки.

У порядку зростання експлуатаційних властивостей у межах кожної категорії оливи поділяють на класи:

- SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SI та SL;
- CA, CB, CC, CD, CD-II, CE, CF, CF-2, CF-4, CG-4 і CH-4.

Друга літера у маркуванні олив (A, B, C, D, E, F, G, H, I та L) характеризує робочі навантаження роботи двигуна, для якого вони призначені, та вимоги до якості оливи. Цифри у позначенні вказують, що оливи призначені для використання у двотактних (CD-2 і CF-2 класів) або у чотиритактних (CF-4 і CG-4 класів) дизелях.

Універсальні оливи, які задовольняють вимогам певних класів категорій S і C, одночасно позначаються подвійним маркуванням, наприклад API SI/CF-4.

Сьогодні у США сертифікують моторні оливи за вісьмома класами: SH і SI та SL категорії “Service” і CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4 категорії “Commercial”. Але на ринку ще зустрічаються оливи класів SE, SF, SG, CC, CD, CE, а також універсальні SF/CC, SG/CD, SG/CE та ін.

Оливи застарілих у США класів API слід використовувати тільки у випадках, коли вони рекомендуються виробниками техніки в керівництвах з експлуатації.

Характеристику здатності оливи забезпечувати економію палива (Energy Conserving) часто позначають аббревіатурою EC після класу по API (наприклад, API SI/CF-4 EC, де EC означає – енергозберігаюча). Римська цифра II у позначенні EC II свідчить про високу ступінь енергозберігаючих властивостей. Градація EC I означає наявність помірних енергозберігаючих властивостей.

Автомобілебудівні фірми США і Японії сформулювали єдині мінімальні вимоги до моторних олив для чотиритактних бензинових двигунів у класифікації ILSAC, яка сьогодні має два класи олив GF-1 і GF-2. Вони практично ідентичні класам API SH і SJ відповідно. Основна різниця полягає

у тому, що оливи класів GF-1 і GF-2 обов'язково енергозберігаючі і всесезонні, причому зимова характеристика обмежена трьома класами SAE OW, 5W і 10W.

На сьогодні у Європі діє, розроблена асоціацією Європейських виробників автомобілів, класифікація олив ACEA (на заміну застарілої CCMC).

Відповідно до цієї класифікації, у вимогах до моторних олив враховують конструктивні особливості двигунів європейського виробництва. Класифікація ACEA на відміну від API виділяє оливи для дизелів легкових автомобілів і автофургонів у самостійну категорію. Ця класифікація дозволяє виробництво і використання олив усіх класів в'язкості SAE, якщо їхня стійкість до механічної деструкції і динамічна в'язкість при 150°C при градієнті швидкості зсуву 10^6 с^{-1} відповідає певним вимогам.

За класифікацією ACEA-98 встановлені три категорії моторних олив, в залежності від експлуатаційних вимог (табл.11.8).

Таблиця 11.8 - Призначення моторних олив згідно з класифікацією ACEA

Класифікація ACEA	Призначення
Бензинові двигуни	
A1	Для двигунів, спроектованих для використання малов'язких
A2	Для двигунів загального призначення; мають високі енергозберігаючі властивості
A3	Для важконавантажених двигунів випуску до 1997 р., які використовуються всесезонно з подовженим терміном до зміни оливи (якщо непередбачено виробником двигуна); відповідають вищим сучасним вимогам до експлуатаційних властивостей олив Легконавантажені дизельні двигуни
B1	Для двигунів, спроектованих для використання малов'язких олив; енергозберігаючі оливи
B2	Для використання у більшості двигунів і легких автофургонів загального призначення (переважно з нерозділеною камерою згоряння); енергозберігаючі оливи
B3	Для двигунів випуску до 1997 р., всесезонного використання; відповідають вищим сучасним вимогам до експлуатаційних властивостей
B4	Для застосування в двигунах з нерозділеною камерою згоряння, які вимагають олив спеціальних якостей Важконавантажені дизельні двигуни
E1	Для дизелів без наддуву і з невеликим турбонаддувом при легких помірних умовах експлуатації
E2	Для дизелів без наддуву і з турбонаддувом при умовах

