

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

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Пально-мастильні матеріали»
вибіркових компонент
освітньо - професійної програми першого (бакалаврського) рівня

Аеронавігація

за темою – Оливи для авіаційних газотурбінних двигунів

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 27.11.2023 р. № 10

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Протокол від 20.11.2023 р. № 4

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 24.11.2023 р. № 10

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки, протокол від 06. 11. 2023 р. № 10

Розробник:

*1. Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної
техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач – методист Реута А. В.*

Рецензент:

- 1. Викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного
коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ,
спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, к.т.н., с.н.с. Тягній В.Г.;*
- 2. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного
університету, доктор технічних наук, професор Тамаргазін О.А.*

План лекції

1. Умови роботи олив в турбореактивному двигуні (ТРД). Сорти олив для турбореактивних двигунів (ТВД).
2. Особливості використання олив в турбогвинтових двигунах, зміна фізико-хімічних властивостей оливи при роботі його в двигуні.
3. Взаємозамінність вітчизняних та закордонних сортів авіаційних олив.

Рекомендована література:

Основна література:

1. Паливно-мастильні матеріали та інші експлуатаційні матеріали. Навчально- методичний комплекс. І.М. Бендера, В.І. Дуганець, М.І.Кизима, та ін.. /за ред.. І.М. Бендера, В.І. Дуганця. – Кам'янець – Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2016.- 420 с. Режим доступу: http://www.tsatu.edu.ua/tkm/wp-content/uploads/sites/11/144_posybnyk.pdf
2. Бойченко С. В., Іванов С. В., Бурлака В. Г. Моторні палива і масла для сучасної техніки: монографія. Київ: НАУ, 2015. 216 с. Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/38010>
3. Бойченко С. В., Спіркін В. Г. Вступ до хімотології палив та олив: навчальний посібник. Одеса: Астропринт, 2009. Ч.1. 236 с. Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39106>
4. Моторні палива: властивості та якість [текст] підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимир Лейда; за заг. ред. проф. С. Бойченка. – К. : «Центр учбової літератури», 2017. – 324 с. Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39105>

5. Допоміжна література:

1. Карпинець А. П. Лекції з курсу «Використання експлуатаційних матеріалів та економія Пально-енергетичних ресурсів» : навч. посібник. Горлівка, 2014. 107 с. Режим доступу: <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>
2. Чабанний В. Я., Магопєць 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. Режим доступу: https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy_Pal_mast_Mater_kn1.pdf
3. Чабанний В. Я., Магопєць С. О., Осипов І. М. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення : навч. посібн. Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. ч.2. 500 с. Режим

доступу:

https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabannyi/Chabannyi_Pal_mast_Mater_kn2.pdf

4. Сизова З.О. Конспект лекцій з дисципліни «Хімотологія» : навч. посібн. Харків, 2013. 83 с. Режим доступу: <https://docplayer.net/amp/111468418-Konspekt-lekciy-z-disciplini-himotologiya.html>

5. ГСТУ 320.00149943.007-97. Паливо для реактивних двигунів «РТ». [Чинний від 1997-06-15]. Держнафтогазпром України, 1997. 19 с. (Галузовий стандарт України).

6. ГСТУ 320.00149943.011-99. Паливо ТС-1 для реактивних двигунів. [Чинний від 1999-07-01]. Держнафтогазпром України, 1999. 27 с. (Галузовий стандарт України).

7. ДСТУ 4796:2007. Паливо авіаційне для газотурбінних двигунів ДЖЕТ А-1. [Чинний від 2007-10 -01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 8 с. (Національний стандарт України). Режим доступу: https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU2/dstu_4796-2007.pdf

8. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01 -01]. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 15 с. (Національний стандарт України). Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=94717

9. ДСТУ 7688:2015. Паливо дизельне євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01 -01]. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 15 с. (Національний стандарт України). Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62099

10. Інструкція про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафти і нафтопродуктів на підприємствах і в організаціях України. 2008 р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0805-08#Text>

11. Наказ від 08.12.2016 № 662 Про затвердження Інструкції з контролю якості пально-мастильних матеріалів та спеціальних рідин у державній авіації України/ Верховна Рада України. Чинний від 17.02.2017. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0060-17#Text>

Текст лекції

1. Умови роботи олив в турбореактивному двигуні (ТРД).

