

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

з навчальної дисципліни  
«Транспортні пально-мастильні матеріали»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)**

**за темою № 8 – Загальні відомості про мастильні матеріали**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:**

*Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач - методист Давітая О. В.*

**Рецензенти:**

- 1. Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Павленко О. В.;*
- 2. Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, к.х.н., доцент Козловська Т. Ф.*

## План лекції

1. Класифікація мастильних матеріалів.
2. Базові масла і способи їх отримання.
3. Процеси виробництва олив, очищення нафтових олив. Сировина, яка застосовується для одержання олив.
4. Хімічний склад олив.
5. В'язкісні властивості олив.
6. Стабільність олив, низькотемпературні властивості, корозійні властивості. Радіаційна стійкість олив.

## Рекомендована література:

### Основна

1. Бойченко С. В., Черняк Л. М., Новікова В. Ф. Контроль якості паливно-мастильних матеріалів : Київ : НАУ, 2012. 308 с.  
URL:[https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/38010/3/%D0%9E%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B8\\_%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%96\\_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%96\\_%D0%91%D0%BE%D0%B9%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%92%D0%A1%D0%95\\_%D0%905.pdf](https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/38010/3/%D0%9E%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%B8_%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%96_%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B1%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%96_%D0%91%D0%BE%D0%B9%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%92%D0%A1%D0%95_%D0%905.pdf) (дата звернення: 15.08.2023).
2. Бойченко С. В. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 323 с.  
URL:<https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/38010/> (дата звернення: 10.08.2023).
3. Бойченко С. В., Спіркін В. Г. Вступ до хімотології палив та олив : навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.1. 236 с.
4. Бойченко С. В., Любінін Й. А., Спіркін В. Г. Вступ до хімотології палив та олив : навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.2. 276 с.
5. Полянський С.К., Коваленко В.М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин : підручник . Київ : Либідь, 2005. 504с.  
URL:<https://prom.ua/ua/p1824906114-polyanskij-kovalenko-ekspluatatsijni.html> (дата звернення: 05.08.2023).

### Додаткова

6. Карпинець А. П. Лекції з курсу «Використання експлуатаційних матеріалів та економія паливно-енергетичних ресурсів» : навч. посібник. Горлівка, 2014. 107 с.  
URL : [https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/27470/2/%D0%92%D0%95%D0%9C\\_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82.pdf](https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/27470/2/%D0%92%D0%95%D0%9C_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82.pdf) (дата звернення: 25.07.2023).
7. Чабанний В. Я., Магопець С. О., Мажейка О. Й. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.1. 353 с.

URL : [https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf) (дата звернення: 25.07.2023).

8. Чабанний В. Я., Магопєць С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: ЦентральноУкраїнське видавництво, 2008. ч.2. 500 с. URL : [https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi\\_Pal\\_mast\\_Mater\\_kn1.pdf](https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn1.pdf) (дата звернення: 13.07.2023).

## Текст лекції

### 1. Класифікація мастильних матеріалів.

Основне призначення змащувальних матеріалів – зменшення зносу деталей, що труться, і зниження витрат енергії на подолання тертя. Окрім цих функцій, змащувальні матеріали виконують і інші: відводять тепло від деталей, що труться, оберігають деталі від корозії, очищають поверхні тертя від продуктів зносу і інших домішок, герметизують вузли тертя.

Класифікують змащувальні матеріали так само, як і палива: за агрегатним станом, за родом вихідної сировини, способом отримання і цільовим призначенням.

За агрегатним станом змащувальні матеріали діляться на:

- рідкі, які називають маслами, володіють певною плинністю (нафтові і рослинні масла);
- пластичні (або консистентні), які називають мастилами, знаходяться в мазеподібному стані (технічний вазелін, солідоли, консталіни, жири і ін.);
- тверді – мастильні матеріали, які не змінюють свого стану під дією температури та тиску (графіт, слюда, тальк і ін.) Їх зазвичай застосовують у суміші з рідкими або пластичними мастильними матеріалами.

За походженням розрізняють масла:

- мінеральні, або нафтові – основна група мастильних масел, що випускаються (більш 90%). Залежно від способу отримання їх поділяють на дистилятні, залишкові, компаундовані або змішані;
- рослинні і тваринні, що мають органічне походження. Рослинні масла отримують шляхом переробки насіння певних рослин; виробляються касторове, гірчичне і свиріпове масла.

Тваринні масла виробляють з тваринних жирів (бараняче і яловиче сало, технічний риба'чий жир, кісткове масло і ін.). Органічні масла в порівнянні з нафтовими мають кращі змащувальні властивості та низьку термічну стійкість, тому їх частіше використовують у суміші з нафтовими;

- синтетичні, отримують з різної початкової сировини різними методами (каталітична полімеризація рідких або газоподібних вуглеводнів нафтової і не нафтової сировини; синтез кремнійорганічних сполук, отримання фторвуглицевих масел і ін.).

Синтетичні масла мають всі необхідні властивості, проте з-за високої вартості застосовуються тільки в найвідповідальніших вузлах тертя.

