

Ю.А. Воробйов, А.М. Григорович, С.І. Нестеренко

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ
Частина 2
АВТОМОБІЛЬНІ ОЛИВИ ТА МАСТИЛА

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

Ю. А. Воробйов, А. М. Григорович, С.І. Нестеренко

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ
Частина 2
АВТОМОБІЛЬНІ ОЛИВИ ТА МАСТИЛА

Навчальний посібник



Харків «ХАІ» 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

Ю. А. Воробйов, А. М. Григорович, С.І. Нестеренко

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ
Частина 2
АВТОМОБІЛЬНІ ОЛИВИ ТА МАСТИЛА

Навчальний посібник



Харків «ХАІ» 2021

УДК 629.331– 634.5 (075.8)
В75

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. В. Б. Кононов,
канд. техн. наук, доц. О. В. Іванченко

Воробйов, Ю. А.

В75 **Експлуатаційні матеріали** [Електронний ресурс]: навч. посіб.
Ч.2. Автомобільні оливи та мастила / Ю. А. Воробйов, А. М. Григорович,
С. І. Нестеренко. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського
«Харків. авіац. ін-т», 2021. – 58 с.

Розглянуто теоретичні й практичні частини класифікації, застосування змащувальних матеріалів, які використовують в автомобільному транспорті на сучасному етапі його розвитку. Велику увагу приділено фізико-хімічним і експлуатаційним властивостям автомобільних змащувальних матеріалів.

Для студентів, які навчаються за спеціальністю «Автомобільний транспорт».

Іл. 1. Табл. 14. Бібліогр. : 7 назв

УДК 629.331–634.5 (075.8)

© Воробйов Ю. А., Григорович А. М.,
Нестеренко С. І., 2021

© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», 2021

ВСТУП

Основними користувачами моторних оливо є двигуни внутрішнього згоряння. Сьогодні до нової техніки ставлять жорсткі вимоги, що зростають в міру підвищення надійності, довговічності, а також зниження витрат палива і змащувальних матеріалів. Моторні оливи є експлуатаційними матеріалами, за своїм впливом на основі показники роботи автомобільної техніки рівнозначні конструкційним матеріалом. Тому знання їх складу, властивостей, експлуатаційних характеристик необхідно спеціалістам, які обслуговують автомобільну техніку. Моторні оливи є складними композиційними продуктами, до складу яких входять компоненти та присадки. Невірно вибраний змащувальний матеріал ускладнює експлуатацію автомобільної техніки, скорочує її ресурс і знижує надійність.

Навчальний посібник містить необхідні відомості щодо важливих властивостей моторних оливо та їх асортименту.

Наведено рекомендації, спрямовані на раціональне застосування моторних оливо у двигунах внутрішнього згоряння.

Навчальний посібник призначений для студентів, які навчаються за спеціальністю «Автомобілі та автомобільна інфраструктура», а також спеціалістів в області автомобільної та спеціальної техніки.

Розділ 1 МОТОРНІ ОЛИВИ

1.1 Основні вимоги до якості моторних олив

На довговічність двигунів і надійність їх роботи значно впливає якість моторних олив, що застосовують.

Навантажувальні і швидкісні режими двигунів призводять до зменшення питомої ємності системи змащення, а також до підвищення температури основних деталей і вузлів. При цьому умови роботи оливи ускладнюються, що призводить до інтенсивного процесу її окиснення.

За цих умов знижуються основні функції олив, що полягають у тому, щоб знизити тертя і зменшити зношування тертьових деталей шляхом створення на їхній поверхні міцної оливної плівки і при цьому забезпечити:

- ущільнення зазорів у сполучених деталях;
- ефективно відведення тепла від тертьових поверхонь деталей;
- видалення із зон тертя продуктів зношування;
- захист робочих поверхонь деталей від корозійного впливу продуктів окиснення і згоряння палива;
- запобігання утворенню всіх видів відкладень (нагарів, лаків, шлаків, золи і т. д.) на деталях;
- збереженість первісних властивостей, тобто високу стабільність при обводнюванні, окисненні та механічному впливі;
- недопущення великої витрати і збільшення свого терміну служби.

Для забезпечення зазначених функцій необхідно, щоб якість моторної оливи задовольняла основним експлуатаційним вимогам, а саме:

- мала оптимальні в'язкі властивості, які визначають надійну і економічну роботу механізмів, вузлів і деталей двигуна на всіх експлуатаційних режимах його роботи;
- мала гарну змащувальну здатність, необхідну для запобігання зношуванню тертьових деталей;
- хімічна стійкість має забезпечувати мінімальне змінення властивості оливи і не допускати утворення корозійно активних продуктів і шкідливих відкладень;
- була б стійкою до процесів випарювання, вспінення і утворення емульсій;
- надійно захищала тертьові поверхні та інші металеві деталі від атмосферної корозії.

Щоб ці експлуатаційні вимоги були здійснені, у моторної оливи мають бути певні властивості, найважливішими з яких є:

- в'язкісно-температурні;
- протизношувальні (змащувальні);

- протиокисні;
- диспергуючі (миючі);
- протикорозійні та ін.

1.2 Експлуатаційні властивості моторних оливо

1.2.1 В'язкісно – температурні властивості моторних оливо

В'язкість моторної оливи є основним показником, що характеризує якість змазування, розподіл оливи по поверхні тертя, втрати енергії на тертя і зношування деталей двигуна.

В'язкість – це така властивість оливи, яка чинить опір при переміщенні його шарів під дією зовнішньої сили. Ця властивість є наслідком її внутрішнього тертя, що виникає між молекулами. Розрізняють в'язкість **динамічну** і **кінематичну**.

Динамічна в'язкість характеризується плинністю оливи в екстремальних умовах, тобто при низькій температурі стосовно до умов пуску холодного двигуна і при високій температурі, коли швидкості зсуву близькі до реальних.

Якщо дві поверхні оливи площею в 1м² на відстані 1м зсовуються протягом 1 секунди із силою в один ньютон (Н), то одиницею виміру динамічної в'язкості у цьому випадку буде **пуаз**, який позначається буквою η $\eta = \text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$.

Кінематична в'язкість ν характеризується плинністю оливи при нормальній і високій температурах. Одиницею виміру є **стокс** ($\text{Ст} = \text{дм}^2/\text{с}$) або **сантискс** ($\text{сСт} = \text{мм}^2/\text{с}$).

З підвищенням тиску в'язкість оливи зростає. Величини тиску в масляній плівці, яка розташована між третювими поверхнями, можуть бути значно вище, чим самі навантаження на ці поверхні.

З підвищенням тиску в'язкість більш рідких оливо зростає меншою мірою, чим більш в'язких оливо. При тиску, який перевищує $(1,5 \dots 2,0) \cdot 10^3$ МПа, мінеральна олива твердішає. Присадки, що вводять у базову оливу, сприяють збереженню несучої здатності оливного шару при збільшенні навантаження.

Експлуатаційні чинники, такі, як швидкість запуску двигуна, прокачування оливи через систему змащення, охолодження третювих деталей і їх очищення від забруднень, найбільшою мірою залежать від в'язкості оливи.

Про ступінь розрідження оливи паливом і про наявність у неї більш легких паливних фракцій можна судити за параметром, який називається **температурою спалаху**. Ця температура характеризує вогнебезпечність оливи, дає уявлення про характер вуглеводнів в неї і дозволяє довідатися про наявність домішок компонентів, що легко випаровуються.

У сучасних моторних оливах температура спалаху, як правило, більше 200 °С.

Якщо виявиться, що олива розріджена паливом, то температура спалаху стане нижче 175 °С.

Зі зниженням температури спалаху внутрішня взаємодія молекул оливи почне підсилюватися, об'єм макромолекул полімерів, навпаки, буде зменшуватися і макромолекули стануть «звиватися» у клубки.

При підвищенні температури клубки макромолекул «розвертаються» у довгі розгалужені ланцюги, приєднують до себе молекули базової оливи, об'єм їх стає більше, від чого в'язкість оливи зростає.

Оливи, у які додають загущені присадки, мають необхідний рівень в'язкості при позитивних температурах від 50 до 100 °С і пологої кривої зміни в'язкості (рисунок 1.1).

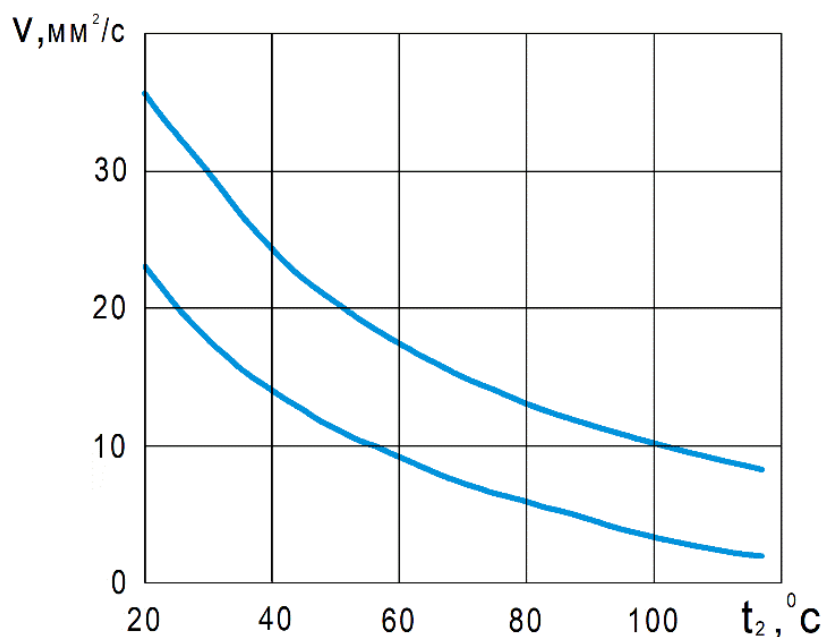


Рисунок 1.1 – Вплив в'язкісної присадки на в'язкість оливи при різних температурах: 1 – малов'язка олива; 2 – та ж олива з в'язкісною присадкою (загущена)

Інтенсивність зміни в'язкості з підвищенням або зниженням температури визначається показником, який називається **індексом в'язкості (ІВ)**. Він визначається шляхом порівняння в'язкості даної оливи із двома еталонними оливами, в'язкісно-температурні властивості однієї з яких прийняті за 100, а другої – за 0 одиниць.

Індекс в'язкості визначають за номограмою, розрахунковим шляхом або за спеціальними таблицями.

Із двох моторних олив з однаковою в'язкістю при температурі 100 °С, але з різними індексами в'язкості деякі оливи можна застосовувати тільки в теплий час, тому що при низьких температурах вони втрачають свою ру-

хливість, а інші оливи можна застосовувати всесезонно. Вони забезпечують легкий пуск двигуна при низьких температурах повітря і рідинне тертя при робочих температурах. Такі оливи одержали назву **всесезонні**, оскільки вони мають одночасно властивості одного із зимових і одного з літніх класів. У всесезонних оливах високий індекс в'язкості – 115...140.

Тому, враховуючи, що в'язкість оливи та її індекс в'язкості характеризують працездатність кута тертя, у стандартах на оливи ці параметри нормуються в кількісному вираженні. Для автомобільних моторних оливах індекс в'язкості має бути не менше 90.

У системах змащення сучасних автомобільних двигунів звичайно застосовують **загущені всесезонні оливи**. При їхньому використанні потужність двигуна підвищується на 3...7 %. Це забезпечується високим індексом в'язкості і здатністю загущених оливах знижувати в'язкість у парах тертя при високих швидкостях зсуву. Окрім цього, використання загущених всесезонних оливах полегшує пуск двигуна і скорочує час його прогрівання, знижує механічні втрати на тертя, у результаті чого знижується витрата палива, збільшується довговічність деталей і термін служби оливи. Економія палива при більших пробігах автомобілів досягає більше 5 %, а при коротких пробігах у зимовий час та із частими пусками двигунів досягає до 15 %.

До **недоліків загущених оливах** відносять низьку стабільність загущених присадок при високих температурах, тому що це викликає погіршення в'язкісно-температурних характеристик оливах при тривалій беззмінній роботі їх у двигунах.

Вважається, що середня температура оливи в картері і у масляній магістралі двигуна дорівнює 100 °С. Цю температуру прийнято вважати **робочою**. В'язкість оливи при цій температурі включається в його маркування. Наприклад, у марці оливи М-12Г цифра 12 означає номінальну в'язкість у сСт при 100 °С. Тому правильний підбір оливах з оптимальним значенням в'язкості залежить, насамперед, від конструкції і режиму роботи вузла тертя. Чим вище в'язкість оливи в працюючому двигуні, тим надійніше ущільнення, менше ймовірність прориву газів і спад оливи на вигар. Тому застосування оливах з великою в'язкістю доцільно в тих умовах, коли двигун зношений, зазори збільшені або експлуатаційні умови характеризуються високою запиленістю, підвищеною температурою, що змінюються в значних межах навантаженнями.

Оливи з меншою в'язкістю застосовують для легконавантажених високооборотних (швидкохідних) двигунів. У цьому випадку запуск двигуна стає легшим, олива по системі змащення прокачується краще, тепловіддача від поверхонь робочих деталей прискорюється і поліпшується їхнє очищення від механічних домішок.

Властивість, при якій моторна олива втрачає свою плинність, називається **застиганням**. При зниженні температури до певної величини плинність оливи знижується, а при подальшому зниженні вона застигає.

Процес відбувається в такий спосіб: зі збільшенням в'язкості оливи з неї виділяються високоплавкі вуглеводні (парафін і церезин), а при повній втраті плинності оливи мікрочастинки твердих вуглеводнів (парафіни) утворюють просторові кристалічні ґрати, які зв'язують всю оливу в єдину нерухливу масу.

Температуру, при якій олива повністю втрачає свою плинність, називають **температурою застигання**.

Нижня температурна межа застосування оливи приблизно на 8 ... 12 °С вище температури застигання, тобто

$$t_{\text{н.м}} = t_3 - (8 \dots 12),$$

де $t_{\text{н.м}}$ – нижня температурна межа навколишнього повітря, °С;

t_3 – температура застигання певної марки оливи (регламентується стандартом), °С.

Зниження температури застигання олив досягають шляхом **депарафізації** (часткового видалення парафінів) або додаванням присадок **депресантів** у процесі виробництва олив. Депресанти запобігають утворенню кристалічних ґрат, коли кристали парафіну поєднуються в об'ємні структури. При цьому, знижуючи температуру застигання оливи, депресанти не впливають на її в'язкісні властивості.