На сьогодні до олив і оливних систем авіаційних двигунів висуваються дуже жорсткі вимоги. Необхідно забезпечити надійну роботу за будь-яких умов польоту на всіх режимах роботи двигуна ЛА за будь-якої експлуатаційної температури повітря; достатнє охолодження оливи; пожежовибухобезпечність; відділення від оливи газів, механічних домішок і води; виключення появи в системі повітряних пробок; надійний запуск двигуна за негативних температур зовнішнього повітря; простоту в обслуговуванні.

Авіаційна техніка висуває підвищені вимоги до якості ММ. Це пов'язано з тим, що авіадвигуни та їх агрегати відрізняються від наземних силових установок підвищеними теплонапруженістю та силовими навантаженнями. Крім того, до авіаційної техніки висуваються підвищені вимоги з експлуатаційної та хімотологічної надійності. У зв'язку з цим авіаційна техніка вимагає вирішення багатьох проблем у процесах тертя й змащування, а також ММ.

У зв'язку з цим для забезпечення надійної роботи теплонапружених ГТД потрібні ефективні оливні системи, а також високоякісні оливи, що мають високі експлуатаційні властивості.

Під час роботи ГТД олива використовується не лише з метою зменшення тертя та зниження зношування поверхонь, що труться, але й для їх охолодження. Аналіз роботи ГТД, в яких застосовується так зване «змащування на викид» (відкрита оливна система), свідчить про те, що для змащування вузлів, що труться, доситьвідносно невеликої кількості оливи (3–5 %) від тертя, що подається у вузол, при традиційній циркуляційній системі змащування. Крім того, під час роботи в ГТД олива виконує низку інших функцій: виносить абразивні частки зношування поверхонь, що труться, і окиснення оливи з вузла тертя, захищає поверхні двигуна, що контактують із оливою, від атмосферної корозії.

Традиційно асортимент олив охоплює мінеральні (нафтові) і синтетичні оливи. При цьому до кінця 70-х років століття близько 75 % від загальної кількості авіаційних олив, що виробляються, становили мінеральні оливи. Розроблення та упровадження в експлуатацію нових змащувальних олив з метою розширення сировинної бази для їх виробництва й підвищення експлуатаційних властивостей здійснювалось одночасно з розвитком двигунобудування.

Залежно від способу виробництва авіаційні масла бувають дистилятні, залишкові, компаундовані і загущені (містять полімерні присадки). За призначенням авіаційні масла бувають для турбореактивних, турбогвинтових, поршневих двигунів і для вертольотів. Розрізняють мінеральне і синтетичні авіаційні масла і маслосуміші.

У поршневих двигунах застосовують високов'язкі масла, в турбореактивних – малов'язкі, а в турбогвинтових - більш в'язкі в порівнянні з турбореактивними.

Необхідно зазначити, що розділення олив за типами двигунів є умовним.

Вузли тертя авіаційних *поршневих* двигунів працюють в самих напружених умовах в порівнянні з вузлами всіх типів двигунів внутрішнього згоряння. Крім того, в авіаційних поршневих двигунах масло виконує функцію ущільнювача між камерою згоряння і картером двигуна, отже, воно стикається з зоною горіння горючої суміші. Це створює умови роботи масла в двигуні виключно важкими, тому до них висуваються жорсткі вимоги.

Для забезпечення рідинного змащення вузлів тертя двигуна в умовах високого тиску і високої температури середовища, а також для хорошого ущільнення зазорів між поршнем і циліндром авіаційне масло повинно володіти певними в'язкісно-температурними властивостями, незначною втпаровувпністю і високою термічною стабільністю.

Для змащення авіаційних поршневих двигунів застосовують масла марок МС-20 і МС-20С. Масло МС-20 селективної очистки отримують з нафти з малим вмістом сірчистих сполук Масло МС-20С фенольного селективного очищення отримують з сірчистих нафт.

Відсутність в *турбореактивних двигунах* (ТРД), важко-завантажених і працюючих при підвищених температурах, вузлів тертя, а також необхідності створення ущільнення за рахунок масла, як це потрібно в циліндрах поршневих двигунів, дає можливість використовувати для їх змащення малов'язкі масла. Однак підшипники компресора при роботі можуть нагріватися до 120-200 ° С, підшипники турбіни - до 250-300 ° С, а після зупинки двигуна через припинення циркуляції масла і зовнішнього обдування корпусу підшипників - значно вище. Це сприяє випаровуванню і окисленню масла і створює умови для осадко- і лакоутворення. Тому масла для ТРД повинні мати низьку випаровуваність, а також високу термоокиснювальну і термічну стабільність.