Найбільш широкого поширення набули полісілоксанові масла – силікони – дії високих температур, мають низьку температуру застигання і гарні антикорозійні властивості, мало змінюють в'язкість при коливаннях температури. Змащувальна здатність їх дещо гірше, ніж нафтових масел. Поліпшити цю властивість можна додаванням відповідних присадок.

Іншою групою синтетичних масел є поліалкілгліколі, що є продуктами конденсації двоатомних спиртів. Ці масла не утворюють відкладень на нагрітих деталях, мають гарну змащувальну здатність і в'язкісні властивості, а також низьку температуру застигання (до  $-65^{\circ}\text{C}$ ). З-за високої вартості ці масла не набули широкого поширення.

Для роботи в агресивних середовищах, а також в умовах високих температур виготовляють фторвуглецеві і хлорвуглецеві масла. Недолік їх – різке підвищення в'язкості при зниженні температури. Їх використовують при виготовленні спеціальних пластичних мастил і рідин для гідросистем.

За призначенням мастильні матеріали поділяються на масла:

- моторні, призначені для двигунів внутрішнього згорання;
- трансмісійні, вживані в трансмісіях тракторів, автомобілів, комбайнів, самохідних і ін. машин;
- гідравлічні – для гідросистем різних машин;
- індустриальні – для змащування машин і механізмів різного промислового устаткування (верстатів, промислових редукторів);

Масла різного призначення – компресорні, циліндрові, холодильні і турбінні.

По температурі застосування розрізняють:

- низькотемпературні, для температури не більше  $60^{\circ}\text{C}$ ;
- середньотемпературні, що використовують при температурах  $150-200^{\circ}\text{C}$ ;
- високотемпературні, які використовують у вузлах, що піддаються дії температури до  $300^{\circ}\text{C}$  і вище (моторні масла).

Мастильні, моторні і трансмісійні масла отримують з мазуту. В результаті вакуумної перегонки отримують базові дистилятні масла, а продукти, що залишилися (напівгудрон і гудрон), використовують для отримання залишкових масел. Характерна особливість дистилятних масел – їх хороші в'язкістнотемпературні властивості і висока термоокиснювальна стабільність. Але в цих маслах мало сполук, що володіють високою маслянистістю, тобто міцністю масляної плівки.

Залишкові масла, навпаки володіють високою природною маслянистістю, але поганими низькотемпературними і в'язкістнотемпературними властивостями. Висока маслянистість залишкових масел пов'язана з продуктами окислювальної полімеризації, що в них знаходяться (нафтовими смолами).

Як конструкційний матеріал вузла тертя оливи виконують такі функції:

- зменшують тертя, що виникає між деталями триботехнічного вузла;
- знижують знос і попереджують задири поверхонь тертя;
- відводять тепло від пар тертя;
- захищають поверхні контактуючих пар і інші неізольовані частини від корозійної дії зовнішнього середовища;
- ущільнюють зазори між пов'язаними деталями;
- видаляють із зони тертя продукти зносу, корозії та інші забруднення.

## **2. Базові масла і способи їх отримання.**

Базові масла в залежності від складу можуть бути нафтовими, синтетичними або напівсинтетичними.

Нафтові базові масла – одержують із залишку (мазуту), що утворюється після атмосферної перегонки нафти і видалення з нього бензинових і дизельних фракцій. Цей залишок піддається подальшій переробці, яка включає вакуумну перегонку, очищення, деасфальтизацію, депарафінізацію та інші процеси нафтопереробки:

- вакуумна перегонка дозволяє позбутися висококиплячих компонентів (гудрон) і розділити продукт, що переробляється, на ряд фракцій (дистилятів), які мають різну температуру википання, а значить і різну молекулярну масу, склад і властивості (густину, в'язкість, індекс в'язкості, температуру спалаху тощо);
- очищення (селективна сернокислотна, гідроочищення, адсорбційне і ін.) проводиться для видалення небажаних компонентів (сірчистих і киснеутримуючих з'єднань, неграничних вуглеводнів тощо), які у процесі роботи масел можуть робити негативний вплив. Зазначені вище методи очищення в залежності від обраної технологічної схеми можуть застосовуватися як самостійно, так і в сполученні з іншими методами.

Нафтові базові масла, отримані за традиційними схемами виробництва та очищення, являють собою складні суміші вуглеводнів (ізопарафінових, нафтопарафінових, нафто-ароматичних, ароматичних різної ступені циклічності) з молекулярною масою 300...750 і утримуючих у складі молекул 20...60 атомів вуглецю, а також гетероорганічних з'єднань (утримуючих кисень, сірку, азот і деякі метали). Ці масла мають індекс в'язкості приблизно 90...100 одиниць.

- деасфальтизація проводиться для видалення з високов'язкого залишку після вакуумної перегонки асфальтенов – високомолекулярних продуктів, що викликають підвищене нагаро- і лакоутворення при роботі олій. Очищена масляна фракція (деасфальтизат) використовується як компонент базових масел.
- депарафінізація служить для видалення з дистилятів і деасфальтизатів високоплавких парафінів, що підвищують температуру загустіння масел.