1.2.2 Протизношувальні (змащувальні) властивості моторних олив

Під **протизношувальними (змащувальними)** властивостями оливи розуміють її здатність перешкоджати зношуванню поверхонь тертя, утворенню на третьових поверхнях міцної плівки, що виключає безпосередній контакт деталей. Високі протизношувальні властивості оливи особливо затребувані при невеликих частотах обертання колінчастого вала, коли виникають високі питомі навантаження, а також коли геометричні форми або розміри деталей мають істотні відхилення. Це здатно викликати задир і руйнування третьових поверхонь деталей.

Протизношувальні (змащувальні) властивості оливи залежать від її в'язкості, в'язкісно-температурної характеристики оливи, змащувальної здатності та чистоти оливи. З підвищенням температури оливи її адсорбційний шар послабляється, а при температурі 150...200 °С міцність масляної плівки досягає грані сухого тертя і руйнується.

Про змащувальну здатність або «маслянистість» оливи судять за її хімічним складом, в'язкістю і наявністю присадок. На маслянистість олив впливають смолисті речовини, високомолекулярні кислоти і сірчані сполуки, які можуть утримуватися в оливах і мати високі поверхневі активні властивості.

Для зниження втрат на тертя в моторні оливи вводять антифрикційні присадки, основою яких служать беззольні органічні сполуки, що містять благородні метали: нікель, кобальт-хром, молібден. Малорозчинні поверхнево-активні речовини такого типу утворюють у вузлах тертя багат шарові захисні плівки із впровадженням легуючих металів у зону тертя. Особливе місце при цьому належить молібдену, атоми якого здатні зв'язувати атоми заліза і утворювати структури, стійкі до місцевого викришування металу (пітингу) і фретинг-корозії. Більше того, у результаті окиснення поверхневих шарів метал утворює оксиди, температура плавлення і твердість яких на порядок нижче, чим у металу поверхні тертя.

Таким чином, правильний вибір в'язкості оливи значною мірою впливає на швидкість зношування. Високов'язкі оливи при низьких температурах стають більш густими, що утруднює їхній доступ до тертьових поверхонь деталей. У той же час пуск і прогрів двигуна на менш в'язких (рідких) оливах полегшує доступ до тертьових поверхонь деталей. Режим рідинного тертя настає швидше.

1.2.3 Протиокисні властивості моторних олив

При зберіганні і у процесі роботи моторна олива зазнає глибоких хімічних змін: окиснення, полімеризацію, алкілування, розкладання і т. д. При цьому в оливах утворюються коксові, смолисті, асфальтенові та інші речовини.

Підвищений тиск повітря прискорює процес окислення, тому що підсилюється процес взаємної дифузії оливи з атмосферним повітрям. При цьому вирішальний вплив на процес окислення має температура. Дослідним шляхом було встановлено, що оливи, що зберігаються при температурі 18...20 °С, зберігають свої первісні властивості протягом п'яти років, а починаючи з 50...60 °С швидкість окислення подвоюється зі збільшенням температури на кожні 10 °С. Тому висока теплова напруженість деталей двигуна, з якими моторній оливі доводиться контактувати, а також взаємодія її з відпрацьованими газами, які прориваються в картер із камер згоряння, різко погіршують її якість.

Тривалість роботи оливи у двигуні залежить від її хімічної стабільності, під якою розуміють здатність оливи зберігати свої первісні властивості і протистояти зовнішньому впливу при нормальних температурах.

На **стабільність моторних олив** сильний вплив мають такі чинники: хімічний склад, температурні умови, тривалість окиснення, каталітична дія металів і продуктів окиснення, площа поверхні окиснення, а також наявність у оливах води і механічних домішок.

1.2.4 Протикорозійні властивості моторних оливо

При зберіганні автомобілів на відкритих майданчиках двигуни зазнають корозійний вплив, що викликає іржавіння внутрішніх порожнин і деталей. У результаті корозійних процесів поверхневий шар деталей розпушується і руйнується, що неминуче спричиняє їх підвищене зношування і зниження загальної довговічності роботи двигунів.

Олива в цьому випадку відіграє подвійну роль: з одного боку, вона захищає поверхні деталей від агресивного впливу зовнішнього середовища, а з іншого – олива сама викликає корозію. Причиною корозійних властивостей оливо є те, що в них утримуються перекиси органічних і неорганічних кислот й інші продукти окиснення, а також сірчисті сполуки, луги і вода.

У свіжій моторній оливі є природні органічні кислоти і сірчані сполуки, а в працюючій оливі накопичуються більш сильні кислотні агенти, при цьому корозійність цієї оливи зростає. Однак, незважаючи на різке зростання корозійності, вона порівняно зі свіжою оливою незначна.

У процесі використання моторної оливи залежно від умов її роботи, хімічної стабільності і змісту в неї антиокислювачів зміст кислот у працюючій оливі зростає в 3 – 5 разів.

При згорянні оливи утворюються високомолекулярні органічні кислоти, які за наявності кисню згубно діють на метали. Кисень входить до складу перекисів, тому в наявності кисню і води метал зазнає електрохімічного розчинення. При цьому процес корозії відбувається у вигляді хімічної реакції. Проходженню корозії певною мірою сприяє вода як основне середовище для електрохімічних процесів і каталізатор процесу окислення оливи.

У свіжій оливі неорганічні кислоти відсутні. Однак якщо в картер двигуна разом із парами води попадають сірчаний SO₂, сірчистий SO₃ та ангідриди, то в результаті хімічної реакції утворюється сірчана або сірчиста кислота, яка в корозійному відношенні стає агресивною до кольорових металів і сплавів.

Захисні властивості оливо обумовлюються створенням захисного шару (бар'єру) на шляху агресивних продуктів (вологи і газів) до металевих поверхонь. Цим шаром є поверхнево-активні речовини – **інгібітори корозії**, що сприяють утворенню на металевих поверхнях адсорбованих або хімічних плівок.

Зазвичай **корозійні процеси** у двигунах пригнічують такими способами:

- нейтралізацією кислих продуктів;
- уповільненням процесів окиснення;
- створенням на металі захисної плівки.

Для уповільнення процесу утворення перекисів кислот у моторні оливи вводять антиокислювальні присадки. Оскільки ці присадки повністю

не запобігають нагромадженню окисних продуктів, для створення на поверхнях деталей захисної плівки додатково в оливу вводять **пасиватори**.

Пасиватори—це органічні сполуки, що містять окремо сірку або фосфор, а іноді обидва ці елементи разом, які здатні в результаті хімічної взаємодії присадки з металом утворювати на поверхнях деталей стійкі захисні плівки.

Крім того, для зменшення корозійного зношування металевих деталей в оливи вводять присадки, які мають лужні властивості і забезпечують нейтралізацію кислих продуктів, що утворюються в оливі.

Лужні властивості оливи характеризуються **лужним числом**, зумовленою кількістю гідроксиду калію – KOH (ідкоого калію), який еквівалентний кількості соляної кислоти HCl, витраченої на нейтралізацію всіх основних сполук, що втримуються в 1 г оливи.

Лужне число виражається в міліграмах KOH на 1 г оливи і, відповідно до ДСТУ, воно не має перевищувати 2...6 мг.

Лужне число знижується при зменшенні концентрації миючих присадок. При цьому в оливі накопичуються кислі продукти, які підвищують корозійне зношування деталей. Отже, основною функцією лужних присадок оливи є нейтралізація кислот і захист металу від корозії. Тому одним з ознак, що свідчать про необхідність зміни оливи, може бути зменшення лужного числа.

1.3 Склад моторних олив

Залежно від способу виробництва всі сучасні моторні оливи бувають:

- **мінеральними**, отриманими з нафтових фракцій і очищеними від небажаних домішок;
- **синтетичними**, отриманими з органічних сполук багатоступінчастим синтезом;
- **напівсинтетичними**, отриманими змішуванням мінеральних і синтетичних олив.

За складом товарні моторні оливи являють собою різні суміші базових мінеральних і синтетичних олив, до яких додані присадки для досягнення необхідних експлуатаційних властивостей.

Базові оливи мінеральні. За способом виділення з нафти мінеральні базові оливи поділяють на такі:

- **дистилятні** оливи;
- **залишкові** оливи;
- **компаундні** оливи, тобто суміш дистилятних і залишкових компонентів.

Якість мінеральних базових олив залежить від складу нафти, технологічного процесу вакуумної дистиляції атмосферного залишку і способу очищення масляних дистилятів від небажаних домішок.

Базові оливи синтетичні. Синтетичні оливи одержують за допомогою процесів полімеризації і алкілування неграничних вуглеводнів, хлорування алканових і ароматичних вуглеводнів, конденсації ефірів та іншими способами. Ці оливи поділяють на такі класи:

- **вуглеводневі оливи** на основі поліальфаолефінових сполук, ізопарафінових вуглеводнів і алкілбензолу;
- **поліефірні оливи**, що містять аліфатичні поліефіри (поліалкіленгліколи), ефіри карбонових кислот, ефіри себацінової кислоти, ефіри фосфорної кислоти та ін.;
- **силіконові оливи**, що містять силосани і ефіри кремнієвої кислоти.

Властивості синтетичних олив різняться не тільки між класами, але і усередині кожного класу.

Синтетичні базові оливи не мають усієї сукупності позитивних якостей, характерних для мінеральних олив. Однак окремі синтетичні оливи мають поліпшені експлуатаційні властивості, що перевищують властивості мінеральних олив.

Вуглеводневі оливи. Поліальфаолефінові (ПАО) оливи найпоширеніші в техніці і становлять більше однієї третини всіх синтетичних олив. Вони відрізняються універсальними змащувальними властивостями, можуть працювати в широкому інтервалі температур, мають високий індекс в'язкості і стабільності властивостей. Ці оливи не викликають корозії металів, не виявляють негативного впливу на матеріали прокладок манжет і ущільнень і добре змішуються з мінеральними оливами. Із усіх синтетичних олив вони найдешевші.

Високоякісні змащувальні оливи одержують **комбінованою полімеризацією** – конденсацією крекінг-оліфенів з ароматичними нафтовими фракціями після ретельного видалення кисню, сірки і азоту в присутності каталізатора $AlCl_3$.

Ефіри карбонових кислот мають низькі температури застигання, високі температури спалаху, гарні змащувальні і термічні властивості. Вони добре змішуються з мінеральними оливами.

Ефіри фосфорної кислоти застосовують як вогнестійкі гідравлічні рідини і присадки до олив і палив.

Силіконові оливи. Силосани – це прямоцепочечні полімери алкіл- і алкілсилосанового ряду, властивості яких визначаються молекулярною масою і природою бічних ланцюгів. Вони мають порівняно високі температури кипіння, низьку випаровуваність і високі температури спалаху. Маючи високу термічну стабільність, мають гарну окисну стабільність, хімічну ней-

тральність і сумісність із еластомерами. Недолік силоксанів – висока розчинність у воді.

Складні ефіри кремнієвої кислоти на відміну від силоксанів (вуглеводні радикали пов'язані через атом кисню – Si-O-R.) мають низьку випаровуваність, чудові в'язкісно-температурні характеристики. Як недолік відзначається низька гідролітична стабільність.

Частково синтетичні оливи містять у суміші з мінеральною оливою більше 25 % синтетичної оливи. Хоча деякі фірми до частково синтетичних олив відносять оливи зі зміненою молекулярною структурою гідрокрекінгу олив мінерального походження.

Особливості синтетичних і напівсинтетичних моторних олив. Синтетичні і напівсинтетичні моторні оливи, що мають за рядом експлуатаційних властивостей кращі, чим нафтові (мінеральні) оливи, показники, знаходять у наш час усе більше застосування.

До позитивних якостей синтетичних і напівсинтетичних моторних олив відносять:

- більш високий індекс в'язкості, чим у мінеральних оливах кращих марок і сортів;
- краща в'язкісно-температурна характеристика в зоні негативних температур;
- більш низька температура рухливості, що забезпечує більш легкий пуск двигуна при низьких температурах навколишнього повітря;
- менша схильність до утворення низькотемпературних відкладень, яка сприяє нормальній експлуатації в північних районах;
- високі показники в'язкості при робочих температурах 250...300 °С (в 3–5 разів вище рівнов'язких або мінеральних олив при температурі 100 °С), що забезпечують гарантовані умови гідродинамічного змащення до більш високих температур і термічну стабільність;
- низька випаровуваність і мала схильність до утворення високотемпературних відкладень, які дозволяють використовувати ці оливи у високофорсованих теплонавантажених двигунах при експлуатації в умовах жаркого клімату;
- синтетичні оливи залежно від синтетичної основи, що характеризуються кращими противоокисними, диспергуючими властивостями і механічною стабільністю, а також кращими протизносними і протизадирними характеристиками;
- великий термін служби до заміни і менша витрата на вигар, які скорочують експлуатаційні витрати оливи на 30...40 %;
- застосування синтетичних моторних олив на 4...5 % знижує витрату палива завдяки створенню оптимальних умов тертя.

Основні порівняльні показники нафтової (мінеральної) і синтетичних моторних олив наведено в таблиці 1.1.

Синтетичні оливи поєднують у собі властивості самих малов'язких зимових і в'язких літніх класів і мають позначення в західних країнах **Fully Synthetic** – у перекладі «повністю синтетичне». Вартість синтетичних моторних олив у середньому в 2–3 рази вище вартості мінеральних. Проте застосування їх є доцільним не тільки з експлуатаційної точки зору, але і з економічної, тому що вони мають більший термін служби у двигунах до їхньої заміни. Крім того, у них менша витрата на вигар.

Основні характеристики синтетичних моторних олив. Синтетичні моторні оливи залежно від основи бувають:

- діефірними;
- поліалкенглікольовими;
- полісилоксановими (силіконовими);
- фторуглеродними;
- хлорфторуглеродними.

Таблиця 1.1 – Основні показники синтетичних і мінеральних моторних олив

Найменування показників	Нафтова (мінеральна олива)	Синтетичні оливи			
		Діефірні	Поліалкенглікольові	Полісилоксанові	Фторвуглеводні
В'язкість кінематична при 100 °С, мм ² /с	2,5	3.2	3,2	3.5	—
Індекс в'язкості	70	140...150	135...180	270	500
Температура застигання, °С	-40...-73	-43...-63	-53...-63	-63...-100	-3...-23
Температура спалаху, °С	149	232	193	315	—
Температурна межа працездатності, °С	220	220	260...300	250	400...500
Втрати на випарювання при 100 °С за 22 г, %	8	0.1	0.1	0.1	0

При виробництві **діефірних** синтетичних олив використовують складні ефіри двох основних карбонових кислот.