Широкий діапазон температурних умов застосування масел вимагає їх стабільної в'язкісно-температурної характеристики і низьку температуру застигання.

Для змащення ТРД застосовують малов'язкі дистиляти нафтові і синтетичні масла МК-8, МД-8П, МС-8П, ІПМ-10, ВНИИНП-50-1-4ф.

Турбогвинтовий двигун (ТГД) має редуктор, що знижує частоту обертання при передачі потужності від валу турбіни на повітряний гвинт в 10-15 разів. Турбокомпресорний агрегат і редуктор мають загальну систему змащення, тому масло має забезпечувати швидкий і легкий запуск двигуна і одночасно надійне змащення шестерень редуктора. У ТГД малов'язкі нафтові масла не можуть бути використані через їх недостатню здатності, що змазує. Застосовувані для змащення поршневих двигунів високов'язкі масла МС-20 і МС-20С, відомі високими змащувальні властивості, не можуть відповідати вимогам ТГД за своїми пусковим і низькотемпературним властивостям. В силу цих причин для ТГД застосовуються суміші малов'язких дистилятів і високов'язких залишкових масел, наприклад маслосуміш СМ-4,5.

Масла, отримані з нафти, в повному обсязі відповідають вимогам сучасної авіаційної техніки по термоокиснювальній стабільності, працездатності при низьких температурах і по іншим експлуатаційним властивостям. Тому останнім часом все більш широке застосування знаходять масла, одержувані синтетично.

Масла, отримані на основі складних ефірів, карбонових кислот і спиртів або діефір спиртів і двоосновних карбонових кислот. До чистих діефірним масел відноситься масло Б-3В. До масел, в яких одним з компонентів є складні ефіри, відноситься, наприклад, масло ВНИИНП-50-1-4ф.

Полісилоксанові мастильні матеріали мають температуру застигання -65°C і нижче, високі в'язкісно-температурні властивості, малу випаровуваність і високу термоокислювальну стабільність. Вони широко застосовуються в якості приладових масел, гідравлічних і амортизаційних рідин, наприклад, такі як 132-08, ОКБ-122-7.

Фторовуглеродні мастильні матеріали стійкі до впливу високих температур, окислювачів, лугів та інших активних речовин. Вони застосовуються для змащення деталей, що працюють при високих температурах або в контакт з агресивними середовищами, наприклад мастило ВНИИНП-282.

Олії для двигунів і трансмісій вертольотів

Силові установки вертольотів, як правило, мають дві автономні системи змащення двигуна і редукторів.

Система змащення двигунів вертольотів практично не відрізняється від системи змащення двигунів літаків. На вертольотах з поршневими двигунами для їх змащення використовуються масла МС-20 і МС-20С, а на вертольотах з ГТД використовуються мінеральні масла МК-8, МС-8 і синтетичне масло Б-ЗВ.

На вертольоті потужність двигуна передається несучому і рульовому гвинту за допомогою трансмісії, що складається з муфти, валів і редукторів. Умови роботи масла в трансмісії більш напружені, ніж в двигунах. Наприклад, при передачі великих потужностей в редукторі вертольота, на зубах шестерень виникає надвисокий тиск при досить великій швидкості ковзання, а також значні температури. Зазначеним впливам піддається плівка масла, що знаходиться між зубами шестерень в момент їх контакту. Ці масла повинні мати високі протизносні і протизадирні властивості, а також виконувати ряд інших функцій - зменшувати втрати на тертя, забезпечуючи високий КПД, відводити тепло від зони контакту тертьових деталей, оберігати від корозії, не вспенюватися і мати достатню стабільність.

Для змащення різних вузлів і агрегатів трансмісій вертольотів застосовують масло ВНИИНП-25 шарнірне, а також масло-суміші СМ-8, СМ-9 і СМ-11,5, СМ-4,5. Масло ВНИИНП-25 шарнірне є низькозастигаючою основою з балаханської масляної нафти, загущену високов'язкого компонентом з антиокисною і протизношувальною присадками. В'язкість його при 100 ° С становить не менше 9,8 мм²/с (сСт), температура застигання - не вище -54 ° С.