Процеси виробництва та очищення базових масел можуть комбінуватися різними способами.

Компаундування базових масел одержують змішуванням дистилятних і залишкових компонентів. Змішування компонентів проводиться як для одержання заданої в'язкості, так і для досягнення необхідного вуглеводневого складу базових масел.

Синтетичні базові масла одержують шляхом цілеспрямованого синтезу органічних і елементоорганічних з'єднань, що перевершують за своїми властивостями вуглеводні нафтові масла і являють собою суміші хімічних сполук однакової або різної структури. Найбільше поширення одержали синтетичні вуглеводні (поліолефіни, алкільовані ароматичні з'єднання), поліефіри, складні ефіри органічних і неорганічних кислот, складні ефіри багатоатомних спиртів, полі-галогенпохідні вуглеводні, силоксани й ін.

Бажані і небажані компоненти базових масел

Компоненти нафтових базових масел	
бажані	небажані
Ізопарафінові вуглеводні	Тверді парафінові вуглеводні
Нафтово-парафінові вуглеводи	Поліциклічні ароматичні вуглеводні
Моно і біциклічні ароматичні вуглеводні з довгими бічними ланцюгами	Смолисті й асфальто-смолисті з'єднання
	Неграниці вуглеводні
	Елементоорганічні з'єднання

Розробка синтетичних масел почалася ще наприкінці XIX століття, а на початку 20-х років XX століття вони вже випускалися промисловістю. До цього ж часу відносяться і перші спроби їх використання в мастилах. Проте, їх широке використання почалося в останні три десятиліття. Синтетичні базові масла перевершують нафтові за низькотемпературними характеристиками, термічній стабільності і стійкості до окислювання, але уступають їм за вартістю.

Напівсинтетичні базові масла одержують, як правило, шляхом змішання синтетичних і нафтових компонентів, що дозволяє одержувати продукти, що сполучають у собі високі експлуатаційні характеристики мастил, що перевершують нафтові, і помірну їхню вартість. В Україні синтетичні базові масла не виробляються.

Особливе місце займають базові масла, отримані з використанням технології гідрокрекінгу (НС - синтез) нафтових масляних фракцій. У цьому процесі вуглеводні всіх груп і з'єднання всіх класів під дією водню (гідрообробки) у присутності специфічних катализаторів при підвищених температурах (360...420°C) і тисках (10...20 МПа) піддаються глибоким перетворенням.

Застосування процесу гідрокрекінгу дозволяє забезпечити необхідну якість масла не за рахунок видалення небажаних компонентів, як це

прийнято в традиційних процесах, а за рахунок хімічного перетворення небажаних компонентів у бажані. Сировиною для одержання масел служать висококип'ячі дистиляти і деасфальтизатори, що є складними сумішами вуглеців різних груп, гетероз'єднань (утримуючих атомів сірки, азоту, кисню та інших елементів), а також високомолекулярних з'єднань (сммасластів, асфальтенів).

За своїми експлуатаційними характеристиками масла, отримані з використанням продуктів гідрокрекінгу, не поступаються традиційним синтетичним і напівсинтетичним маслами, але мають більш низьку ціну. В залежності від складу базові масла, отримані з використанням технології гідрокрекінгу, відносять до синтетичного або напівсинтетичного типів.

Американський інститут нафти (API) класифікує масла за трьома показниками – індексу в'язкості, вмісту сірки, масовій частці нафто-парафінових вуглеводнів.

### **3. Процеси виробництва олив, очищення нафтових олив. Сировина, яка застосовується для одержання олив.**

Існують дві схеми переробки мазуту – паливна і масляна. При паливній отримують тільки одну фракцію (350 - 500°C), яку використовують зазвичай як базовий продукт для каталітичного крекінгу або гідрокрекінгу. При масляній переробці виділяють три фракції: легкі дистилятні масла (що википають при 300-400°C), середні дистилятні масла (що википають при 400-450 °C) і важкі дистилятні масла (що википають при 450-500 °C).

Масляні дистиляти після перегонки мазуту містять цілий ряд небажаних речовин, таких, як смолянисто-асфальтові, органічні кислоти, ненасичені вуглеводні, що легко окислюються і полімеризуються, і тому подібне, що різко знижує якість мастильних масел. Найширше застосовуються наступні способи очищення масляних дистилятів: кислотно-лужна, кислотноконтактна, селективна, а також деасфальтизація і депарафінізація.

При кислотно-лужному очищенні смолянисті речовини масляного дистиляту, взаємодіючи з сульфатною кислотою, частково розчиняються, частково ущільнюються з утворенням асфальгенів, які переходять в кислий гудрон. Після відстоювання і видалення кислого гудрону масло обробляють водним розчином лугу NaOH. При цьому нейтралізуються органічні кислоти і залишки сульфатної кислоти. Потім масло промивають водою для розчинення і видалення солей. Далі, масло просушують гарячим повітрям.