Дієфіри, що утворюються при взаємодії двоосновних кислот з одноатомними спиртами і одноосновних кислот із багатоатомними спиртами, застосовують при виробництві синтетичних моторних олив найбільш часто.

Оливи, одержувані на основі дієфірів, перевершують мінеральні майже за всіма найважливішими експлуатаційними властивостями:

- вони мають більш високі індекси в'язкості і низькі температури застигання;
- у них менше випаровуваність і вогненебезпечність.

У той же час дієфірні оливи більш агресивні стосовно деталей з оливостійкої гуми, тому що викликають набрякання і розм'якшення гумових прокладок, гумових манжетів, шлангів і т. д.

Поліалкенглікольові синтетичні оливи мають кращі відносно мінеральних протизносні властивості, відрізняються більш пологою в'язкісно-температурною характеристикою, більш низькою температурою застигання і високим індексом в'язкості. Вони витримують високі робочі температури (до 300 °С), не провокують корозії металів, а також, на відміну від ефірних олив, не викликають набрякання і розм'якшення натуральної і синтетичної гуми. Широке застосування синтетичних олив на поліглікольовій основі обмежується тільки високою вартістю їх виробництва.

Полісилоксанові (силіконові) синтетичні оливи відрізняються низькою температурою застигання, мають полого в'язкісно-температурну криву, і вони термостабільні. Ці оливи хімічно інертні, тому не викликають корозію сталі, чавуну, міді, латуні, бронзи, свинцю та інших металів навіть при нагріванні до температури 150 °С. Ці полімерні кремнійорганічні сполуки знаходять усе більш широке застосування як спеціальних олив і рідини з металевими або етильними радикалами. Тому вони мають назву метилполісилоксани або етилполісилоксани.

Однак у олив цієї групи низька змащувальна здатність і противозносні властивості, які трохи поліпшуються введенням у них присадок. Тому полісилоксани більш перспективні як робочі рідини у гідравлічних системах і гідроамортизаторах, а також для виготовлення пластичних олив.

Фторвуглецеві синтетичні оливи одержують шляхом заміни у вуглеводнях усіх атомів водню фтором. Вони мають гарні змащувальні властивості і використовуються у вузлах тертя хімічно активних речовин, що працюють при високих температурах в атмосфері. Це викликано тим, що в них висока термічна і хімічна стабільності, інертність до кислот і лугів, а також мінімальна корозійна агресивність. Однак низька температура кипіння і висока температура застигання при дуже крутій в'язкісно-температурній кривій виключає їхнє застосування як моторних олив.

Хлорфторвуглеводні синтетичні оливи одержують шляхом заміни атомів водню частково хлором, а частково фтором. Ці оливи характеризуються більш високою температурою кипіння, кращими в'язкісно-

температурними властивостями і змащувальною здатністю, але гіршою термічною і хімічною стабільністю.

Напівсинтетичні моторні оливи. Ці мінеральні оливи поліпшені завдяки спеціальній технології очищення і змісту в них синтетичних домішок. Позначаються вони як **Semi-Synthetic**, у перекладі – «напівсинтетичні». Такі оливи мають кращі експлуатаційні властивості, вони дорожче мінеральних, однак дешевші повністю синтетичних.

Перехід на добре очищені мінеральні, синтетичні і напівсинтетичні оливи полегшує пуск двигуна при низьких температурах (до - 40 °С) і заощаджує від 2 до 5 % палива за рахунок зниження втрат на тертя в гідродинамічному режимі змащення.

1.3.1 Присадки для базових моторних олив

Присадки в базові оливи вводять для додання оливі нових властивостей: для поліпшення наявних властивостей і для усунення небажаних процесів.

Ефективність дії присадок зумовлюється їхніми хімічними властивостями, концентрацією, прийомистістю до базових олив.

Присадки, які класифікують за функціональною дією:

- **в'язкісні**, які поліпшують індекс в'язкості і знижують температуру застигання;
- **які поліпшують змащувальні властивості** (модифікатори тертя, антифрикційні, протизношувальні, протизадирні і т. д.);
- **антиокислювальні**, що запобігають окисненню оливи (антиоксиданти);
- **антикорозійні** (інгібітори корозії);
- **миючі** (детергенти);
- **протипінні** і т.д.

Більшість присадок є **багатофункціональними**, тобто, такими, що мають декілька корисних властивостей. Наприклад, присадки, що миють, одночасно є і антикорозійними.

В'язкісні присадки застосовують для поліпшення в'язкісно-температурних характеристик. Ці присадки ще називають **модифікаторами в'язкості**. До в'язкісних присадок відносять депресанти температури застигання. Їхня дія основана на придушенні глеєутворення при низькій температурі в результаті кристалізації парафіну.

Модифікатори в'язкості підвищують плинність олив при низькій температурі і стабілізують в'язкість при високій. Це досягається введенням полімерних згущувачів. При низькій температурі, коли олива в'язка, молекули парафіну перебувають у «скрученому» вигляді і мало впливають на в'язкість. Із підвищенням температури вони «розкручуються» і підвищують

в'язкість рідини. Таким чином, пригнічується залежність в'язкості оливи від температури і підвищується індекс в'язкості.

Як модифікатори в'язкості застосовують поліізобутилен, співполімери етилену, пропилену, бутілену та ін.

Згущуючі полімери випускають у вигляді розчинів у стандартній базовій оливі і поставляють на ринок маркірованими як концентрати відповідно з їх згущуючим ефектом.

Полімерні модифікатори в'язкості ефективні в оливах при помірних навантаженнях і невисокої деформації зсуву. При великому навантаженні та високій деформації зсуву довгі молекули загущувачів можуть розриватися на дрібні фрагменти, внаслідок чого ефективність загущувача зменшується. Однорідні за довжиною і лінійною конфігурацією молекули оливи більш стійкі до механічної деструкції.

Депресанти пригнічують зрощення кристалів парафіну і знижують температуру їх кристалізації. При зниженні температури з вуглеводної оливи починають випадати парафінові кристали у вигляді голок і пластин з утворенням просторових кристалічних ґрат, що призводить до втрати плинності оливи.

Низькотемпературну плинність поліпшують глибокою депарафінізацією і додаванням депресантів. Оливи депарафінірують лише частково до температури застигання порядку $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, а подальше зниження температури застигання ще на $20\text{...}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ досягається введенням депресорних присадок, в якості яких застосовують алкілнафталіни, алкілфеноли та інші полімерні продукти в концентрації $0,05\text{...}1,0\text{ }\%$.

Присадки, що поліпшують **змащувальні властивості**, за принципом дії поділяють на такі:

- **протизношувальні;**
- **протизадирні.**

Протизношувальні присадки збільшують липкість і поліпшують змащення. При нормальному змащенні полярні групи молекул оливи утворюють на поверхнях тертя адсорбовані плівки. При граничному змащенні сила тертя і зношування залежать від стійкості цих плівок і сили взаємодії молекул оливи з поверхнею металу, тобто від липкості оливи.

Протизношувальні властивості мають жирні спирти, амідни, складні ефіри, сполуки фосфору, які утворюють хімічний зв'язок з поверхнею металу. Чим сильніше зв'язок, тим менша величина в'язкості оливи потрібна для зниження зношування і втрат енергії на тертя.

Модифікатори тертя регулюють коефіцієнт тертя поверхонь, що змащуються.

Протизадирні присадки захищають поверхні тертя від задирів при високих тисках. Деталі від зварювання і заїдання захищають сполуками сірки, фосфору, які в місцях найвищого тертя і високих температур розкладаються з виділенням відповідних активних елементів, що реагують із ме-

талом і утворюють сульфідну, фосфідну, тверду хемосорбційну плівки. Така плівка є більш стійкою, чим адсорбційна, і краще захищає поверхні тертя від зношування в умовах високих навантажень і температур.

Твердими протизадирними присадками є дисульфідмолібден, політетрафторетилен. Вони мають колоїдну структуру і на поверхні тертьових деталей утворюють міцні протизношувальні та протизадирні плівки з високою критичною робочою температурою. Тертя знижують також шляхом легкого ковзання шаруватої графітної присадки.

Антикорозійні присадки нейтралізують кислоти, що утворюються при окисненні вуглеводнів. Створюють захисну адсорбційну і хемосорбційну плівку, яка перешкоджає реакції кислот з поверхнею металу, а також зв'язує вологу, що викликає корозію.

Інгібітори корозії захищають поверхню деталей з кольорових металів від корозії і корозійного зношування, які викликані органічними кислотами. Механізм захисту полягає в тому, що на поверхнях деталей утворюється захисна плівка і відбувається нейтралізація кислот. Для цих цілей застосовують діалкілдитиофосфат цинку, сполуки сірки і фосфору. Присадки проти корозії добре захищають сталеві і чавунні деталі від іржі. Механізмом захисту служить адсорбована захисна плівка, що захищає поверхню металу від безпосереднього контакту з водяним розчином кислоти. Для цієї цілі застосовують аміносукцинати і сульфонати лужних металів, що мають сильні поверхнево-активні властивості.

Антиокислювальні присадки, названі **інгібіторами окислення**, пригнічують окислення оливи в початковій її стадії шляхом взаємодії з первинними продуктами реакції окислення – перекисами і обривають ланцюгові реакції окислення. Антиокислювальні присадки, що знижують утворення кислот, є одночасно антикорозійними присадками.

Каталітичну дію іонів металів на окислення оливи пригнічують деактиваторами металів, які є органічними сполуками, що зв'язують іони металів у неактивні комплекси. Як антиокислювачі застосовують феноли і аміни, а як деактиватори металів – органічні сполуки сірки і фосфору.

Миючі присадки запобігають агломерації (злипання) нерозчинних продуктів окислення та відкладень на деталях. За механізмом дії їх поділяють на такі:

- **детергенти;**
- **дисперсанти.**

Детергенти – це поверхнево-активні речовини (оливорозчинні алкілбензолсульфонати, фосфат та ін.), що захищають поверхню деталей двигуна від прилипання і скупчення на них продуктів окислення. Деякі сульфонати мають лужні властивості і нейтралізують кислі продукти окислення. До складу лужних присадок можуть відноситись дисперговані окиси, гідроокиси і карбонат металів.

Дисперсанти пригнічують агломерацію і злипання продуктів окислення і осадження смолистих речовин на поверхнях деталей. Як дисперсанти застосовують полімери з полярними групами, які підтримують колоїдні частки продуктів окислення і забруднення у зваженому стані.

Емульгатори знижують поверхневу енергію рідин, внаслідок чого вода в оливі утворює стійку емульсію і виділяється в окремий шар. Емульгаторами служать детергенти.

Протипінні присадки знижують піноутворення і попереджають вспінювання олив через зниження міцності поверхневих масляних плівок. До складу протипінних присадок, як правило, відносяться силіконові оливи–поліалкілсилоксани і деякі інші полімери. Силіконові оливи руйнують стінки великих міхурів, а полімери зменшують кількість дрібних міхурів.

Таким чином, сполуки моторних олив – це суміші базових моторних і базових синтетичних олив з різними присадками.

1.4 Загальні зміни властивостей моторних олив при експлуатації

При експлуатації під впливом різних чинників олива втрачає свої первісні властивості. Усі зміни, що відбуваються з моторною оливою у ДВЗ, можна охарактеризувати як кількісні та якісні.

Таблиця 1.2 – Забруднювачі моторних олив

Речовини, що забруднюють моторні оливи	Органічні	Продукти окиснення і термічного розкладання	Продукти окислення
			Азотисті сполуки
		Продукти незгорілого палива	Продукти окислення палива
			Сірчисті і свинцюваті сполуки
			Водний конденсат
			Кислоти
	Неорганічні	Присадка, що спрацювала	Сажа
			Продукти хімічних реакцій
		Сторонні продукти	Продукти від фільтрування і випадіння в осад
			Вода, антифриз із системи охолодження
			Паливо
			Пил
Продукти зношування, технологічні включення			

Кількісні зміни відбуваються при випаровуванні легких оливних фракцій і частковому витіканні оливи з ущільнень, а також при її згорянні («угар»).

Якісні зміни пов'язані зі старінням оливи та з хімічними змінами її компонентів, влученням в оливу пилу, продуктів зношування, води і незгорілого палива. Зменшення кількості і погіршення якості працюючої оливи може призвести до виходу двигуна з ладу.

Старіння олив при роботі двигунів являє собою дуже складний процес. Підвищена температура і кисень повітря, з яким контактує олива, викликають окислення і окисну полімеризацію його молекул. Продукти окислення вуглеводнів (смоли, органічні кислоти), присутні в оливі в розчиненому стані, сприяють збільшенню в'язкості і кислотного числа, а асфальтенові сполуки, що є основою утворення лаків і особливо небезпечних липких опадів, сприяють заляганню і пригорянню поршневих кілець.

Внаслідок цього кількість вуглеродистих часток в оливі зростає (таблиця 1.2).

1.4.1 Характеристики забруднень моторної оливи при експлуатації

Забруднення моторної оливи за характером походження бувають **органічними і неорганічними**.

Органічні забруднення – це продукти неповного згорання палива, розміри часток яких становлять не більше 2 мкм, а також продукти термічного розкладання окислення і полімеризації оливи, що попадають в неї з камер згорання.

Неорганічні забруднення – це продукти спрацьовування зольних присадок в оливах, а також технологічні забруднення, що залишилися у двигуні (стружка, абразив і т. д.) після його виготовлення. Крім цього, з камери згорання в оливу можуть попадати сполуки сірки і свинцю, змішані із частками зношування деталей розміром 0,5...1,0 мкм, а також вода і частки пилу.

На інтенсивність процесу забруднення оливи в працюючому двигуні безупинно впливають: вид і властивості палива, якості моторної оливи, тип, конструкція, технічний стан, режим роботи і умови експлуатації двигуна. Тому при зниженні повноти згорання палива і збільшенні прориву газів у картер олива забруднюється, насамперед, органічними домішками.

Великі частки – конгломерати (до 30...40 мкм), що утворюються в результаті цементуючої дії асфальтосмолистих продуктів і влучення в оливу води, під дією власної ваги випадають в осад, формуючи на деталях низькотемпературної зони двигуна шкідливі відкладання, називані шламами. Цьому перешкоджають **диспергуючі присадки**, які стримують коагуляцію

часток, можуть роздрібнити і навіть перевести в колоїдний розчин органічні частки і дрібнодисперсну фазу.