Практично у всіх ГТД може бути використана одна марка оливи, що має високі експлуатаційні властивості. Часто вирішальну роль із визначення можливості використання тієї або іншої оливи відіграють умови експлуатації, зокрема, умови запуску двигуна в зимовий час за низьких температур довколишнього повітря.

Мінеральні оливи. У перших ТРД застосовувалися малов'язкі мінеральні оливи, що були на той час, призначені для інших видів техніки, – типу трансформаторної або веретенної оливи. Ці оливи мали невисокі експлуатаційні властивості для використання на авіаційних двигунах. На початку 50-х років була розроблена, випробована й допущена до використання мінеральна олива марки «МК-8» (ГОСТ 6457), що вироблялася з малосірчистої безпарафінної нафти. Олива марки «МК-8» термостабільна до 120 °С, і протягом багатьох років застосовувалося у виробках авіаційної техніки. На основі суміші ефірів діетиленгліколю і пентаеритриту та суміші синтетичних жирних кислот (ССЖК) фракції С₅–С₉ була розроблена олива 36/1, що містила як антиокиснювальну присадку 0,5 % параоксидифеніламіну. Пізніше на основі цієї оливи створили низку оливи – «36/1К»,

«36/1Ку» і «36/1Ку-А». У складі вказаних олив містилася активна протизадирна присадка 2-меркапто-бензтіазол («каптакс»), введена для поліпшення змащувальної здатності оливи «36/1». Недоліком цих олив була висока корозійна агресивність стосовно кольорових металів і магнієвих сплавів. Наявність у складі олив «36/1К», «36/1Ку», «36/1Ку-А» присадки «каптакс» обумовлювало потенційну можливість утворення осаду в оливосистемі двигунів внаслідок окиснення присадки киснем повітря за підвищених температур. Продукт окиснення дитіобіс-бензтіазол («альтакс»), що утворюється при цьому, має значно гіршу розчинність в основі оливи, особливо за низьких температур, і за певних умов може випадати в осад.

На основі складних ефірів діізookтилового спирту та себацинової кислоти в 60-х роках була розроблена й допущена до використання олива «ВНИИ НП 50-1-4ф» (ГОСТ 13076), що має гарні низькотемпературні властивості й термостабільність до 175–180 °С. У кінці 70-х років термоокиснювальна стабільність оливи «ВНИИ НП 50-1-4ф» була покращена через додаткове введення до складу оливи нової антиокиснювальної присадки, а додавання до складу оливи антикорозійної присадки сприяло зниженню корозійної агресивності оливи. Оновленій покращеній композиції була привласнена марка «ВНИИ НП 50-1-4 у». Наприкінці 60-х років була розроблена й випробувана з позитивними результатами, що не мала на той час зарубіжних аналогів, синтетична вуглеводнева олива «ИПМ-10» (ТУ 38.1011299), що успішно застосовувалося як робоча олива в теплонапружених ТРД і на допоміжних агрегатах ЛА. Олива марки «ИПМ-10» вироблялася на основі ізопарафінових вуглеводнів. Олива марки «ИПМ-10» – суміш продукту гідрокрегіну й гідроізомеризації парафіну зі складним ефіром себацинової кислоти та діізookтилового спирту з додаванням комплексу функціональних присадок. У 1993 р. виробництво оливи «ИПМ-10» було припинене через відсутність сировини необхідної якості. З 1999 р. олива «ИПМ-10» виробляється на основі ізопарафінових вуглеводнів, але отриманих за допомогою інших технологічних процесів – олігомеризацією альфаолефінів.

Для роботи на авіаційних ТРД високої теплової напруженості була розроблена олива «ВТ-301» на основі фторорганосилоксанів. Олива «ВТ-301» має високу термоокиснювальну стабільність (ТОС) (до 250–280 °С), унікальні низькотемпературні властивості, неагресивна до більшості авіаційних конструкційних матеріалів.

До недоліків оливи «ВТ-301» можна віднести порівняно невисокі протизношувальні властивості, складність технології виготовлення і, як наслідок цього, високу вартість.

2. Особливості використання олив в турбогвинтових двигунах, зміна фізико-хімічних властивостей оливи при роботі його в двигуні.