Кисотно-контактне очищення вибілюючими глинами полягає в тому, що після очищення масла сульфатною кислотою воно проходить контактне очищення вибілюючими глинами. При цьому з масла адсорбуються небажані полярно-активні сполуки, зокрема органічні і сульфокислоти, залишки сульфатної кислоти, кислого гудрону і так далі.

Очищення вибілюючими глинами може бути контактним і перколяційним. У першому випадку глину безпосередньо перемішують з



маслом, що очищується, в другому – масло пропускають крізь шар гранульованого адсорбенту при температурі 20...100 °С (залежно від в'язкості). В якості вибілюючих застосовують природні (гумбрин і ін.) і штучні (силікагель) глини. Кількість адсорбенту при очищенні складає 2...5% від маси матеріалу, що очищується.

Селективне очищення полягає в обробці масла селективними розчинниками, які розчиняють небажані елементи і не впливають на основні вуглеводні. При подальшому відстоюванні суміш розшаровується на рафінадну частину (очищене масло) і на екстрактну (суміш розчинника і шкідливих домішок). Екстрактну частину переганяють, відігнаний розчинник може бути використаний вдруге.

На якість очищення впливають температура і кількість узятго розчинника. Розчинниками служать фурфурол (150...400% від маси масла, що очищається), фенол (100...200%), нітробензол, технічний пропан і ін., процес проводять при температурі 50...120°C.

Деасфальтизація застосовується для дистилятних масел з високим вмістом смолянисто-асфальтових речовин. При деасфальтизації використовують спеціальні розчинники, зокрема рідкий пропан. Під дією розчинника смолянисто-асфальтові речовини переходять в осад, який після відстою видаляють.

Деасфальтизацію проводять при тиску 2,5...4,0 МПа і температурі 60...85 °С. Співвідношення пропану і масла, що очищається, складає від 5:1 до 10:1 за об'ємом. Після деасфальтизації масляний дистилят йде на основне очищення. Депарафінації піддаються масляні дистиляти, що отримують з парафінових нафт. З масла вилучаються вуглеводні, схильні до кристалізації при зниженні температури. Процес заснований на тому, що парафіни і церезини значно гірше розчиняються у ряді легких розчинників, ніж основні вуглеводні масла, особливо при низькій температурі.

Масло, що очищується, змішують з розчинником (метилетилкетон, ацетон з бенzenом, дихлоретан з бензином і ін.) Отриману суміш нагрівають до температури, що на 15...20 °С перевищує температуру повного розчинення парафінів і церезинів в суміші. Розчин поступово охолоджують і на високооборотних центрифугах або спеціальних фільтрах розділяють на депарафінове масло і петроляту (суміш розчинника і твердих вуглеводнів). Дана операція є кінцевою частиною процесу очищення масла.

#### **4. Хімічний склад олив.**

Хімічний склад масляної сировини є основним чинником, що визначає вибір найбільш раціональних методів виробництва та використання олив. У виробництві олив використовують дистилятні фракції нафти (межі википання 320–500 °С) і залишок вакуумної перегонки мазуту – гудрон (вище 500 °С). Базові оливи повинні мати в'язкість, що відповідає технічним вимогам щодо конкретного виду мастила. Як правило, регулювання в'язкості

базових олив здійснюється компаундуванням дистилятних і залишкових компонентів. Більшість базових олив є сумішами дистилятних і залишкових компонентів, окрім деяких сортів малов'язких моторних, турбінних та індустріальних олив. Моторні оливи часто містять синтетичний компонент певної в'язкості.

Оливні фракції є складною сумішню сполук, що відрізняються за структурою та складом молекул, за фізичними, хімічними, фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями. Вони містять вуглеводні в основному гібридної будови усіх гомологічних рядів і неуглеводневі сполуки – сірчисті, азотисті, кисневі, металовмісні у складі смолисто-асфальтенових речовин. Тому, як правило, в оливах оцінюється лише груповий хімічний склад.

Дослідження групового хімічного складу оливних фракцій почалися наприкінці 19-го століття й узагальнені у працях таких вчених, як В. В. Марковніков, С. С. Намьоткін, К. В. Харичков, М. І. Коновалов, Л. Г. Гурвич, М. І. Черножуков, С. Р. Сергієнко та багато інших. Дослідження групового хімічного складу оливних фракцій виконуються з використанням фізичних, хімічних і фізико-хімічних методів поділу оливних фракцій та ідентифікації хімічної будови молекул. Поділ оливної сировини на вузькі фракції здійснюється вакуумною перегонкою, холодним фракціонуванням, хроматографією, комплексоутворенням, термічною дифузією та іншими методами.

Виявлено, що вуглеводнева частина оливних фракцій містить високомолекулярні алкани нормальної та ізобудови, поліциклічні циклоалкани з алкільними радикалами, моно- і поліциклічні арени з алкільними радикалами та значну кількість вуглеводнів змішаної будови. Невуглеводнева частина оливних фракцій містить сірчисті, азотисті, кисневі, металовмісні та полігетероатомні сполуки.