Збільшення змісту в оливі механічних домішок у певний момент може зменшитися або припинитися. Це відбувається, коли спрацьовується диспергуюча присадка. При цьому частки забруднення укрупнюються і більшою мірою втримуються масляними фільтрами.

Наявність води в працюючих оливах пояснюється таким рядом причин:

- влученням із камери згоряння разом із газами, що прориваються (при згорянні 1 кг палива утворюється 1,2...1,4 г води);
- можливим проникненням у картер із системи охолодження: через конденсацію вологи у випадку різкого зниження температури двигуна при його охолодженні.

Зміст води в оливі погіршує її експлуатаційні властивості, підвищується корозійність і погіршуються змащувальні властивості. При цьому зростають водневе зношування деталей і корозія вкладишів підшипників ковзання та інших деталей з кольорових металів і сплавів при високих температурах.

Для нейтралізації шкідливого впливу води слід утримувати систему охолодження і вентиляції картера двигуна в справному стані, скорочувати час прогрівання двигуна до робочої температури і дотримуватися його оптимального температурного режиму.

У процесі старіння олив насамперед окислюються вуглеводні і спрацьовані присадки, а потім змінюються фізико-хімічні й експлуатаційні властивості, такі, як в'язкість, температура спалаху, коксівність, зміст води, лужні та кислотні числа, зміст нерозчинних опадів і продуктів зношування.

В'язкість оливи в процесі роботи двигуна може збільшуватися і зменшуватися. Збільшується в'язкість у результаті випарювання легких фракцій і нагромадження в оливі продуктів неповного згоряння палива у вигляді сажі і окислення вуглеводнів. Зменшується в'язкість оливи в результаті влучення в нього палива, що руйнує полімерну присадку.

Крім того, збільшення в'язкості звичайної, не загущеної мінеральної оливи відбувається і при нормальній роботі двигуна, коли в ній накопичуються продукти окислення полімеризації, зношування і згоряння. При цьому інтенсивність підвищення в'язкості залежить від температури в зонах окислення, якості палива (тобто змісту в ньому сірки), досконалості процесу згоряння палива, ефективності фільтрації оливи і влучення в неї рідини, що охолоджує.

Значне збільшення в'язкості оливи небажане, тому що при цьому зменшується її попадання до пар тертя, знижується ефективність фільтрації і погіршуються пускові властивості двигуна.

При неповному згорянні палива або внаслідок його витоків із системи живлення воно може попадати в оливу. В результаті в'язкість оливи поміт-

но зменшується, окислення її відбудеться швидше, змащувальна здатність погіршиться, зростуть відкладання, і порушиться режим рідинного тертя. В результаті можливе ушкодження підшипників ковзання колінчастого валу, а на інших деталях виникають утворення нагару і лакові відкладання. Як правило, в'язкість олив оцінюють за допомогою приладу за назвою **віскозиметр**.

1.4.2 Процес нагароутворення

У результаті насосної дії поршнів при роботі двигуна моторна олива частково попадає в камеру згоряння, де згоряє разом із паливом, але деяка його частина, розпливаючись по днищу поршнів і гарячих стінках камери згоряння, залишається на їхніх поверхнях у вигляді шару густої смолистої маси, а потім у результаті глибоких хімічних реакцій перетворюється у тверді вуглеродисті речовини, які називаються нагаром.

За своєю структурою нагар може бути монолітним, пластинчастим і пухким. Його хімічний склад залежить від якості оливи і палива, від режиму роботи двигуна, запиленості повітря, наявності й характеру присадок і т. д. Тому нагар за своєю природою вкрай непостійний.

Основну його частину становлять:

- карбени і карбоїди – 50...70 %.
- асфальтени і окисикислоти – 3...6 %.
- смоли і оливи – 15...40 %.
- золи – 1...10%.

Чим холодніше стінки камери згоряння, тим більше на них формується нагару (влітку нагару утворюється менше, чим узимку). Це пояснюється тим, що під час фази росту його кількість визначається розміром зони низької температури, що прилягає до поверхні металу, тобто чим більше ця зона, тим більше нагар. У зоні високої температури нагар не утворюється, тому що олива згоряє повністю або залишаються вуглеродисті частки, які не можуть утриматися на поверхні, позбавленої зв'язуючого середовища.

Рясний нагар погіршує охолодження камери згоряння і зменшує її об'єм. У результаті цього збільшується ступінь стиску, виникає детонаційний металевий стукіт, і потужність двигуна знижується. Крім цього, можливе руйнування деталей і вузлів у двигуні через передчасне запалення суміші від розпечених часток нагару, які також можуть викликати абразивне зношування дзеркальної поверхні гільз циліндрів і забруднення моторної оливи.

Для боротьби з нагароутворенням необхідно створювати нормальні експлуатаційні умови, які забезпечать підтримку оптимального теплового режиму роботи двигуна.

Нагар із деталей видаляють механічним або хімічним способом, використовуючи різні розчини.

1.4.3 Процес лакоутворення

У середньотемпературній зоні двигуна вуглеводні та інші компоненти оливи стають недостатньо хімічно стабільними. Вони окислюються і утворюють високов'язкі, практично нерозчинні в оливі оксикислоти, асфальтени і кислі смоли, які погано випарюються і осаджуються на деталях у вигляді тонкого блискучого шару, названого лаковим відкладанням.

Лакові відкладання являють собою багаті вуглецем речовини, що формуються у вигляді відкладань у канавках під поршневими кільцями, на юбках і внутрішніх стінках поршнів.

Незважаючи на відносно невелику товщину (50...200 мкм), лакові відкладання суттєво погіршують відведення тепла від деталей двигуна через теплоізоляційний вплив лакової плівки. На інтенсивність лакоутворення впливають температура, кількість і якість оливи, яку застосовують, її термоокислювальна стабільність і миюча здатність, а також і технічний стан циліндропоршневої групи двигуна. Крім того, для запобігання утвору лакових відкладань небажано піддавати двигун частим перевантаженням і екстремальним тепловим режимам при експлуатації.

Одним із заходів боротьби з лакоутворенням є введення в оливу **антиокислювальних** і **миючих** присадок, які гальмують відкладання, що утворюються з смолисто-асфальтенових речовин і знижують процеси утворення лакових відкладань і нагару на гарячих поверхнях деталей двигуна.

Миючі присадки бувають **зольними** і **беззольними**.

Зольні присадки містять барієві і кальцієві солі сульфокислот (сульфонати), а також алкілфенолати лужноземельних металів барію і кальцію. Оливи із зольними присадками в кількості від 2 до 10 %, згоряючи, утворюють золу, що прилипає до поверхонь деталей.

Беззольні миючі присадки при згорянні оливи золу не утворюють, тому що не містять металів.

Таким чином, миючий потенціал моторної оливи – це процентний вміст еталонної речовини в оливі, при якому вона здатна зберігати високу агрегативну стійкість, тобто рідкий стан без випадання в осад продуктів окисної поліконденсації, який, як правило, має бути не менше 70...80 %. Завдяки цьому миючо-диспергуючі присадки сприяють зниженню лакових відкладень на металевих деталях двигуна.

Якщо напружений тепловий режим роботи двигуна є найнебезпечнішим утворенням нагарів і лаків на деталях циліндропоршневої групи, то знижений тепловий режим роботи двигуна найнебезпечніший утворенням шламів.

Вуглисті чорні частки нагару, водяні пари, важкі фракції палива, кислотні і лужні сполуки в процесі роботи двигуна активно конденсуються на його деталях, полімеризуються і попадають у моторну оливу. Кислоти, що

утворювалися в оливі і розчинилися в ній, дуже агресивні до металів, і в першу чергу це стосується свинцю.

Для запобігання утворенню опадів необхідно вживати таких заходів:

- підтримувати оптимальний тепловий режим роботи двигуна;
- застосовувати оливи з гарною хімічною стабільністю;
- вводити в оливи диспергуючі присадки, які стримують коагуляцію часток, розм'якшують і переводять у колоїдний розчин органічні домішки;
- вчасно міняти масляні фільтри і ретельно промивати картер і систему змащення перед заправленням свіжою оливою.

Таким чином, забруднення оливи в працюючому двигуні практично відбувається безупинно. Цей процес залежить від дуже багатьох чинників. Особливий вплив на цей процес чинять, насамперед, вид і властивості палива, що застосовується, якість моторної оливи, тип, конструкція, технічний стан, умови експлуатації і режим роботи двигуна внутрішнього згоряння.

1.5 Регенерація відпрацьованих моторних олив

Незважаючи на глибокі зміни якості оливи при її роботі у двигунах, основна її вуглеводна сполука змінюється незначно, а кількість продуктів окислення становить приблизно від 4 до 6 % загальної маси.

Якщо з оливи вилучити всі механічні домішки і продукти окислення, то знову можна одержати базову оливу гарної якості.

На цьому принципі оснований процес **регенерації (відновлення)** відпрацьованих олив і повторне її використання.

Регенерація дозволяє скоротити витрату дорогих і дефіцитних олив, а також використовувати їх як вторинну сировину. Для раціонального і доцільного використання відпрацьованих нафтопродуктів їх збирають роздільно по групах і роблять регенерацію на спеціальних установках.

Відповідно до **ДСТУ 21046-81 «Нафтопродукти відпрацьовані. Загальні технічні умови»** усі відпрацьовані нафтопродукти поділяють на три групи:

- оливи моторні відпрацьовані;
- оливи індустріальні відпрацьовані;
- суміш нафтопродуктів відпрацьованих.

Вихід базової оливи залежить від глибини очищення і від технології регенерації. Загальний відсоток виходу базової оливи звичайно становить 70...85 %. За груповою вуглеводною сполукою і фізико-хімічними властивостями регенеровані оливи близькі до свіжих олив.

Відпрацьовані моторні оливи регенерують різноманітними методами, у тому числі і багатоступінчастими. Для цього застосовують такі технологічні процеси:

- **фізичні**, що передбачають відстоювання, фільтрацію, відгін паливних фракцій, центрифугування, промивання водою, вакуумну перегонку та інші методи;
- **фізико-хімічні**, що містять коагуляцію забруднень поверхнево активними речовинами, контактне очищення вибілюючими глинами, селективне очищення пропаном, фенолом, фурфуролом та іншими речовинами;
- **хімічні**, що містять оброблення сірчаноокислотними або лужними розчинами, а також гідрогенізаційним впливом.

1.6 Класифікація моторних олив

1.6.1 Класифікація вітчизняних моторних олив

Посібники з експлуатації автомобілів допускають застосування моторних олив різних фірм-виробників, об'єднаних загальною класифікацією за в'язкісними і експлуатаційними властивостями.

На пакуваннях із назвою фірми-виробника обов'язково мають бути буквені та цифрові позначення.

До 1964 р. за основу маркування був прийнятий **спосіб виробництва олив**. Наприклад, позначення АСЗп-6: А – автотракторна олива; С – селективного очищення; З – загущене; п – із присадками; 6 – номінальна кінематична в'язкість (у мм²/с або сантиСтоксах (сСт)) при температурі 100 °С). Таке позначення не містило відомостей про те, для яких двигунів за ступенем форсування (потужності) і швидкохідності ця олива призначена.

У 1964 р. було розроблено нову класифікацію моторних олив, для зручності користування якою оливи маркували **за величиною в'язкості і температурними режимами двигунів**, їх ступенем форсування і якості палива. Ця класифікація була затверджена у **ДСТУ 17479-72**, а потім **ДСТУ 17479.1-85**.

ДСТУ 17479 визначає не тільки моторні оливи:

- **ДСТУ 17479.1-85** – моторні оливи;
- **ДСТУ 17479.2-85** – трансмісійні оливи;
- **ДСТУ 17479.3-85** – гідравлічні оливи;
- **ДСТУ 17479.4-85** – індустріальні оливи.

Ці стандарти визначають класифікацію і позначення кожної своєї групи олив.

Таблиця 1.3 – Класифікація кінематичної в'язкості моторних оливо відповідно до ДСТУ 17479.1-85

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість, мм/с, при температурі	
	+100 °С	-18 °С
Зимові класи		
3з	Не менше 3,8	1250
4з	Не менше 4,1	2600
5з	Не менше 5,6	6000
6з	Не менше 5,6	10400
Літні класи		
6	5,6...7,0	—
8	7,0...9,5	—
10	9,5...11,5	—
12	11,5...13,0	—
14	13,0...15,0	—
16	15,0...18,0	—
20	18,0...23,0	—
Всесезонні класи		
33/8	7,0...9,5	1250
43/6	5,6...7,0	2600
43/8	7,0...9,5	2600
43/10	9,5...11,5	2600
53/10	9,5...11,5	6000
53/12	11,5...13,0	6000
53/14	13,0...15,0	6000
63/10	9,5...11,5	10400
63/14	13,0...15,0	10400
63/16	15,0...18,0	10400

Маркування сучасних моторних оливо здійснюють відповідно до **ДСТУ 17479.1 - 85**. Згідно з цим стандартом моторні оливи за в'язкістю поділяють на три класи: **зимові, літні, всесезонні**. За експлуатаційними властивостями їх поділяють на **шість груп**, кожна з яких позначається літерами А, Б, В, Г, Д і Е.

Зимові оливи нормують значення кінематичної в'язкості при температурі -18 °С, а **літні** – при температурі +100 °С.

Усесезонні оливи позначають дробом, у чисельнику якого вказують клас в'язкості зимової, а в знаменнику – клас літньої оливи (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Група олив залежно від експлуатаційних властивостей за ДСТУ 17479.1-85

Група олив	Рекомендована область застосування
А	Нефорсовані карбюраторні та дизельні двигуни
Б ₁	Малофорсовані карбюраторні двигуни, які працюють в умовах, що сприяють утворенню високотемпературних відкладень і корозії підшипників
Б ₂	Малофорсовані дизелі
В ₁	Середньофорсовані карбюраторні двигуни, які працюють в умовах, що сприяють окисленню оливи і утворенню всіх видів відкладень
В ₂	Середньофорсовані дизелі, до яких ставлять підвищені вимоги щодо протикорозійних, протизносних властивостей олив і схильності до утворення високотемпературних відкладень
Г ₁	Високофорсовані карбюраторні двигуни, які працюють у важких експлуатаційних умовах, що сприяють окисленню оливи і утворенню всіх видів відкладень корозії і ржавінню
Г ₂	Високофорсовані дизелі без наддуву або з помірним наддувом, що працюють в експлуатаційних умовах, які сприяють утворенню високотемпературних відкладень
Д ₁	Високофорсовані бензинові двигуни, які працюють в експлуатаційних умовах, більш важких, ніж для олив групи Г ₁
Д ₂	Високофорсовані дизелі з наддувом, які працюють у важких експлуатаційних умовах або у випадку, коли паливо, що застосовують, потребує використання олив з високою нейтралізуючою здатністю, антикорозійними і протизносними властивостями, малою схильністю до утворення всіх видів відкладень
Е ₁	Високофорсовані бензинові двигуни і дизелі, які працюють в експлуатаційних умовах, більш важких, ніж для олив групи Д ₁ і Д ₂
Е ₂	Лубрикаторні системи змащення циліндрів дизелів, які працюють на паливі з високим змістом сірки

Рекомендовані для застосування у двигунах моторні оливи вітчизняного виробництва залежно від експлуатаційних властивостей наведено в таблиці 1.5.