Оливи для турбогвинтових двигунів. Велика потужність авіаційних редукторів, що передається, у поєднанні з їх невеликими масою й габаритами призводить до посилення умов роботи пар тертя, зростання теплової та динамічної напруженості деталей й вузлів двигуна. Шестерні редукторів, як зазначалося вище, працюють за умов високих контактних навантажень. Міцність оливних плівок малов'язких авіаційних олив, придатних для змащування опор ТРД за даних умов виявляється недостатньою. Для забезпечення надійного змащування шестерень редуктора ТВД потрібні оливи з більшою в'язкістю і вищою змащувальною здатністю.

Протиріччя у вимогах до якості олив, що повинні поєднувати високу змащувальну здатність із гарними ВТХ для забезпечення надійного запуску двигуна за низьких температур, призвели до необхідності використання як змащування для ТВД (на стадії їх створення та доведення), що мають загальну оливосистему з редуктором гвинта, суміші з малов'язких мінеральних олив (типу «МК-8») з високов'язкими залишковими оливами «МС-20» (або «МК-22»). Причому співвідношення вказаних олив у сумішах було різним для різних типів ТВД.

Суміші олив довгі роки застосовувалися під час експлуатації ТВД. При цьому замість оливи «МК-8» використовувалися інші малов'язкі оливи: «МС-8», «МК-6», «МС-6», трансформаторна «ТК». Потрібно зазначити, що оливні суміші в цілому мають невисокі експлуатаційні властивості. Вони не забезпечують запуску виробів у зимовий час без підігрівання, готуються на місці без достатнього контролю якості, ТОС їх недостатня. Під час експлуатації двигунів типу «АИ-20» на оливній суміші «СМ-4,5» наголошувалося про утворення значної кількості відкладень продуктів окиснення в оливосистемі, під час напружування двигунів більше 2000 год часто відбувалося коксування отворів кілець форсунок опори турбіни, що призводило до дострокового зняття двигунів.

Використання у складі оливосумішей мінеральної оливи «МС-8П», що містить достатню кількість інгібіторів окиснення і що має кращі в'язкісно-температурні властивості порівняно з оливою «МК-8», поліпшило

властивості оливосуміші, особливо суміші марки «СМ-4,5». Підвищилася ТОС даної суміші, покращалися низькотемпературні властивості.

З метою створення єдиної оливи замість застосовуваних оливних сумішей у середині 60-х років були розроблені загущені оливи: мінеральна олива «МН-7,5», що містить комплекс різних присадок (загущувальні, антиокиснювальні, протизадирні, протизношувальні тощо), і синтетична олива «ВНИИНП-7» на основі загущеного октолом ефіру діізookтилового спирту та себацінової кислоти. Як основа оливи «МН-7,5» використовувалася олива марки «МС-6». В'язкість олив «МН-7,5» і «ВНИИНП-7» за 100 °С становила 7,5 мм²/с. За даними лабораторних досліджень, оливи «МН-7,5» і «ВНИИНП-7» істотно перевершували застосовувані оливосуміші за основними фізико-хімічними та експлуатаційними показниками (ТОС, змащувальні здатності, низькотемпературні властивості). Офіційні стендові й експлуатаційні випробування цих олив пройшли з позитивними результатами, і вони були допущені до використання. Проте під час випробувань олива «МН-7,5» в експлуатуючих підрозділах ЦА відзначалося значне зростання в'язкості оливи, особливо в двигунах «АИ-24». Перевірка працездатності оливи в південних районах виявила ще один істотний недолік оливи «МН-7,5» – поява смолоподібних часток на фільтрах лінії відкачування оливи з опор турбіни й лобового картера двигуна «АИ-20» внаслідок коксування оливи та недостатньої адгезії продуктів окиснення до металевої поверхні. Причинами таких дефектів були визнані недостатня ТОС оливи й висока випаровуваність її основи.

У 1973 р. розпочалися роботи зі створення покращеної оливи, що має порівняно з «МН-7,5» вищу ТОС та меншу випаровуваність. У 1975 р. така олива була розроблена й отримала назву «МН-7,5У». Під час експлуатаційних випробувань і подальшої експлуатації двигунів із використанням оливи «МН-7,5У» відзначалося істотне зниження в'язкості оливи під час робіт на двигунах «НК-12МВ» (до 6,4 мм²/с) внаслідок механічної деструкції загущувальних полімерних присадок. Під час експлуатації двигунів «АИ-24» було зазначене істотне зростання в'язкості оливи, що призводить до погіршення її низькотемпературних властивостей.