До складу оливних фракцій входять:

- алкани – 5–20 % мас., у тому числі ізобудови – до 0,5–1,5 % мас., нормальної будови – до 4 % мас.;
- циклоалкани – 50–80 % мас.;
- арени – 15–50 % мас.;
- тверді вуглеводні – 50–70 % мас..

Виробництво товарних олив складається з двох стадій – виробництво базових олив і змішування компонентів (компаундування). Виробництво великої кількості різновидів олив технічно та економічно недоцільно. Для уникнення цього нафтопереробною промисловістю продукується обмежена кількість базових олив, що можуть змішуватися між собою та з додатками на оливозмішувальних заводах для одержання товарних олив з необхідними експлуатаційними властивостями.

Базові оливи розрізняються між собою в'язкістю, хімічним складом і деякими іншими властивостями.

Компаундування олив є відносно нескладним технологічним процесом, що може здійснюватися на порівняно невеликих оливозмішувальних заводах.

### **5. В'язкісні властивості олив. Присадки для олив.**

Мастильні масла повинні мати відповідну в'язкість і індекс в'язкості; високу термоокиснювальну стійкість і хороші протикорозійні властивості; протизносні якості і гарну прокачиваемість при різних температурах навколишнього середовища. Масла повинні забезпечувати максимально можливий термін служби і не утворювати на поверхнях деталей різні відкладення.

Щоб задовольнити весь комплекс вимог, що пред'являються до мастильних масел широко використовують спеціальні добавки (присадки).

Залежно від функціональної дії присадки підрозділяються на антиокиснювальні, протикорозійні, миючі, диспергуючі, протизносні, в'язкісні, депресорні, протипінні і та ін. Присадки можуть вводитися в масло для поліпшення або додання однієї певної властивості, наприклад, депресорну – для зниження температури застигання. Але найчастіше використовують багатофункціональні присадки, поліпшуючі одночасно декілька властивостей мастильного масла.

Присадки повинні відповідати наступним вимогам: добре розчинятися в маслах; не випадати в осад від зміни температури і при зберіганні; бути термічно і хімічно стабільними; не змінювати свого функціонального призначення при застосуванні в двигуні; не змінювати інших якостей масла і так далі.

Антиокиснювальні присадки покращують стабільність масла проти окиснення при високих температурах. Як антиокиснювальні присадки найчастіше використовуються алкілфенольні сполуки. Ці присадки можуть затримувати початок процесу окиснення, руйнувати гідроперекиси, що утворюються, і тим самим пригнічувати реакції розгалуження ланцюгів, а також взаємодіяти з продуктами окиснення вуглеводнів і утворювати нові речовини, що мають антиокиснювальні властивості.

Протикорозійні присадки додають в масла для зниження корозії металів, особливо сплавів кольорових металів. Використовують такі сполуки: трибутилфосфіт, трифенілфосфіт, осірчене масло, алкілфеноляти лужних і лужноземельних металів. Механізм дії цих присадок зводиться до утворення на металі захисних плівок, які перешкоджають безпосередній дії корозійноактивних речовин на метал. Іншим напрямом дії присадки може бути нейтралізація корозійно-агресивних продуктів, що утворюються при згоранні сірчастого палива і окиснення масла.

Миючі і диспергуючі присадки перешкоджають утворенню лаків і нагару на деталях циліндропоршневої групи. Як миючі присадки широке

застосування отримали солі різних сульфо- і карбонових кислот, алкілфеноляти, беззольні, малозольні полімерні присадки та ін.

Механізм дії мийно-диспергуючих присадок полягає в переведенні нагароутворюючих речовин до суспензії та утримуванні їх в цьому стані.

Присадки протизносу містять поверхнево-активні речовини, які при підвищенні температури утворюють плівки і за рахунок цього перешкоджають схоплюванню деталей, що труться. До них відносяться сполуки, що містять неактивну сірку, а також ефіри фосфорних кислот.

При використанні противозадирних присадок продукти їх розкладання хімічно взаємодіють з металом при високих температурах тертя. При цьому утворюються сполуки, що володіють меншим опором зрізу і нижчою температурою плавлення, ніж чисті метали, що і перешкоджає заїданню поверхонь, що труться. У присадки входять Сульфур, Фосфор і Хлор, в деяких з них – Плюмбум, Стибій, Молібден у поєднанні з Сульфуром або Фосфором.

В'язкісні присадки (3-5%) вводять змащувальні масла, щоб додати їм необхідні в'язкісно-температурні властивості, високий індекс в'язкості і хорошу прокачиваемість при негативних температурах. Такими присадками є високомолекулярні сполуки (поліізобутилені, полівинилалкілові етери, поліметакрілати і ін.). Ці присадки у меншій мірі змінюють свої властивості під впливом високих температур і механічних сил. Масла, загущені цими присадками, володіють хорошими в'язкісними властивостями, забезпечують легкий пуск двигуна при низьких температурах і тому використовується як всесезонні масла.