Структура позначень моторних олив містить групу літер і цифр. Літера «М» вказує на належність до моторних олив. Наступні через дефіс цифри характеризують клас кінематичної в'язкості. При позначенні дробовими цифрами в чисельнику вказують клас в'язкості оливи при температурі $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в знаменнику – клас в'язкості при температурі $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Прописні букви після цифр вказують на належність до групи олив за експлуатаційними властивостями (таблиця 1.5). Індекс «1» у літері означає, що оливи призначені для бензинових двигунів, а індекс «2» – для дизельних двигунів.

У необхідних випадках застосовують **додаткові індекси**:

- **З** – олива, що містить додаткову згущувальну присадку;
- **ЦП** – для циркуляційних і лубрикаторних мастильних систем;
- **РК** – робочо-консерваційні оливи;
- **20,30** – значення лужного числа і т.д.

Наприклад, у позначенні оливи вітчизняного виробництва М-8В літера М означає вид мастильного матеріалу (моторна олива); цифра 8 – клас в'язкості (літня); буква з індексом В означає, що за експлуатаційними властивостями олива відноситься до групи В і призначена для змащення середньофорсованих карбюраторних (бензинових) двигунів.

У позначенні оливи вітчизняного виробництва М-10 Г₂ літера М означає, що олива моторна: цифра 10 – клас в'язкості (літня); літера Г з індексом 2 означає, що за експлуатаційними властивостями олива відноситься до групи «Г» і призначена для змащування високофорсованих дизельних двигунів без наддування; літера К свідчить про те, що оливу використовують для автомобілів КамАЗ.

1.6.2 Класифікація зарубіжних моторних олив

У США і країнах Західної Європи моторні оливи маркують відповідно до їхньої в'язкості (за класифікацією **SAE** – Суспільства американських автомобільних інженерів).

Експлуатаційні властивості моторних олив визначають за класифікаціями, розробленими **API** (Американський нафтовий інститут) і **ACEA** (Асоціація європейських виробників автомобілів), яка в 1996 р. змінила назву на **CCMC** (Комітет виготовлювачів автомобілів загального ринку).

За класифікацією SAE моторні оливи поділяють на літні, зимові та всесезонні. Залежно від в'язкісно-температурних показників моторних олив класифікація SAE J-300 містить п'ять класів літніх і шість класів зимових олив.

Оливи маркують у такий спосіб:

- **літні** – SAE 20, 30, 40, 50, 60 (цифра означає в'язкість при температурі $+90.9\text{ }^{\circ}\text{C}$);

- **зимові** - SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W (цифра означає в'язкість при температурі $-17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а W – перша літера від слова Winter – зима);
- **всесезонні (загущені)** оливи мають подвійну нумерацію.

Наприклад, **SAE 10W-50** означає, що ця олива при температурі $-17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідає за SAE в'язкості 10, при температурі $-98,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідає за SAE в'язкості 50.

Чим вище число, що входить у позначення класу, тим вище в'язкість оливи, що відноситься до нього. Оливи, що мають клас в'язкості більше 60W, в автомобільних двигунах не застосовують.

Таблиця 1.5 – Класифікація за API моторних олив для **карбюраторних двигунів**

Індекс API	Область застосування оливи
SA	Двигуни, що працюють у легких умовах, що використовують тільки на вимогу виробника
SB	Двигуни, що працюють при помірних навантаженнях, що використовують тільки на вимогу виробника
SC	Двигуни 1964–1967 років випуску, що працюють із підвищеними навантаженнями
SD	Середньофорсовані двигуни 1968–1971 років випуску, що працюють у тяжких умовах
SE	Високофорсовані двигуни 1972–1979 років випуску, що працюють у важких умовах
SF	Двигуни, випущені до 1988 року, що працюють у тяжких умовах на неетильованому бензині, високофорсовані, без турбонаддуву. Оливи цієї категорії призначені для двигунів моделей 1988 року і старіше, що живляться неетильованим бензином. Оливи API SF замінюють оливи API SC, API SD і API SE у більш старих двигунах
SG	Високофорсовані двигуни з турбонаддувом 1989–1993 років випуску. Оливи призначені для двигунів моделей 1993 року і старіше, що живляться неетильованим бензином з оксигенатами. Задовольняють вимогам, висунутим до олив для дизельних двигунів категорії API CC і API CD

Продовження таблиці 1.5

Індекс API	Область застосування оливи
SH	(Застаріла категорія. Використовують тільки у випадку сполучення з діючими класами для дизельних двигунів). Високофорсовані перспективні автомобілі з високим турбонаддувом, в основному для автомобілів, випущених до 1996 року. На сьогоднішній день категорія є умовно діючою і може бути сертифікована тільки як додаткова до категорій API C (наприклад, API CF-4/SH). Відповідає категорії ILSAC GF-1, але без обов'язкового енергозбереження. Для моделей 1996 року і старіше
SJ	Для всіх моделей двигунів, що використовують з 1996 р. Оливи даної категорії призначені для всіх бензинових двигунів, що використовують у наш час і повністю замінюють оливи всіх існуючих раніше категорій у більш старих моделях двигунів. Можливість сертифікації за категорією енергозбереження API SJ/EC
SL	Для автомобілів, випущених до 2005 року. Відрізняються стабільністю енергозберігаючих властивостей, зниженою летючістю, подовженими інтервалами заміни
SM	Для всіх автомобілів, що випускаються з 2004 року. Уведено 30 листопада 2004 р. Має поліпшені властивості проти окиснення, формування відкладень, захисту від зношування і експлуатації при низьких температурах протягом усього терміну служби оливи. Деякі оливи із цієї категорії можуть також відповідати останнім специфікаціям ILSAC і/або кваліфікуватися як енергозберігаючі
SN	Це остання сервісна категорія для автомобілів з бензиновими двигунами. Новий північноамериканський стандарт замінив попередню сервісну категорію SM, яка була введена в 2004 р. Моторні оливи, що відповідають API SN, можуть використовуватися у двигунах, яким запропоновані категорії API SM і більш ранні категорії S. Оливи API SN поліпшені порівняно з API SM в областях окисної стабільності і контролю відкладень і шламів
EC	Енергозберігаючі оливи

За умовами експлуатації API існує дві категорії оливи:

- **S** – категорія «**Сервіс**» для бензинових двигунів;
- **C** – «**Комерційна**» категорія для дизельних двигунів.

Маркування моторних оливи складається з літер латинського алфавіту: **S** і **C**; перша літера означає категорію оливи стосовно, типу двигуна

(бензиновий або дизельний), а друга – рівень експлуатаційних властивостей (таблиця 1.5).

Наприклад, оливи, позначені **API SA, SB, SC**, призначені для бензинових двигунів, а оливи **API CA, CB, CC** – для дизельних двигунів.

Чим ближче до початку латинського алфавіту друга літера в маркуванні оливи, тим меншим вимогам відповідає ця олива, і навпаки.

Універсальні оливи, що мають подвоєне позначення, придатні як для бензинових, так і для дизельних двигунів.

Класи дизельних олив CD і CF поділяють на оливи, призначені для чотирьох - і двотактних дизелів (таблиці 1.6 і 1.7 відповідно).

Таблиця 1.6 – Класифікація за API моторних олив для **дизельних двигунів**

Індекс API	Область застосування оливи
CB	Середньофорсовані двигуни без наддування, що працюють при підвищених навантаженнях на сірчистому паливі (роки випуску автомобілів – 1949–1960)
CC	Високофорсовані двигуни (у тому числі з помірним наддуванням), що працюють у важких умовах (двигуни автомобілів, випущених з 1961 р.). Оливи для дизельних двигунів без наддуву. Допускається застосування для двигунів з турбонаддувом, що працюють у легкому або середньому режимі і для бензинових двигунів великої потужності
CD	Високофорсовані двигуни з високим наддуванням, що працюють у важких умовах на високосірчаному паливі (двигуни, випущені з 1955 р.). Типова категорія олив для дизельних двигунів з турбонаддувом і без, для яких потрібен ефективний контроль за накопиченням продуктів зношування. Допускається застосування палива з підвищеним вмістом сірки. Оливи містять присадки, що запобігають утворенню високотемпературних відкладень, і захищають підшипники від корозії
CD+	Категорія, створена за вимогами японських автовиробників. Оливи мають підвищену стійкість до окиснення, загушення (під впливом нагромадження сажі) і підвищений захист клапанного механізму від зношування

Продовження таблиці 1.6

Індекс API	Область застосування оливи
CD-II	Оливи даної категорії призначені для двотактних дизельних двигунів, випущених з 1987 року. Ефективно пригнічують зношування і утворення шламу. Відповідають всім вимогам категорії API CD
CE	Олива для високофорсованих перспективних двигунів з високим турбонаддувом, що працюють у важких умовах. Оливи такого класу можуть використовуватися замість оливок класів CC і CD. Оливи призначені для форсованих і потужних дизельних двигунів з турбонаддувом і без нього, 1987 року випуску. Заміняє оливи категорій API CC і CD у більш старих двигунах
CF	Оливи призначені для позадорожньої техніки для двигунів з розподіленим упорскуванням, включаючи двигуни, працюючі на паливі зі змістом сірки більше 0,5% від маси. Масла даної категорії ефективно пригнічують утворення нагару на поршнях і корозію мідних сплавів підшипників. Заміняють оливи категорії API CD у більш старих двигунах
CF-2	Поліпшені характеристики; його використовують замість CD-II для двотактних двигунів автомобілів, випущених з 1994 р. Оливи призначені для високонавантажених двотактних дизельних двигунів. Ефективно пригнічують зношування циліндрів і залягання (закоксовування) поршневих кілець. Заміняє категорію API CD-II у більш старих моделях
CF-4	Для високошвидкісних чотиритактних двигунів із турбонаддувом, його використовують замість класу CE. Оливи призначені для високошвидкісних потужних чотиритактних дизельних двигунів із турбонаддувом і без нього, встановлюваних на магістральних тягачах. Відповідають усім вимогам якості категорії API CE. При узгодженні з вимогами категорії API SG (APICF-4/SG) можуть бути застосовані для бензинових двигунів легкових і малих вантажних автомобілів. Заміняє оливи категорії API CE
CG-4	Для чотиритактних двигунів, що працюють у тяжких умовах. Оливи даної категорії можуть використовуватися замість оливок категорій CD, CE і CF-4 (автомобілі 1995 року випуску і пізніше). Оливи призначені для високонавантажених, високошвидкісних, чотиритактних дизельних двигунів вантажних автомобілів магістрального типу, що використовують паливо зі змістом сірки менше 0,05% від маси; і немагістрального типу (зміст сірки може досягати 0,5% від маси). Заміняє оливи категорій API CD, API CE і API CF-4

Продовження таблиці 1.6

Індекс API	Область застосування оливи
CH-4	Оливи цієї категорії призначені для високошвидкісних чотиритактних двигунів, які відповідають вимогам жорстких стандартів 1998 року за токсичністю відпрацьованих газів. Відповідають найвищим вимогам не тільки американських, але і європейських виробників дизельних двигунів. Спеціально сформульовані для застосування у двигунах, що використовують паливо зі змістом сірки до 0,5% від маси. На відміну від категорії API CG-4 допускається застосування дизельного палива зі змістом сірки більше 0,5%. Заміняють оливи категорій CD, API CE, API CF-4 і CG-4
CI-4	Для високошвидкісних чотиритактних двигунів, розроблених відповідно до вимог стандарту 2002 року за емісією вихлопних газів. Для двигунів з рециркуляцією вихлопних газів. Для використання з паливом, що містять менше 0,5% сірки. Заміщає класи CD, CE, CF-4, CG-4, GH-4

Таблиця 1.7 – Класифікація за API моторних оливок для **двотактних двигунів**

Індекс API	Область застосування оливи
TA	Двотактні двигуни мопедів, газонокосарок і відповідних машин
TB	Малопотужні мотоцикли, моторолери
TC	Змащення для двотактних двигунів, що працюють на суші, також тоді, коли потрібен клас API-TA і API-TB
TD	Змащення для двотактних підвісних човнових моторів

Рівень експлуатаційних властивостей характеризується другою літерою в маркуванні оливи за класифікацією API.

На основі європейської класифікації експлуатаційних властивостей ACEA (1998 р.) ставлять більш жорсткі вимоги до оливок, вона містить 9 категорій і поділяє оливи за призначенням:

- А – для бензинових двигунів легкових автомобілів (A1-96, A2-96 і A3-96);
- В – для дизелів легкових автомобілів (B1-96, B2-96 і B3-96);
- Е – для дизелів вантажних автомобілів (E1-96, E2-96 і E3-96).

Маркування моторної оливи для європейського ринку повинно мати чотири параметри:

- в'язкість (за SAE);
- експлуатаційні властивості за американською класифікацією (API);
- позначення за європейською (ACEA) класифікацією;
- «схвалення» фірм-виробників автомобілів.

«Схвалення» заводів-виробників зображується фірмовим знаком або кодом на маркуванні моторних оливо. Це означає схвалення застосування даної оливи на автомобілях цього виробника.

Приклад маркування моторної оливи : SAE 5W-50: APISJ/CF; ACEA A3-96. B3-96; MB 229.1, BMW.VW 501.01/505.00. Porsche.