	експлуатації від середніх до важких
E3	Для дизелів випуску з 1997р. з турбонаддувом, які працюють в важких умовах експлуатації; рекомендовано для дизелів з рівнем токсичності за викидами відповідно до вимог Euro-1, Euro-2
E4	Оливи з експлуатаційними властивостями вищими, ніж у групі E3; призначені для двигунів, які відповідають рівню токсичності за викидами вимогам Euro-1, Euro-2 і працюють у дуже важких умовах експлуатації; мають тривалий термін роботи без заміни оливи (якщо непередбачено виробником двигуна)
E5	Для високошвидкісних дизелів з турбонаддувом, які відповідають рівню токсичності за викидами вимогам Euro-1, Euro-2 і Euro-3; мають суттєво збільшений термін роботи без заміни оливи (якщо непередбачено виробником двигуна)

Першому рівню якості олив у групах A1 і B1 відповідають вимоги до енергозберігаючих олив, які за експлуатаційними властивостями повинні бути не гірше другого рівня. В інших випадках принцип такий: чим більша цифра рівня якості, тим вище вимоги до оливи.

У маркуванні олив вказується рік введення вимог, а також позначення чергового їхнього видання. Номер року позначається двома цифрами і означає рік введення більш жорстких вимог до існуючої раніше категорії (наприклад A3-96). Новий наступний номер року означає, що у сучасну категорію введено нові параметри та вимоги до випробування олив (наприклад, A3-98).

Чергове видання позначається словом “issue”(видання) і порядковим номером. Він додається до основного позначення номера року при оновленні технічних вимог (наприклад, E2-96 issue2) без позначення спеціальної жорсткості вимог.

У першій редакції класифікації ACEA-96 моторні оливи поділялись на три класи (A, B і E) по три категорії у кожному (A1-96, A2-96, A3-96, B1-96, B2-96, B3-96, E1-96, E2-96, E3-96). У другій редакції ACEA-98 збережено три класи класифікації ACEA-96, але збільшена кількість категорій до одинадцяти (A1-98, A2-96 “issue2”, A3-98, B1-98, B2-98, B3-98, B4-98, E1-96 “issue2”, E2-96 “issue2”, E4-98 і E5-99).

Класифікації ACEA і API визначають базові, фундаментальні вимоги до моторних олив. Однак багато фірм-виробників автомобілів, використовуючи свої права, доповнюють вимоги класифікацій власними вимогами. Вони обумовлені специфікою конструкції двигунів, використанням рідкісних експлуатаційних матеріалів та ін. Такі додаткові вимоги мають місце у

фірмових специфікаціях моторних олив. Їхнє виконання перевіряється спеціальними фірмовими методами випробувань у двигунах, які випускає дана фірма.

Виробники моторних олив, звичайно, вказують, яким класам SAE за в'язкістю та яким класам API і ACEA за рівнем експлуатаційних властивостей і умов використання відповідає даний продукт. Крім того, якщо олива пройшла відповідні випробування певних фірмових специфікацій, виробник оливи обов'язково повідомляє споживача про наявність допуску до використання продукту конкретними фірмами, які виробляють техніку.

Найбільш поширені фірмові специфікації моторних олив мають такі позначення:

- Volvo VDS, Volvo VDS-2;
- BMW “Special Oils”
- Mercedes-Benz: MB229.1, MB 228.5, MB 228.2/3, MB 228.0/1, MB 227.0/1;
- MAN 270, MAN 271, MAN OC 13017, MAN M 3275, MAN M 3277.