Депресорні присадки (0,5-1%) вводять в змащувальні масла, щоб зробити їх придатними для використання при низьких температурах навколишнього середовища. Депресори перешкоджають утворенню при низьких температурах суцільних кристалічних сіток, завдяки чому, змащувальне масло зберігає рухливість.

Протипінні присадки додають до масел, вживаних в тих вузлах, де відбувається спінювання масла внаслідок чого різко погіршуються умови змащування поверхонь, що труться. Ці речовини знижують міцність поверхневих плівок, які розділяють газові бульбашки і рідку фазу. Як протипінні присадки використовують поліметилсилоксан (ПМС-200А), полідиметилсилоксан, поліетилсилоксан і ін. Ці присадки вводять спільно з миючими, оскільки останні сприяють спінюванню масла.

В'язкісно-температурні властивості олив характеризуються в'язкістю, індексом в'язкості (ІВ) та температурою застигання.

В'язкість оливи, як і в'язкість палива визначають і нормують в одиницях кінематичної в'язкості.

В'язкість оливи залежно від температури змінюється в дуже широких межах. Залежність в'язкості оливи від температури ускладнює її правильний вибір. Якщо при температурі 100...150°C в'язкість має бути достатньою для

здійснення гідродинамічного тертя у підшипниках та створення надійної захисної плівки в циліндро-поршневій групі, а також у газорозподільному механізмі, то при низьких температурах в'язкість оливи не повинна бути високою, щоб не ускладнювати провертання колінчастого валу двигуна стартером. Тому треба при виготовленні моторних олив будь-якими способами знизити залежність в'язкості від температури.

Одним із них є спосіб відокремлення парафінів і загущення оливи. Однак повне відокремлення парафінів справа складна і економічно невигідна.

Простішим способом поліпшення властивостей оливи при низьких температурах є введення депресорних присадок, дія яких зводиться до попередження утворень кристалічних ґраток. Ці присадки додають у кількості 0,1...1,0%, що дає змогу зменшити температуру застигання оливи на 10...20°C.

Температура застигання є дуже важливим показником низько – температурних властивостей оливи, але вона менш надійна, ніж показник її в'язкості при низьких температурах. Температура, за якої рухливість оливи достатня для пуску холодного двигуна, завжди вища від температури її застигання на 10°C.

Враховуючи, що найчастіше третю поверхню працюють при граничному мащенні, коли в'язкість оливи не забезпечує мастильні властивості. Тому додатково до в'язкості введено нові поняття: крутість в'язкісно-температурної кривої, температурний коефіцієнт в'язкості (ТКВ) й ІВ оливи.

Крутість в'язкісно-температурної кривої може бути оцінена одним із трьох параметрів: відношенням кінематичних в'язкостей  $v_{50}/v_{100}$  ; ТКВ та ІВ оливи.

Відношення кінематичних в'язкостей  $v_{50}/v_{100}$  - найпростіший та надійний параметр, але застосовується він у відносно вузькому діапазоні температур прогрітої оливи і не дає змоги оцінити її в області низьких температур, які суттєво впливають на пускові характеристики двигуна. Для літніх оливи  $v_{50}/v_{100} = 6$ , а для зимових  $v_{50}/v_{100} = 4$ .

Температурний коефіцієнт в'язкості (ТКВ) застосовується для оцінки крутості в'язкісно-температурної кривої оливи в діапазоні температур 0...100° С:

$$ТКВ_{0...100} = (v_0 - v_{100}) / v_{50}$$

Для літніх оливи ТКВ = 35...40, для всесезонних = 25, для зимових ТКВ = 22.

У 1929р. в США для оцінювання схильності оливи до зміни її в'язкісних властивостей індекс в'язкості (ІВ). При зміні температури цей параметр дає можливість оцінити в'язкісно-температурні властивості оливи порівняно з двома еталонними оливами. Один із цих еталонів характеризується крутою в'язкісно температурною кривою. А інший – пологою. ІВ оливи з крутою кривою нулю, а оливи з пологою -100.

Практично ІВ оливи визначають за допомогою кінематичної в'язкості двох олив при температурі 37,80С (1000F) і при температурі 98,90С (2100F).

Частіше ІВ визначають за номограмою, знаючи кінематичну в'язкість при 50°С і 100°С. Чим плавніше змінюється крива в'язкості залежно від температури, тим краще в'язкісно-температурні властивості оливи, Оливи з ІВ=80 – 90 вважають добрими, а з ІВ=100 – відмінними. Нафтові оливи мають, як правило, невисокий ІВ. Для усунення цього недоліку використовують в'язкісні присадки.

Оливи з в'язкісними присадками дістали назву згущених. Для їх виготовлення за основу беруть оливу з в'язкістю 2...6 мм<sup>2</sup>/с, що зберігає свої властивості при температурі -30...-35 °С і вводять у неї 2...5% в'язкісної присадки. При цьому в'язкість одержаної суміші за температури 100°С збільшується до потрібного значення. Для визначення температури пуску холодного двигуна можна використати номограму залежності в'язкості від температури в логарифмічних координатах при  $v_{100} = 12000 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Згущені оливи мають малу схильність до утворення нагарів у двигунах і забезпечують найменші витрати потужності двигуна на тертя, що сприяє збереженню палива та зменшенню інтенсивності зношування його деталей.