Таке маркування означає:

- за в'язкісно-температурними властивостями моторна олива SAE 5W-50 відноситься до всесезонних оливо, які поєднують у собі зимовий (SAE 5W) і літній (SAE 50) класи в'язкості;
- експлуатаційні властивості SJ/CF за класифікацією API свідчать про те, що олива може бути використана для бензинових двигунів легкових автомобілів, що випускаються з кінця 1996 р.(SJ), а також для дизелів легкових автомобілів, що випускаються з 1993 р. (CF);
- експлуатаційні властивості ACEA A3-96 і B3-96 за європейською класифікацією ACEA свідчать про те, що ця олива екстра-класу для бензинових двигунів швидкісних легкових автомобілів, які ставлять особливі вимоги до протиокислюючих, в'язкісних і протизносних властивостей (A3-96), а також олива екстра-класу для легкових дизельних двигунів з турбонаддувом (B3-96);
- коди «схвалення» фірм-виробників автомобілів MB 229.1, BMW, VW 501.01/505.00і Porsche вказують, що олива може бути використана для двигунів легкових автомобілів фірми «Mercedes-Benz» випуску з 1997 р. (MB 229.1), схвалена до застосування для двигунів BMW і Porsche, використовується як всесезонна олива (VW 501.01) для двигунів автомобілів Volkswagen і Audi і двигунів з турбонаддувом (VW 505.00) цих же заводів-виробників.

Контрольні запитання

1. Основні експлуатаційні вимоги, що стосуються якості моторної оливи.
2. В'язкісно-температурні властивості моторних оливо.
3. Склад моторних оливо.
4. Присадки для базових моторних оливо.
5. Класифікація зарубіжних моторних оливо.
6. Особливості маркування моторної оливи для європейського ринку.

Розділ 2 ТРАНСМІСІЙНІ ОЛИВИ

2.1 Призначення трансмісійних олив

Трансмісійні оливи призначені для змащення високонавантажених зубчастих механізмів силових передач механічних, гідромеханічних і гідрооб'ємних трансмісій, а також інших вузлів і деталей автомобілів.

Оливи, які застосовують у гідродинамічних і гідрооб'ємних передачах, також є трансмісійними, хоча умови їх роботи мають трохи відмінну специфіку. Справа в тому, що в цьому випадку олива виконує подвійну роль: по-перше, вона служить засобом передачі потужності; по-друге, вона є робочим середовищем, яке заповнює регулюючі системи. Отже, склад властивості олив перебуває у прямій залежності від конструкцій трансмісій і умов роботи в них, тобто від температури, контактних напруг, швидкості ковзання і т. д.

Якщо порівнювати трансмісійні оливи з моторними, то за їх властивостями між ними існують відмінності, які полягають в умовах роботи:

- трансмісійні оливи не стикаються з гарячими поверхнями камери згоряння;
- вони не мають контакту із продуктами згоряння палива;
- вони одночасно зазнають високий контактний тиск із великою швидкістю зрушення в сполучених поверхнях.

Частка трансмісійних олив у загальному споживанні мастильних матеріалів становить від 0,3 до 0,5 % залежно від параметрів автомобіля.

Агрегати трансмісій можуть мати в одному корпусі всі види передач і механізмів: зубчасті, фрикційні, гідродинамічні та гідравлічні. Тому трансмісійні оливи повинні **мати універсальні властивості**:

- як змащувальний матеріал у механічних зубчастих передачах;
- як робоче тіло, яке забезпечує зчеплення у фрикційних передачах;
- як рідина, яка передає потужність у гідравлічних передачах і регулюючих обладнаннях.

За **рівнем напруженості роботи зубчастих передач** трансмісійні оливи поділяють на такі групи:

- універсальні, що забезпечують роботу всіх типів зубчастих передач та інших тертьових деталей агрегатів трансмісії;
- загального призначення – для циліндричних, конічних і черв'ячних передач;
- для гепоїдних передач, що поєднують високі швидкості відносного ковзання профілів зубів із високими тисками;
- для гідромеханічних і гідрооб'ємних передач.

Таким чином, **функції трансмісійних оливо** полягають у тому, що вони:

- у механічних трансмісіях знижують зношування, зменшують коефіцієнт тертя, відводять тепло від тертьових поверхонь, захищають від корозії, пригнічують вібрації, зм'якшують навантаження, видаляють продукти зношування і забруднення;
- у фрикційних механізмах забезпечують міцний контакт поверхонь, що замикаються, забезпечують необхідний статичний і динамічний коефіцієнт тертя при різних швидкостях ковзання, забезпечують змазування в екстремальних умовах, запобігають прослизанню пар тертя і пригнічують вібрації;
- у гідромеханічних передачах знижують зношування, зменшують тертя в зубчастих передачах, забезпечують необхідний коефіцієнт тертя для фрикційних механізмів, захищають від корозії й відводять тепло від тертьових поверхонь.

До найбільш важливих **експлуатаційних вимог**, які мають задовольняти трансмісійні оливи, відносять:

- зменшення інтенсивності зношування і величини зношування всіх деталей трансмісії;
- зниження втрат енергії, переданої від двигуна до ходової частини автомобіля;
- відведення тепла і видалення із зон тертя продуктів зношування та інших забруднюючих оливу домішок;
- відсутність корозійної агресивності стосовно деталей трансмісії;
- зниження вібрації і шуму шестірень, а також захист їх від ударних навантажень (при русі автомобіля по нерівностях шляху);
- відсутність вспінювання оливи;
- стабільність властивостей оливи при роботі механізмів, які вона змащує.

У зв'язку з умовами роботи механізмів випускаються два основні класи трансмісійних оливо, що відрізняються одна від одної змащувальною здатністю та іншими експлуатаційними властивостями. Ці класи оливо умовно називаються «**оливами для коробок передач**» (клас по API GL- 4) і «**оливами для гепоїдних передач**» (клас за API GL-5).

Експлуатаційні вимоги, які пред'являють до трансмісійних оливо, можуть бути досить суперечливими. Оливи мають, з одного боку, зберігати високу в'язкість при робочих температурах, щоб не руйнувалася плівка, і нормально ущільнювалися зазори, а з іншого – не ставати занадто густими при низьких температурах навколишнього середовища, щоб на початку роботи механізму холодна олива в агрегаті не перешкождала б вільному обертанню шестірень.

Залежно від **конструкції фрикційних механізмів** до трансмісійних оливо, у яких вони працюють, ставлять такі вимоги:

- низька і постійна в'язкість у широкому температурному інтервалі;
- забезпечення міцного контакту поверхонь, що замикаються;
- забезпечення статичного і динамічного коефіцієнтів тертя при малій і великій швидкостях ковзання;
- мінімальна залежність коефіцієнта тертя від температури;
- забезпечення змазування в екстремальних умовах і одночасне запобігання прослизанню в парі тертя і придушення вібрації у відкритому зчепленні.

Від коефіцієнта тертя залежить сила зчеплення і якість роботи фрикційних механізмів, тобто плавне перемикавання і безшумна робота передач у всіх режимах незалежно від переданого крутильного моменту і температури. Олива має забезпечити гарне зчеплення, запобігти прослизанню фрикційних дисків потужних зчеплень, наприклад механізмів відбору потужності мобільної техніки. Таким строгим вимогам можуть відповідати тільки оливи дуже високої якості, частіше за все синтетичні і утримуючі необхідні модифікатори тертя.

2.2 Основні експлуатаційні властивості трансмісійних оливо

Для забезпечення надійної і ефективною роботи вузлів, механізмів і агрегатів трансмісії оливи повинні мати цілий комплекс позитивних **експлуатаційних властивостей**:

- високу змащувальну здатність;
- високу термічну стійкість;
- високу стійкість до окиснення;
- антикорозійну стійкість;
- сумісність з ущільнювачами;
- стійкість при зберіганні;
- взаємозмішувальність.

2.3 Класифікація трансмісійних оливо

2.3.1 Класифікація за в'язкістю. Стандарт SAE J 306

Для класифікації трансмісійних оливо за **в'язкістю** найбільшого поширення і визнання у світі одержала система, розроблена **Американським Суспільством Автомобільних Інженерів – SAE**. Вона описується стандартом SAE J 306 «Класифікація в'язкості трансмісійних оливо для головних мостів і механічних коробок передач». В'язкість оливи виражається в умовних одиницях – **ступенях в'язкості за SAE**.

Специфікація SAE J 306 (таблиця 2.1) використовується виробниками автомобільних трансмісій при визначенні і рекомендації трансмісійних олив для головних мостів і механічних коробок передач, а також виробниками олив при розробленні нових сполук, виробництві і маркуванні нових продуктів.

Таблиця 2.1– Ступені в'язкості олив для механічних трансмісій (SAE J 306 JUL 98)

Ступінь в'язкості за SAE	Максимальна температура при в'язкості 150000 Сп, °C	В'язкість при 100 °C, мЛг/с	
		min	max
70W	-55	4.1	–
75W	-40	4.1	–
80W	-26	7.0	–
85W	-12	11.0	–
80	–	7.0	<11.0
85	–	11.0	<13.5
90	–	13.5	<24.0
140	–	24.0	<41.0
250	–	41.0	–

За аналогією із класифікацією моторних олив ступені в'язкості трансмісійних олив можна поділити на умовні ряди:

- **зимовий ряд:** SAE 70W, 75W, 80W, 85W;
- **літній ряд:** SAE 80, 85, 90, 140, 250.

Умовність такого розподілу пояснюється конструктивними особливостями агрегатів трансмісій різних виробників. Залежно від робочих температур оливи і навантажень існують агрегати (наприклад, механічні коробки передач легкових автомобілів), для яких оливи зимового ряду будуть забезпечувати достатній ступінь захисту в широкому діапазоні зовнішніх температур.

Додаткові ступені в'язкості і нові вимоги щодо маркування змушують постачальників мастильних матеріалів більш чітко визначати рівень в'язкісних властивостей, а виробник трансмісії одержує можливість більш чітко сформулювати свої рекомендації. Наприклад:

- **SAE 80 W** (для експлуатації в зимовий час);
- **SAE 80** (для експлуатації в літню пору);
- **SAE 80 W-80** (для всесезонної експлуатації).

Враховуючи діапазон умовних значень, які використовують для позначення в'язкості моторних олив (від 0 до 60), для позначення ступеня

в'язкості трансмісійних олив вибрані значення з діапазону від 70 до 250. Це необхідно, щоб уникнути можливих помилок при виборі оливи на основі в'язкості.

2.3.2 Класифікація олив за експлуатаційними властивостями. Система класифікації API

Найбільш широко розповсюдженою системою класифікації трансмісійних олив за **експлуатаційними властивостями** є система класифікації **американського нафтового інституту API**. За цією системою оливи для механічних трансмісій позначаються знаком API GL і поділяються на 6 класів, наведених у таблиці 2.2.

Для механічних коробок передач (крім гепоїдних) в основному застосовують оливи API GL-3 і API GL-4, а для гепоїдної головної передачі – оливи класу API GL- 4 і API GL-5. При цьому API GL-4 застосовують для середньонавантажених передач, а API GL-5 – для сильно навантажених передач, у тому числі для гепоїдних зі значним змішанням осей.

У цей час нафтокомпанії випускають універсальні оливи, які можуть застосовуватися одночасно як у коробках передач із синхронізаторами, так і в сильнонавантажених гепоїдних передачах.

Таблиця 2.2 – Класифікація трансмісійних олив системи API за областю застосування

Класи API	Область застосування і коротка характеристика
GL-1	Мінеральні оливи без присадок або з антиокислювальними і протипінними присадками без протизадирних компонентів для застосування, серед іншого, у коробках передач з ручним керуванням з низькими питомими тисками і швидкостями ковзання. Циліндричні, черв'ячні і спірально-конічні зубчасті передачі, що працюють при низьких швидкостях і навантаженнях
GL-2	Черв'ячні передачі, що працюють в умовах GL-1 при низьких швидкостях і навантаженнях, але з більш високими вимогами до антифрикційних властивостей. Можуть містити антифрикційний компонент

Продовження таблиці 2.2

Класи API	Область застосування і коротка характеристика
GL-3	Трансмісійні оливи з високим змістом присадок з рівнем експлуатаційних властивостей MIL-L-2105. Застосовуються переважно в східчастих коробках передач і рульових механізмах, у головних передачах і гепоїдних передачах з малим зсувом в автомобілях і безрейкових транспортних засобах для перевезення вантажів, пасажирів і для нетранспортних робіт. Спирально-конічні передачі, що працюють у помірковано жорстких умовах. Звичайні трансмісії зі спирально-конічними шестірнями, що працюють у помірковано жорстких умовах щодо швидкостей і навантажень. Мають кращі проти-зносні властивості, чим у GL-2
GL-4	Трансмісійні оливи з високим змістом присадок з рівнем експлуатаційних властивостей MIL-L-2105. Їх застосовують переважно в східчастих коробках передач і рульових механізмах, у головних передачах і гепоїдних передачах з малим зсувом в автомобілях і безрейкових транспортних засобах для перевезення вантажів і пасажирів і для нетранспортних робіт. Гепоїдні передачі, що працюють в умовах високих швидкостей при малих крутильних моментах і малих швидкостях при великих крутильних моментах
GL-5	Оливи для гепоїдних передач із рівнем експлуатаційних властивостей MIL-L-2105 C/D. Ці оливи переважно застосовують в передачах з гепоїдними конічними зубчастими колесами і конічними колесами із круговими зубами для головної передачі в автомобілях і в карданних приводах мотоциклів і східчастих коробках передач мотоциклів. Спеціально для гепоїдних передач із високим зміщенням осі. Для найважчих умов експлуатації з ударним і знакозмінним навантаженням. Гепоїдні передачі, що працюють в умовах високих швидкостей при малих крутильних моментах і ударних навантаженнях на зуби шестірень. Повинні мати велику кількість сіркофосфоровміщуючої протизадирної присадки
GL-6	Гепоїдні передачі зі збільшеним зсувом, що працюють в умовах високих швидкостей, великих крутильних моментів і ударних навантажень. Мають більшу кількість сіркофосфоровміщуючої протизадирної присадки, ніж у оливи GL-5

Продовження таблиці 2.2

Класи API	Область застосування і коротка характеристика
MT-1	Оливи для високонавантажених агрегатів. Призначені для несинхронізованих механічних коробок передач потужних комерційних автомобілів (тягачів і автобусів). Еквівалентні оливам API GL-5, але мають підвищену термічну стабільність
G-2	Оливи для передач головних мостів потужних комерційних автомобілів (тягачів і автобусів) і мобільної техніки. Еквівалентні оливам API GL-5, але мають підвищену термічну стабільність і поліпшену сумісність з еластомерами

2.3.3 Класифікація трансмісійних олів за ДСТУ

ДСТУ 17479.2-85 «Оливи трансмісійні» чітко класифікує оливи для механічних трансмісій за в'язкістю і рівнем експлуатаційних властивостей. **На основі класифікації трансмісійних олів за в'язкістю** оливи поділяють на чотири класи (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Класифікація трансмісійних олів за в'язкістю

Клас в'язкості	Кінематична в'язкість при 100 °С, мм ² / с	Температура, при якій динамічна в'язкість не перевищує 150 Па·с, не вище
9	6.00...10.99	-15
12	11.00...13.99	-35
18	14.00...24.99	-18
34	25.00...41.00	-

На основі класифікації трансмісійних олів за експлуатаційними властивостями оливи поділяють на п'ять груп (таблиця 2.4):

– оливи ТМ-1 і ТМ-2 мають обмежене застосування через низький рівень змащувальних властивостей;

– ТМ-3 – суміші дистилятної малов'язкої низькотемпературної оливи із залишковими грузлими оливами селективного очищення з додаванням протизадірної, протизносної і антипінної присадок, іноді суміші дистилятної оливи з деасфальтизатором, або загущуються поліметакрилатом;

–ТМ-4 – суміші дистиллятних і залишкових олив, а в деяких випадках вміщують осернений нігрол, окиснений петролітум і загущувачі консистентних змащень;

–ТМ-4 – оливи, призначені для роботи в найважчих умовах, і їх сполука залежить від конструкції трансмісії, суміші й умов роботи.