3. Сорти олив для турбореактивних двигунів (ТВД).

Силові установки гелікоптерів мають зазвичай дві роздільні оливосистеми: турбокомпресорної частини й редуктора. Для змащування

турбокомпресорної частини можуть застосовуватися ті самі марки олив, що і для ТРД. При цьому справедливі всі тенденції створення і розвитку сучасних турбореактивних двигунів: зростання теплонапруженості ГТД, підвищення температури деталей двигуна і робочих температур оливи, що контактують з оливою, необхідність використання більш термостабільних олив.

Вимоги до олив для редукторів гелікоптерів приблизно ті самі, що і до олив для ТВД. Для забезпечення нормальної роботи редукторів гелікоптерів потрібні оливи з більшою в'язкістю, що мають високу змащувальну здатність. Наявність двох роздільних оливосистем зумовило й два різні підходи до забезпечення змащування силових установок гелікоптерів: вживання різних марок олив для змащування турбокомпресорної частини й для змащування редуктора, і використання єдиної марки оливи. Останнє, звичайно, перспективніше, оскільки значно полегшує обслуговування гелікоптерів.

Двигун «Д-25В» гелікоптерів «Ми-6» і «Ми-10», наприклад, змащується малов'язкими оливами марок «МС-8П» і «МК-8П».

У редукторах Р-7 цих гелікоптерів у літній час застосовується оливна суміш «СМ-11,5», а в зимових умовах – «СМ-8» (суміш рівних кількостей малов'язких олив і високов'язкої оливи «МС-20»). Під час використання вказаних сумішей у редукторах гелікоптерів характерними є ті самі недоліки, що й під час використання оливних сумішей у ТВД.

У силових установках гелікоптерів «Ми-2» і «Ми-8» для змащування двигуна протягом багатьох років застосовується синтетична олива марки «Б-3В» (ТУ 38.101295), створена на основі складних ефірів пентаерітриту та ССЖК фракції С5–С9. Олива марки «Б-3В» містить у своєму складі антиокиснювальну (параоксиди-феніламін) і протизадирну (2-меркаптобензтріазол) присадки, має високу змащувальну здатність. Серйозним недоліком оливи «Б-3В» є схильність до утворення осадів (подібно до олив «36/1К», «36/1Ку» і «36/1Ку-А») внаслідок окиснення протизадірної присадки, особливо в зимовий час. Ця олива термостабільна до 200 °С, проте висока корозійна агресивність її до деяких конструкційних матеріалів (мідні та магнієві сплави тощо) за підвищених температур обмежують температурні межі її використання.

Роботи з усунення зазначених недоліків оливи «Б-3В» призвели до створення нової синтетичної оливи «ЛЗ-240» (ТУ 301-04-010-92) на тій самій основі. Олива «ЛЗ-240» перевершує оливу «Б-3В» за ТОС, має меншу корозійну агресивність і не містить у своєму складі присадки «каптакс». За останніми показниками олива «ЛЗ-240» і «Б-3В» близькі. На підставі позитивних результатів випробувань на стендових умовах і під час

використання олива «ЛЗ-240» допущена до використання у виробках авіаційної техніки поряд з оливою «Б-3В». У двигуні «Д-136» гелікоптера «Ми-26» застосовуються оливи «ИПМ-10» та «ВНИИНП 50-1-4ф(у)», а в редукторі – олива «Б-3В» («ЛЗ-240»).

Великий асортимент олив для авіаційних ГТД створював серйозні труднощі під час експлуатації авіатехніки. У зв'язку з цим виникла необхідність скорочення асортименту авіаційних олив. На початку 80-х років у розроблених і модернізованих авіаційних ГТД було рекомендовано застосовувати лише високоякісні синтетичні оливи. Основні марки олив призначені для постійної експлуатації двигунів і повинні забезпечувати їх роботу в повній відповідності з вимогами, що висуваються до них. Дублюючі марки олив призначені для експлуатації двигунів за відсутності основних марок олив і повинні забезпечувати досягнення найбільш важливих із заданих тактико-технічних характеристик двигунів у конкретних умовах експлуатації.

Нижче за деякими оливами подана додаткова інформація.