Наприклад, олива певної торгової марки може характеризуватися так:

SAE 10W-40, API SH/CF-4, ACEA A3-96/B3-96, BMW “Special Oils”, VW 500.00, VW 505.00, VW 501.01/505.00. Замість позначення фірмових специфікацій може бути приведений перелік фірм, які видали допуск на використання даної оливи і внесли її марку в інструкцію з експлуатації машини.

Споживач моторних олив із запропонованого асортименту повинен вибрати той продукт, який відповідає специфікації фірми-виробника двигуна. Тільки при відсутності на ринку оливи, яка відповідає фірмовій специфікації, слід використовувати таку, що відповідає базовим вимогам класифікацій. При цьому для техніки американського виробництва перевага надається оливам, які сертифіковані за класифікацією API, а для європейського виробництва – ACEA.

Оскільки класифікації API, ACEA, ILSAC різняться за вимогами до олив і методами випробувань, можна зробити висновки про приблизну відповідність, а не про ідентичність олив тих чи інших класів. Приблизну відповідність класів моторних олив, призначених для двигунів різних типів за класифікаціями API, ACEA та ILSAC наведено у табл. 11.9.

Таблиця 11.9 - Орієнтовна відповідність експлуатаційних класів за API, ACEA та ILSAC

Класифікація	Оливи для бензинових двигунів			Оливи для важконавантажених дизелів				
	A1-98	A2-96 issue2	A3-98	E1-96 issue2	E2-96 issue2	E3-96 issue2	E4-98	E5-99
ACEA	A1-98	issue2	A3-98	issue2	issue2	issue2	E4-98	E5-99
API	–	SH	SI	CD	CD	CF-4	CG-4	CH-4
ILSAC	–	GF-1	GF-2	–	–	–	–	–

Крім класу в'язкості, рівня експлуатаційних властивостей, інформації про наявність енергозберігаючих характеристик, а також переліку фірмових специфікацій або офіційних допусків виробників техніки, фірми, які виготовляють оливи, повідомляють споживачам своєї продукції типові значення деяких фізико-хімічних показників якості оливи.

Це найчастіше такі показники, як кінематична в'язкість при 40 і 100°C, індекс в'язкості, температура спалаху, лужне число, сульфатна зольність та ін. Така інформація потрібна споживачеві не тільки для оцінки якості оливи і придатності до подальшого використання, але й для діагностування двигунів.

Наприклад, якщо дві оливи мають практично однакову в'язкість при 100°C, а при 40°C їхня в'язкість відрізняється, то перевага надається тій оливі, у якої остання нижче, бо у неї вище індекс в'язкості. Для всесезонних не загущених олив високий індекс в'язкості свідчить про те, що олива, отримана шляхом глибокого очищення з нафти, сприятливого складу.

Температура спалаху оливи пов'язана з її фракційним складом і структурою молекул базових компонентів. При інших рівних умовах оливі, у якої температура спалаху вище, надають перевагу. Температура спалаху таких олив суттєво знижується у порівнянні з початковим значенням, якщо у процесі роботи вона розріджується паливом внаслідок несправностей двигуна. За температурою спалаху і в'язкістю визначається ступінь розрідження оливи, яка працює у двигуні. Це дозволяє оцінити технічний стан систем паливоподачі, запалювання або карбюратора.

Сульфатна зольність обмежується верхньою межею і визначається нормативною документацією на виробництво моторних олив, а також класифікаціями (не повинна бути вище допустимої). Це обумовлено тим, що надмірна зольність оливи може призвести до передчасного займання робочої суміші внаслідок утворення відкладень у камері згоряння, а також несприятливо впливати на працездатність свічок запалювання. Сульфатна зольність може також викликати підвищене зношування деталей внаслідок абразивної дії на тертьові поверхні. Базові оливи практично беззольні. Підвищена сульфатна зольність моторних олив, в основному обумовлена наявністю у їх складі миючих присадок, які містять в собі метали.