## **6. Стабільність олив, низькотемпературні властивості, корозійні властивості.**

Термін роботи оливи в ДВЗ залежить від їх стабільності - здатність олив зберігати свої первонаочальні властивості і протистояти зовнішньому впливу при нормальних температурах. Стабільність олив залежить від багатьох факторів: температурні умови, хімічний склад олив, наявність води і механічних домішок, тиск повітря, дія продуктів окислення тощо.

При температурі 18...20°С усі первонаочальні властивості олив зберігаються протягом 5 років. З температури 50...600С швидкість окислення подвоюється на кожні 10°С.

За умовами хімічного перетворення олив у ДВЗ виділяються три температурні зони: камера згоряння; поршнева група і картер двигуна, які різняться між собою по температурі, кількості оливи і концентрації кисню. Відкладення, що утворюються у двигуні у результаті перетворення вуглеводнів, прийнято підрозділяти на нагари, лаки і осадки.

*Нагари* – тверді вуглецеві речовини, що відкладаються на стінках камери згоряння, днищі поршня свічках і на верхньому пояску бокової поверхні поршня. Нагар утворюється, коли олива попадає до камери згоряння, Частина його згоряє, а друга залишається і на днищі поршня, гарячим стінкам камери згоряння розтікається у виді густої смолистої маси.

Негативні наслідки нагару:

\*гірше охолодження камери згоряння;

\*зменшується об'єм камери згоряння, вище ступень стиску, більше потрібне ОЧ;

\*можливість розжарювального запалювання;

\*абразивне зношування поверхонь тертя циліндро- поршневої групи і других деталей двигуна;

На всіх деталях, де тонкий шар оливи нагрівається до високої температури (наприклад, у зоні поршневих кілець, на юбці та зовнішніх стінках поршня, а також на шатунах), олива окислюється з утворенням вуглецевих речовин, які відкладаються на поверхні металу у вигляді тонкого міцного шару з гладкою, блискучою поверхнею. Складається враження, що деталі покриті лаком. Ці відкладення дістали назву *лакових*.

Лакові відкладення небезпечні для двигунів. Бо сприяють заклиненню поршневих кілець. Це призводить до підвищеної витрати оливи, зниження компресії і, як наслідок, зниження потужності двигуна. При цьому кільця можуть ламатися і заклинювати двигун. На механізм шлакоутворення впливають такі властивості олив, як термоокисна стабільність і мийні властивості.

Термоокисну стабільність визначають, як стійкість оливи до окислення в тонкому шарі при підвищеній температурі методом оцінки міцності лакової плівки.

Під мийними (детергентно-диспергуючими) властивостями розуміють здатність оливи протистояти лакоутворенню на гарячих поверхнях.

Мийні властивості олив оцінюють у балах від 0 до 6 (максимальне лакове відкладення) по методу ПЗВ (Папок, Зарубіна, Вінер автори пристрою), оснований на створенні в одноциліндровому двигуні умов інтенсивного лакоутворення, і подальше порівняння з еталонною шкалою лаку на боковій поверхні поршня. Утворення лакових відкладень на поршні двигуна, працюючого на оливах з мийними присадками, зменшуються в 3-6 разів (3,0 - 4,5 до 0,5 - 1,5).

Використовують два типа мийних присадок – зольні та беззольні. Їх вводять в базові оливи у кількості 2...10%.

Диспергуючою властивістю оливи звать його здатність перешкоджати лакоутворенню на гарячих поверхнях деталей двигуна. При використанні олив з добрими миючими властивостями деталі двигуна виглядають чистими, немов би їх тільки що очистили й помили (походження терміна „мийні”).

Крім лакоподібних відкладень, двигун забруднюється мазеподібними масами, які дістали назву низькотемпературних відкладень (шлам). Спочатку в оливі утворюється емульсія, чому сприяє вода її пари. Диспергуючою властивістю оливи звать його здатність перешкоджати лакоутворенню на гарячих поверхнях деталей двигуна. При використанні олив з добрими миючими властивостями деталі двигуна виглядають чистими, немов би їх тільки що очистили й помили (походження терміна „мийні”. просочуючись із

циліндра крізь нещільність поршневих кілець, при низьких температурах конденсуються і змішуються з оливою. При цьому виникає оливна емульсія, яку стабілізують кислі продукти. До складу емульсії входять металеві частинки від зношування деталей, дрібні частинки нагару, зола, смоли, асфальтени, а також інші тверді продукти високотемпературного окислення.

Емульсія виділяється з оливи у вигляді чорного, липкого осаду. Він ущільнюється на стінках і днищі картера, фільтрах грубої і тонкої очистки оливи. Чим нижча температура оливи в працюючому двигуні, тим швидше накопичується в ньому осад, який забиває мастильну систему.