Таблиця 2.4 – Класифікація трансмісійних олив за трансмісійними властивостями

Група олив	Сполука олив	Рекомендована область застосування	Прийняте позначення
1	Мінеральні оливи без присадок	Циліндричні, конічні і черв'ячні передачі, що працюють при контактних напругах: від 900 до 1600 МПа і температурі оливи в об'ємі до 90°С	ТМ-1
2	Мінеральні оливи з протизносними присадками	Циліндричні, конічні черв'ячні передачі, що працюють при контактних напругах до 2100 МПа і температурі оливи в об'ємі до 130°С	ТМ-2
3	Мінеральні оливи із протизадирними присадками помірної ефективності	Циліндричні, конічні, спірально-конічні геподні передачі, що працюють при контактних напругах до 2500 МПа і температурі оливи в об'ємі до 150°С	ТМ-3
4	Мінеральні оливи з протизадирними присадками високої ефективності	Циліндричні, спірально-конічні геподні передачі, що працюють при контактних напругах до 3000 МПа і температурі оливи в об'ємі до 150°С	ТМ-4
5	Мінеральні оливи з протизадирними присадками високої ефективності і багатофункціональної дії.	Геподні передачі, що працюють з ударними навантаженнями при напругах вище 3000 МПа і температурі оливи в об'ємі до 150°С	ТМ-5

Маркування олив складається з таких знаків:

- перша група знаків складається з букв ТО (трансмісійна олива);

- друга група позначається цифрами і характеризує належність оливи до групи експлуатаційних властивостей;
- третя група позначається цифрами, що характеризують клас в'язкості.

Крім цього, застосовують уточнюючі позначення:

- З – олива містить згущуючу присадку;
- К – консерваційну оливу;
- РК – робочу консерваційну оливу.

Наприклад, маркування **ТМ-5-12РК** буде розшифровуватися в такий спосіб: олива трансмісійна п'ятої групи за експлуатаційними властивостями, 12-го класу в'язкості, одночасно є робочо-консерваційною.

Контрольні запитання

1. У чому полягає основне призначення трансмісійних олив ?
2. Наведіть основні функції трансмісійних олив.
3. Який стандарт використовують для класифікації трансмісійних олив за в'язкістю ?
4. Який стандарт використовують для класифікації трансмісійних олив за експлуатаційними властивостями ?
5. Маркування трансмісійних олив при застосуванні класифікації трансмісійних олив за ДСТУ.
6. Як трансмісійні оливи класифікують за рівнем напруженості роботи зубчастих передач ?

Розділ 3. ПЛАСТИЧНІ МАСТИЛА

Залежно від **основного призначення** мастила розділяють на такі:

- антифрикційні;
- консерваційні (захисні);
- ущільнювальні.

Крім класифікації за призначенням пластичні мастила класифікують за такими даними:

- за сполукою (залежно від згущувачів, які застосовують);
- за деформуванням (консистенцією);
- за температурним діапазоном застосування (високотемпературні, низькотемпературні);
- за діапазоном застосування (звичайні, спеціальні, багатофункціональні).

Таблиця 3.1 – Загальна класифікація пластичних мастил

Класифікація пластичних мастил		
За основними функціями	За умовами застосування	
Антифрикційні	Загального призначення	Природні
	Багатоцільові	Індустріальні
	Високотемпературні	Залізничні
	Низькотемпературні	Автомобільні
	Стійкі в агресивному середовищі	
	Загального призначення для підвищених температур	
Консерваційні	Загального призначення	
	Канатні	
Ущільнювальні	Арматурні	
	Різьбові	
	Герметизуючі та вакуумні	
За природою згущувача	Мильні	Вуглеводні
	Органічні	Неорганічні

Мастила являють собою **трикомпонентну колоїдну систему**, що складається з такого:

- базової оливи (дисперсійного середовища);
- згущувача (дисперсної фази);
- модифікаторів: оливоорозчинних присадок, наповнювачів та ін.

Згущувач утворює дисперсію в рідкій оливі, яка частіше за все буває волокнистої структури і утворює просторовий каркас мастила, що містить оливу, що самовиділяється для змащення поверхні. Кожна складова частина мастила виконує специфічну функцію: згущувач надає мастилу густину; олива змащує поверхні тертя; присадки поліпшують функціональні властивості мастил. У таблиці 3.1 наведено загальну класифікацію пластичних мастил.

3.1 Базові оливи пластичних мастил

Це основна складова частина (70...96 %) мастил, що утворює дисперсійне середовище. У більшості випадків застосовують мінеральні, синтетичні та рослинні оливи. Властивості мастил залежать від властивостей оливи.

Мінеральні. Грузла олива підвищує навантажувальну здатність, липкість, краще захищає від корозії, підвищує водостійкість, краще пригнічує вібрацію, шум, але має погані низькотемпературні властивості. Грузлу оливу застосовують для мастил, що працюють у сильнонавантажених, але тихохідних механізмах. Малов'язкі оливи застосовують для змащень швидкохідних вузлів, наприклад, у підшипниках кочення. Найчастіше у виробництві мастил використовують нафтові оливи, рідше – парафінові і ароматичні. Оливи з низьким індексом в'язкості швидше загущуються і потребують менше загусника. Парафінові оливи з високим індексом в'язкості характеризуються широким інтервалом робочої температури.

Синтетичні. Через високу вартість синтетичні оливи використовують тільки в тих випадках, коли мастило на основі мінеральних олив не задовольняє експлуатаційним вимогам. Мастила на основі синтетичних олив мають кращу окисну стабільність, високотемпературні і низькотемпературні властивості, підвищену стійкість до забруднень і агресивних речовин. На властивості мастил впливає природа синтетичної оливи. Частіше за все для її виробництва застосовують ефірні та силіконові синтетичні оливи.

Ефірні (діефірні) оливи. Мастила на основі ефірних олив виготовляють для використання при високих швидкостях, низьких температурах і в тих випадках, коли потрібна стійкість до органічних розчинників і нафтопродуктів.

Силіконові оливи. Мастила на силіконових оливах мають гарні властивості при низькій температурі. Основний недолік – погані змащувальні властивості. Силіконові змащення непридатні для змащення поверхонь тертя ковзання сталь-сталь.

Рослинні. Оливи рослинного походження (наприклад, касторова олива) у наш час усе ширше застосовують при виробництві мастил. Це обумовлено екологічними проблемами. При змащенні відкритих частин машин мастила можуть попадати в навколишнє середовище. Бажано, щоб змащення розкладалися в природі з утворенням нетоксичних речовин. Натуральні рослинні оливи добре засвоюються мікроорганізмами і комахами. Синтетичні ефірні і полігліколеві оливи розкладаються мікрогрибками. Мінеральні оливи розкладаються повільніше всіх. Тому для виробництва екологічно нешкідливих мастил застосовують рослинні оливи.

3.2 Типи згущувачів і мастила на їхній основі

Згущувачі – це м'які, милоподібні органічні речовини, які змішуються з оливою для підвищення її густоти до необхідного в конкретному застосуванні рівня. Як згущувач частіше за все застосовують солі металів і жирних органічних кислот, які називають милами.

Згущувачі визначають властивості мастил і є основою для їхньої характеристики. Волокниста структура згущувача обумовлює густоту, консистенцію і механічну стабільність мастила, а хімічна структура – стійкість до високої температури та інші хімічні властивості. Частка згущувача в мастилах становить 4...20 %.

Як згущувач застосовують прості, змішані та комплексні мила металів Ca, Li, Na, Ba, Al, а також тверді вуглеводні, силікагелі, полімери та інші речовини. При визначенні сорту мастила вказують тип згущувача. Для одержання високоякісних мастил в останні роки стали застосовувати модифіковані згущувачі.

Мила металів. Прості мила металів одержують із натуральних або синтетичних жирних кислот. Мастила на милах синтетичних жирних кислот становлять близько 65 % від загального виробництва. Найбільше виготовляють мастил, до складу яких входять згущувачі на простих милах – близько 85 % усіх мастил.

Змішані мила металів (*mixed metal soap*) виробляють шляхом змішування двох, рідше трьох миль різних металів. Ними бувають змішані мила Na-Ca, Li-Ca і Na-Li-Ca, на основі яких виготовляють мастила з відповідними назвами. Ці мастила мають деякі поліпшені властивості, наприклад, мастила Na-Ca працездатні при більш низькій температурі, чим мастила Ca. Мастила Li-Ca є більш водостійкими, чим мастила Li, а їх температура каплепадиння вище порівнянно із мастилами Ca.

Комплексні мила металів одержують із декількох солей одного металу. Звичайно однією сіллю є жирне мило (наприклад, стеарат), а іншою

– сіль більш простої органічної кислоти (наприклад, ацетат) або неорганічної (наприклад, карбонат). Текстура комплексних згущувачів є різноманітною. При виробництві підбирають такі комплексні мила, які сприяють поліпшенню механічних і термічних властивостей мастил. Мастила на основі комплексних мил становлять близько 10 % усіх мастил, і їх частка постійно збільшується.

Вуглеводні згущувачі. Вуглеводні мастила в хімічній промисловості одержують шляхом сплавлення рідкої оливи із твердими вуглеводнями – парафіном або церезином. Оливу можна згущувати петролатумом – продуктом депарафінації олив. Вуглеводні мастила не розчиняються у воді і є майже не проникненими для водяного пару. Вони мають гарні захисні властивості, високу хімічну і колоїдну стабільність. Температура плавлення низька (+32...60 °С), а після переходу у твердий стан знову набувають первісної властивості. Внаслідок цього вуглеводні мастила підходять для захисту машин від корозії. Для змащення його не використовують через низьку температуру плавлення. Мастила цього типу відносно дешеві, а їх частка становить близько 14 % від загальної кількості мастил.

Неорганічні згущувачі. Мастила на основі неорганічних згущувачів – силікагелю, бентоніту, сажі та ін. – мають специфічні властивості і становлять близько 1,0...1,5 % усіх мастил. Вони хімічно інертні, термо- і водостійкі. Неорганічні згущувачі складаються з дрібних твердих часток, пориста поверхня яких поглинає оливу і перетворює її на гель. Ці мастила не мають чітко виражених точок каплепадиння і плавлення. Мастила, загашені сажею і графітом, мають дуже високу термостійкість, особливо мастила на силіконових оливах. Антикорозійні і захисні властивості невисокі. Мастила даного типу використовують для змащення вузлів тертя при більших швидкостях і значних навантаженнях.

Полімерні згущувачі. Полімочевинні мастила (полікарбамідні). Для виробництва мастил використовують воскоподібні олігомери полісечовини. Полісечовинні мастила відрізняються механічною стабільністю, водостійкістю, термостійкістю. Точка плавлення може перевищувати + 220 °С, робоча температура – до + 150 °С. Мають гарні мастильні властивості в парах тертя метал – полімер. Відрізняються довговічністю і придатні для експлуатації в умовах високих швидкостей і навантажень. Їх застосовують для змазування роликів шарнірів рівних кутових швидкостей переднього головного мосту.

Фторполімерні мастила (політетрафторетиленові ПТФЕ, тефлонові). Використання полімерів як синтетичних органічних згущувачів відкрило новий етап у розробленні мастил. ПТФЕ є одним із найбільше термічно стійких згущувачів, які використовують при виготовленні високотемпературних і довговічних мастил, у яких відсутні певні точки плавлення і каплепадиння. ПТФЕ має низький коефіцієнт тертя, високу хімічну інертність, стійкість до впливу води та інших рідин. З метою збереження всіх

якостей ПТФЕ змішується з гарними синтетичними оливами, наприклад, з перфторалкіловою ефірною оливою.

Таблиця 3.2 – Склад пластичних мастил

Пластичні мастила	Базова основа	Мінеральні оливи	Парафінова
			Нафтенова
			Ароматична
		Синтетичні оливи	Олефінові полімери
			Акрилові ароматики
			Прості ефіри
			Складні ефіри
			Силікони
			Спирти
			Фторировані вуглеводні
	Фторировані поліефіри		
	Згущувачі	Мила (Li, Na, Ca, Ba, Al)	Стандартні
			Гідроокисні
			Комплексні
		Вуглеводородні	Парафін
			Церезин
			Пертолатум
		Органічні вільні від мил	Полікарбоміди
			PTFE (тефлон)
			PE (поліетилен)
			Пігменти
		Неорганічні	Бентонітові сполуки (оксиди алюмінію)
			Спінений окис кремнію (SiO ₂)
			Силікагель
	Присадки	Для роботи при високих тисках	
		Для зниження зношування	
		Модифікатори тертя (антифрикційні)	
Поліпшуючі адгезію			
Антиокислювальні			
Антикорозійні			
Тверді добавки (дисульфід молібдену, графіту)			

3.3 Присадки і наповнювачі пластичних мастил

Присадки можуть бути розчиненими (функціональними) або перебувати в змащенні у вигляді дрібних частинок – суспензії (наповнювача). Присадки поліпшують антифрикційні, протизносні, протизадирні властивості змащень, сприяють їхній адгезії до поверхонь, що змащуються, підвищують термічну і колоїдну стабільність, зменшують корозію й іржавіння.

Функціональні присадки поліпшують хімічну стабільність, термостійкість, захисні та мастильні властивості. Особливо важливі протизносні, що розділяють, антикорозійні та протизадирні присадки. Добір присадок при виготовленні мастил здійснюється з урахуванням призначення.