Лужне число є умовною мірою здатності оливи нейтралізувати кислі продукти неповного згоряння палива і продукти окислення олив. Процес спрацьовування лужного запасу присадок пов'язаний з нейтралізацією кислот, з одночасним диспергуванням забруднень. Він у значній мірі залежить від вмісту сірки у паливі. Зниження лужного числа під час роботи двигуна призводить до погіршення експлуатаційних властивостей оливи і, як наслідок, до підвищеного зношування його деталей. При цьому зростає нагароутворення і утворення лакових відкладень на них. Лужне число має допустимі межі, при досягненні яких олива вважається непрацездатною. Тому за інших рівних умов перевага віддається тій оливі, у якої лужне число вище.

Слід зазначити, що досить складно вибрати на підставі класифікації або специфічних вимог оливу із числа повністю взаємозамінних. При розгляді

асортименту олив перевагу слід надавати тим маркам, які за фізико-хімічними характеристиками ближче відповідають марці, що змінюється. Особливу увагу слід звернути на відповідність таких характеристик олив, як температура спалаху і застигання, які є найбільш загальними і важливими характеристиками експлуатаційних властивостей. Також слід уникати і еквівалентних замін, при яких олива-замінник за рівнем експлуатаційних властивостей суттєво перевищує сорт, який заміняється.

Асортимент моторних олив. Бензинові двигуни використовуються у легкових та вантажних автомобілях, автобусах, міні-тракторах та іншій техніці. Вони характеризуються, як правило, швидкісними і навантажувальними, а значить і температурними режимами, які змінюються у процесі роботи. Це ставить підвищені вимоги до здатності оливи запобігати утворенню як високо-, так і низькотемпературних відкладень, а також до їхніх антиокислювальних властивостей. За фізико-хімічними і експлуатаційними показниками ці оливи повинні відповідати вимогам і нормам ГОСТ 10541–78, які наведені у табл. 11.10. і 11.11.

Таблиця 11.10 - Фізико-хімічні показники олив моторних універсальних і для бензинових двигунів (ГОСТ 10541–78)

Найменування показника	Норма для марки			
	М-6з/12Г ₁	М-6з/12Г ₁	М-6з/12Г ₁	М-6з/12Г ₁
В'язкість кінематична, мм ² /с, при 100°С	≥12	10-11	7,5-8,5	9,5 - 10,5
Індекс в'язкості, не менше	115	120	93	120
Масова частка механічних домішок, % не більше	0,015	0,015	0,015	0,02
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С, не нижче	210	200	207	190
Температура застигання °С, не вище	-30	-38	-25	-30
Корозійність на пластинках із свинцю, г/м ² , не більше	відсутня	5,0	10,0	4,0
Миючі властивості по ПЗВ, бали, не більше	0,5		—	4,0
Лужне число, мг КОН на 1г оливи, не менш	7,5	5,0	4,2	5,5
Зольність сульфатна, %, не більше	1,3	0,9	0,95	1,3
Масова частка активних елементів, %, не менш:				
кальцію	0,23	0,20	0,16	-
цинку	0,10	0,12	0,09	-
фосфору	-	-	0,09	-
Густина при 20°С, кг/м ³ , не вище	900	900	905	890

Сучасні дизельні двигуни характеризуються великою різноманітністю типів, конструкцій та умов експлуатації. Тому асортимент олив для дизельних двигунів охоплює всі групи експлуатаційних властивостей від А до Е, передбачених класифікацією. Особливістю дизельних олив є підвищені вимоги до рівня миюче-диспергуючих та антикорозійних властивостей. Основою дизельних олив є дистилатні, залишкові або компаундовані базові оливи селективної очистки, які одержують з малосірчистих або сірчистих нафт. У всі дизельні оливи вводять багатофункціональні присадки або композиції присадок. Показники якості олив для швидкохідних дизелів, комбайнів та автомобілів наведено у табл. 11.11.