Для зменшення кількості осадів слід:

- \*підтримувати оптимальний тепловий режим роботи двигуна;
- \*використовувати оливи з доброю хімічною стабільністю і мають відповідні присадки;
- \*своєчасно міняти оливні фільтри;
- \*ретельно промивати картер та всю систему мащення перед заправкою її свіжою оливою.

*Захисні та корозійні властивості олив.*

Корозійні властивості олив залежать від наявності в них органічних кислот, пероксиду й інших продуктів окиснення, сірчаных сполук, неорганічних кислот, лугів і води. Корозійність свіжої оливи (в ньому присутні природні органічні кислоти, сірчані сполуки) порівняно з корозійністю оливи, що працювала у ДВЗ (в ньому з'являються більш сильні корозійні агенти), незначна.

Присутність у свіжих олив органічних (нафтонових) кислот оцінюється по кислотному числу. Для свіжої оливи це не більше 0,4 мг КОН на 1 г оливи.

Органічні кислоти, що утворюються при окисненні олив в процесі роботи найбільш небезпечні для шатунних та корених підшипників. Для сповільнення процесу виникнення пероксиду та кислот до оливи додають проти окисні й антикорозійні присадки. Останні мають лужні властивості, які забезпечують нейтралізацію кислих продуктів, що утворюються в оливі.

Лужне число характеризує вміст в оливі речовин, які мають лужні властивості. Воно виражається в мг КОН на 1г оливи та є показником її нейтралізуючих властивостей. Оливу, що має лужні властивості, застосовують переважно як мастильний матеріал для дизелів, які працюють на сірчаному паливі. Лужних властивостей оливою надають протиіржавні присадки, вплив яких різний. Одні утворюють на тертьових поверхнях міцну захисну плівку, інші – уповільнюють окиснення оливи.

Таким чином до товарних олив додаються присадки, про котрі уже була мова, а ще в'язкісні (загущення), депресорні (знижують температуру застигання), протизадирні, протипенні або поліфункціональні.

*Протизношувальні властивості.*

Під протизношувальними властивостями (мастильними властивостями) розуміють здатність олив утворювати на тертьових поверхнях пружну



плівку, яка перешкоджає їх безпосередньому контакту. Ця плівка складається з кількох рядів молекул, механізм утворення яких не однаковий. Загалом плівка утворюється завдяки утриманню силовим полем поверхонь, між якими виникає тертя, компонентів оливи, тобто внаслідок адсорбції плівка утворюється при суто хімічній взаємодії.

Адсорбована плівка добре утримується на деталях, які труться лише при помірних температурах і невеликому тиску, а зі збільшенням температури (більш як 150 °С) вона легко руйнується, що призводить до тертя без мастильного матеріалу. Установлено, що міцність оливної плівки залежить від полярної активності молекул оливи, тобто здатності утворювати шари орієнтованих молекул, які створюють на поверхні своєрідний ворс. При відповідному підборі ПАР, які входять до складу оливи, кількість цих шарів може сягати 1000 і більше, а їх сумарна товщина – 1,5...2 мкм, однак, коефіцієнт тертя не залежить від товщини шару. Мастильні властивості особливо проявляються при граничному терті.

Утворений граничний мастильний шар розклинює поверхні тертя, перешкоджає їх безпосередньому контакту.

На практиці найчастіше утворюються не адсорбована, а хімічна плівка на тертьових деталях. Вона утворюється при введенні в оливу присадок з органічних сполук сірки, хлору, фосфору, які в процесі тертя сприяють утворенню на поверхнях деталей тонких плівок у вигляді хімічних з'єднань: сульфідів, фосфатів і хлоридів. Вони мають нижчі, ніж у металів температури плавлення, і при високих (більше 1500С) у місцях контакту тертьових поверхонь ці сполуки плавляться і течуть, забезпечуючи поліруючу дію відносно металів.

Протизношувальні властивості оливи оцінюють іспитом її на чотирьохшариковій машині тертя.

*Мийні і диспергуючі властивості оливи.*

При зберіганні, транспортуванні, в процесі роботи в ДВЗ оливи окислюються, полімеризуються, і розкладаються. При цьому утворюються кокс, смоли, асфальтени та інші речовини.

Для оливи первинними продуктами окислення є перекисні сполуки. Схема подальшого окислення і окисної полімеризації вуглеводнів протікає по двом напрямкам: кислоти – оксикислоти – складні ефіри –кислі смоли; вуглеводні перекиси смоли – асфальтени – карбони – карбоїди.

*Радіаційна стійкість оливи*

В певних умовах оливи можуть піддаватися впливу ядерних випромінювань, при цьому ряд властивостей оливи значно змінюється. В першу чергу змінюється в'язкість масла, причому ця зміна може бути досить значною під дією різних доз опромінення; при збільшенні дози опромінення в два рази знижується температура спалаху, підвищується в 10 разів випаровуваність і в 2,5 рази кислотне число. В зв'язку з цим до масел, які в процесі роботи можуть

піддаватися радіоактивному опромінюванню повинні пред'являтися додаткові вимоги радіаційної стійкості.