Наповнювачі. Графіт, сажа, дисульфід молібдену, сульфід цинку, тальк, мідь та інші метали вводять у мастила у вигляді порошку як сухого мастила. Їхня дія найбільш виявляється в зонах інтенсивного тертя. Більшість твердих присадок є працездатними до температури 300...400 °С.

Порошки металів. Порошок міді в певних умовах поліпшує мастильні властивості змащень. Порошки цинку і свинцю поліпшують ущільнювальні властивості змащень для нарізних сполучень.

Політетрафторетилен використовують як тверде мастило, він характеризується найменшим коефіцієнтом тертя порівняно з іншими речовинами, крім того, зберігає м'якість до мінус 20 °С, а міцність і хімічні властивості – до + 300 °С. Тверді мастила надають мастилам **захисних властивостей**. Цей термін застосовують для характеристики роботи твердого мастила в зонах граничного і змішаного тертя. Вони захищають поверхні від викрашування при недостатньому змазуванні. Тверді мастила найчастіше застосовують у вузлах тертя при малих швидкостях і високих навантаженнях. При високих швидкостях вони не є ефективними.

Полімерні присадки поліпшують індекс в'язкості, адгезію, зменшують зношування і тертя. Агенти липкості, наприклад поліізобутилен, застосовують для змащування ходової частини. Для змазування підшипників присадки прилипання мають застосовуватися обережно. Занадто липкі мастила видавлюють із труднощами, що може призвести до перегріву підшипника.

У таблиці 3.3 у загальному вигляді наведені найпоширеніші типи речовин, що входять до складу базових основ, згущувачів і присадок сучасних пластичних мастил.

3.4 Властивості пластичних мастил і методи їх оцінювання

3.4.1 Зовнішній вигляд і текстура пластичних мастил

Зовнішній вигляд мастила оцінюється візуально і показує його стан. Поверхня мастила, особливо знову утворена, може бути рівною і однорід-

ною, шорсткуватою, гранульованою, зламанною, з оливою, що виділилася, липкою, блискучою або тьмяною.

Текстура мастила оцінюється на дотик і характеризує її структуру.

Текстура може бути: м'якою і пластичною; тендітною і ламкою; оливоподібною; волокнистою; у формі довгих або коротких волокон; еластичною і пружною; тягучою, але такою, що не утворює ниток. Текстура залежить від згущувача, в'язкості рідкої фази, співвідношення компонентів, присадок і способу виготовлення мастила. Стандартні методи оцінювання текстури відсутні. Приблизне оцінювання проводять візуально, при спостереженні відриву одна від одної двох пластинок, склеєних мастилом. Згущувач утворює окрему волокнисту дисперсну фазу. Від структури каркаса і довжини волокон залежать механічні властивості: густина, структурна і робоча стабільність, витікання оливи.

3.4.2 Механічні властивості пластичних мастил

Основні характеристики механічних властивостей пластичних мастил:

- консистенція мастила;
- тиксотропія;
- границя текучості і тиску течії;
- динамічна стабільність;
- механічна стабільність;
- стабільність кочення;
- структурна стабільність.

Консистенція мастила – умовна міра механічної міцності твердості. Виражається в номерах або ступенях консистенції за системою **NLGI (NLGI consistency numbers)**, які встановлюються за пенетрацією.

Пенетрація – міра проникнення конусного тіла в мастило, вживана для характеристики консистенції (густоти) мастил.

Звичайно пенетрація виражається в числах пенетрації за глибиною занурення конуса в мастило і виражається в десятих частках міліметра. Число пенетрації визначається при температурі мастила + 25 °С після повного механічного впливу на неї (перемішування). Номери консистенції змащень **NLGI** залежно від діапазону пенетрації наведено в таблиці 3.3.

У густе мастило конус проникає менше (число пенетрації менше). Пенетрація не відбиває хімотологічних властивостей мастил у конкретних умовах роботи.

Тиксотропія – це здатність колоїдної дисперсної системи відновлювати структурні зв'язки, зруйновані механічним впливом. Мастило починають текти під дією сили розтягання і зрушення, яка обриває структурні зв'язки. Коли сила перестає діяти, колоїдні структурні зв'язки відновлюються. Це основна ознака мастила. Тиксотропія виявляється у момент

змащування. У русі мастило розріджується і змащує поверхні, після припинення руху – гусне і залишається в зонах тертя. Тиксотропія виявляється в колоїдних системах. Механічна стабільність мастила пов'язана із здатністю зберігати можливість відновлення структурних зв'язків.

Таблиця 3.3 – Номери консистенції за NLGI

Клас NLGI	Пенетрація 0.1 мм	Стан мастила	Застосування мастила
000	445...475	Як грузле мастило	Для централізованого змащування: для змащування передач і шестерень
00	400...430	Напіврідке	Для змащування підшипників ковзання і кочення
0	355...385	Дуже м'яке	
1	310...340	Дуже м'яке	
2	265...295	М'яке мастило	Для створення герметичності
3	220...250	Густувате	
4	175...205	Густе	
5	130...160	Дуже густе	
6	85...115	Дуже густе, як мило	

Границя текучості і тиск течії оцінюють здатність мастил зберігати свою форму, практично – зберігатися у відкритих сполуках, на валах, що обертаються, і на вертикальних поверхнях.

Зовнішня сила зрушення, під дією якої мастило починає текти і переходити із твердого стану в пластичний називається **межею текучості**. При підвищенні температури межа текучості мастила зменшується. Якщо межа текучості є малою, мастило погано зберігається в підшипниках, якщо великою – утрудняється доставка мастила до зони тертя.

Динамічна в'язкість мастила – це співвідношення між напругою зрушення і швидкістю деформації при встановленій температурі і постійній швидкості деформації. Динамічна в'язкість залежить від в'язкості базової оливи і зменшується при збільшенні температури і швидкості деформації. Динамічна в'язкість впливає на рухливість і розподіл мастила, а також на втрати тертя під час роботи. Температура, при якій динамічна в'язкість дорівнює другому класу, вважається мінімальною робочою температурою мастила.

Механічна стабільність – це здатність мастила зберігати консистенцію і механічні властивості при довготривалому впливі деформації зрушення. Кількісно механічна стабільність виражається зміною пенетрації пі-

ся механічного стомлення, інтенсивного перемішування, яке може здійснюватися двома способами:

- при багаторазовому продавлюванні мастила через перфоровану пластинку – **оцінюється робоча стабільність**;
- при перетиранні мастила роликком – **оцінюється стабільність кочення**.

3.5 Класифікація пластичних мастил

За європейськими стандартами автомобільні мастила не виділяють в окрему групу, але на практиці виробники нафтопродуктів можуть виділяти їх в окрему асортиментну групу. В Америці автомобільні мастила виділяють офіційно і описують у нормативних документах. Мастила, що надходять у торговельну мережу, називають сервісними мастилами, їх відрізняють від мастил, якими заповнюються вузли тертя на заводах при випуску автомобілів.

Експлуатаційні групи мастил для догляду за автомобілем і специфічні вимоги до їхньої якості викладені в стандартах і рекомендаціях:

- **ASTM D 4950-89** «Стандартна класифікація і специфікація сервісних мастил»;
- **SAE J310 Jun93** «Автомобільні мастила. Провідні вказівки SAE»;
- **NLGI** «Провідні вказівки щодо змащування підшипників коліс легкових автомобілів»;
- **NLGI** «Провідні вказівки щодо змащування кульових шарнірів передньої підвіски легкових автомобілів»;
- **NLGI** «Провідні вказівки щодо змащування підшипників коліс вантажних автомобілів».

В **ASTM D 4950-89 стандарті**, створеному спільно з ASTM, NLGI і SAE, наведено класифікацію автомобільних мастил, яку поділяють на дві основні експлуатаційні групи:

- **сервісні мастила для ходової частини**;
- **сервісні мастила для підшипників коліс**.

Ці групи мастил розділяють на категорії якості автомобільних мастил залежно від гарантованих показників якості і позначають відповідним знаком NLGI.

Система класифікації ДСТУ. У країнах СНД мастила класифікують і позначають за вимогами ДСТУ 23258-78. На відміну від інших систем класифікації знак мастила за **ДСТУ** більш точно вказує його сполуку, призначення і основні властивості. Усі мастила, виготовлені в країнах СНД, мають свою технічну назву і номер стандарту (технічні умови), за якими

вони виготовлені. Стандарт **ДСТУ 23258-78** є цікавим за декількома аспектами:

- велика система класифікації і позначення, у якій утримуються майже всі дані про мастила;
- одне з деяких позначень, у якому вказується сполука мастила.

За цим стандартом назва або марка мастила має складатися з одного слова, а її модифікації можуть позначатися буквеними і цифровими індексами. Крім того, кожному мастилу привласнюється позначення (код у буквах і в цифрах) – призначення, що відбиває сполуку і властивості мастила. Позначення – код мастила складається з п'яти буквених і цифрових індексів, що вказують:

- на групу або підгрупу призначення мастила і позначувану прописними буквами російського алфавіту, у стандарті не зазначені критерії, на основі яких мастила розподіляють на групи і підгрупи за призначенням;
- тип згущувача, який позначається буквами російського алфавіту;
- рекомендований інтервал робочої температури. У чисельнику вказують мінімальну робочу температуру (у десятках градусів, без мінуса), а в знаменнику – максимальну робочу температуру (у десятках градусів), наприклад, 3/12 позначає, що мастило є працездатним від $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- дисперсне середовище – базове мастило, позначене малою літерою російського алфавіту. Якщо мастило виготовлено на основі однієї мінеральної оливи, його позначення опускається, а якщо на основі двох олив, то поряд наводять два відповідні позначення;
- тверді присадки, якщо такі є в мастилі. Позначаються рядковою літерою російського алфавіту і виділяються рискою від попереднього знаку індекс класу консистенції, який визначається за пенетрацією мастила.

Зразок позначення мастила за **ДСТУ 23258-78**:
СКа 2/8 – 2,

де С – мастило загального призначення;
Ка – згущувач – кальцієве мило;
2/8 – інтервал робочої температури: від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$;
індекс дисперсного середовища відсутній. Це означає, що мастило виготовлено на основі мінеральної оливи (буква «н» відсутня);
тверді присадки відсутні;
2 – індекс класу консистенції – 2.

Контрольні запитання

1. Основне призначення пластичних мастил, в чому їх відмінності від олив ?
2. Які типи олив застосовують як базові оливи у пластичних мастилах ?
3. Які типи згущувачів застосовують у пластичних мастилах ?
4. Для чого додають присадки в пластичні мастила ?
5. Що відноситься до механічних характеристик пластичних мастил ?
6. Як класифікують пластичні мастила ?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Васильева, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы : учеб. для вузов / Л. С. Васильева. – М. : Наука-пресс, 2004. – 421 с.
2. Кузнецов, А. В. Топливо и смазочные материалы: учеб. для вузов / А. В. Кузнецов. – М. : Колос, 2007. – 199 с.
3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / И. Г. Анисимов, К. М. Бадыштова, С. А. Бнатов и др.; под ред. В. М. Школьников. – М.: Изд. центр «Техноинформ», 1999. – 596 с.
4. Павлов, В. П. Автомобильные эксплуатационные материалы / В. П. Павлов, П. П. Заскалько. – М. : Транспорт, 1982. – 205 с.
5. Колосюк, Д. С. Експлуатаційні матеріали: підручник /Д. С. Колосюк, Д. В. Зеркалов. – Київ : Арістей, 2005. – 241 с.
6. Паливно-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кн. 1. Паливно-мастильні матеріали і технічні рідини / упоряд. В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-українське вид-во, 2008.– 353 с.
7. Паливно-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. Кн. 2. Системи забезпечення якості паливно-мастильних матеріалів / упоряд. В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-українське вид-во, 2008. – 353 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Розділ 1 МОТОРНІ ОЛИВИ.....	4
1.1 Основні вимоги до якості моторних олив.....	4
1.2 Експлуатаційні властивості моторних олив.....	5
1.2.1 В'язкісно - температурні властивості моторних олив.....	5
1.2.2 Протизношувальні (змащувальні) властивості моторних олив.....	8
1.2.3 Протиокисні властивості моторних олив.....	9
1.2.4 Протикорозійні властивості моторних олив.....	9
1.3 Склад моторних олив.....	11
1.3.1 Присадки для базових моторних олив.....	16
1.4 Загальні зміни властивостей моторних олив при експлуатації.....	19
1.4.1 Характеристики забруднень моторної оливи при експлуатації.....	20
1.4.2 Процес нагароутворення.....	22
1.4.3 Процес лакоутворення.....	22
1.5 Регенерація відпрацьованих моторних олив.....	24
1.6 Класифікація моторних олив.....	25
1.6.1 Класифікація вітчизняних моторних олив.....	25
1.6.2 Класифікація зарубіжних моторних олив.....	28
Контрольні запитання.....	34
Розділ 2 ТРАНСМІСІЙНІ ОЛИВИ.....	35
2.1 Призначення трансмісійних олив.....	35

2.2 Основні експлуатаційні властивості трансмісійних олив.....	37
2.3 Класифікація трансмісійних олив.. ..	37
2.3.1 Класифікація за в'язкістю. Стандарт SAE J 306	37
2.3.2 Класифікація за експлуатаційними властивостями. Система класифікації API	39
2.3.3 Класифікація трансмісійних олив за ДСТУ.	41
Контрольні запитання	43
Розділ 3 ПЛАСТИЧНІ МАСТИЛА	44
3.1 Базові оливи пластичних мастил.....	45
3.2 Типи згущувачів і мастила на їхній основі.....	46
3.3 Присадки і наповнювачі пластичних мастил.....	49
3.4 Властивості пластичних мастил і методи їх оцінювання.....	49
3.4.1 Зовнішній вигляд і текстура пластичних мастил.....	49
3.4.2 Механічні властивості пластичних мастил.....	50
3.5 Класифікація пластичних мастил	52
Контрольні запитання.....	54
Бібліографічний список.....	55

Навчальне видання

**Воробйов Юрій Анатолійович
Григорович Антон Михайлович
Нестеренко Сергій Іванович**

**ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ
Частина 2
АВТОМОБІЛЬНІ ОЛИВИ ТА МАСТИЛА**

Редактор Т. Г. Кардаш

Зв. план, 2021

Підписано до видання 05.03.2021

Ум. друк. арк. 3,2. Обл.-вид. арк. 3,62. Електронний ресурс

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001