Олива марки «МС-8П» – мінеральна олива селективного очищення, що виробляється із західно-сибірської, а також суміші західно-сибірської та приуральської нафти. Містить комплекс присадок різного функціонального призначення (антиокиснювальні, протизношувальні, антикорозійні). Призначена для використання на авіаційних ТРД із температурою оливи на виході з двигуна до 150 °С. Широко застосовується на ТРД старих серій ЦА і військової авіації, а також у складі оливних сумішей «СМ-4,5» і «СМ-11,5» (з оливою марки «МС-20») в ТВД типу «АИ-20», «АИ-24», «НК-12МВ» (МА). Олива марки «МС-8П» є основною маркою оливи для консервації паливних систем ГТД із терміном зберігання до 10 років.

Олива марки «МС-8РК» – олива робочої консервації, що виготовляється на базі оливи «МС-8П» із додаванням інгібітору корозії, додаткової кількості антиокиснювальних і антикорозійних присадок (порівняно з «МС-8П»). За фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями аналогічна оливі «МС-8П», але перевершує її за характеристиками консервації. Призначення – аналогічне оливі «МС-8П».

Олива марки «МН-7,5У» – мінеральна загущена олива, що виробляється на основі оливи «МС-8А» (адсорбційного доочищення). Містить (окрім загущувальної) антиокиснювальну, протизадирну, протиспрацьовувальну й антикорозійну присадки. Є уніфікованою оливою для всіх типів ТВД старих випусків із температурою оливи на виході з двигуна до 150 °С.

Олива марки «ИПМ-10» – синтетична вуглеводнева олива з комплексом різних присадок. Призначена для використання в ТРД із температурою оливи на виході з двигуна до 200 °С. Олива «ИПМ-10» із середини 70-х років було основною, найбільш використовуваною, маркою оливи в теплонапружених двигунах військової та цивільної авіації, а також для

змащування турбокомпресорної частини двигунів деяких гелікоптерів. Має малу корозійну агресивність стосовно конструкційних авіаційних матеріалів. Певним недоліком оливи «ИПМ-10» є чутливість оливи до перегрівання в гарячих зонах двигунів, що викликає утворення підвищеної кількості відкладень у оливосистемах виробів. Допущена для консервації паливних систем ГТД із терміном зберігання до 10 років.

Олива марки «ВНИИ НП 50-1-4у» синтетична олива на основі складного ефіру ди-2-етилгексилсебацинату (діоктилсебцинату). Містить комплекс різних присадок (антиокиснювальні, протизношувальні, антикорозійні). Олива працездатна до 200 °С, допускається короткочасне нагрівання до 225 °С. Має гарні низькотемпературні властивості. Призначена для використання в теплонапружених ТРД. Поширенню оливи «ВНИИ НП 50-1-4у» перешкоджає дефіцит вихідної сировини – себацінової кислоти, що виробляється з рослинної сировини.

Олива марки «ЛЗ-240» – синтетична олива на основі складних ефірів пентаеритриту та ССЖК фракції С5–С9. Містить комплекс різних присадок (антиокиснювальну, протизадирну, протизношувальну, антикорозійну). Працездатна до 200 °С. Рекомендована для використання в ГТД і редукторах гелікоптерів, теплонапружених ТВД.

Олива марки «Б-3В» – синтетична олива на тій самій основі, що і «ЛЗ-240». Містить антиокиснювальну та ефективну протизадирну присадку 2-меркаптобензтіазол («каптакс»). Має високі змащувальні властивості, але агресивна до низки конструкційних матеріалів (сплави магнію, мідь). Рекомендована для використання на тих самих výroбах авіаційної техніки, що і олива «ЛЗ-240», за температури не вище 175 °С. Серйозним недоліком оливи «Б-3В» є схильність до утворення осадів в результаті окиснення присадки «каптакс».

Олива марки «ВТ-301» – синтетична олива на основі фторорганосилоксанів. Термостабільна до 250 °С. (короткочасно до 280 °С). Олива «ВТ-301», на жаль, не може бути масовою внаслідок дефіциту сировини, складності технології виготовлення, високої вартості. Вона використовується лише на невеликих теплонапружених авіаційних výroбах, де потрібні висока термоокиснювальна стабільність і гарні низькотемпературні властивості оливи, а її ціна не є перешкодою для використання. Необхідно відзначити, що в кінці 70-х років на основі ефірів пентаеритриту та ССЖК було розроблено термостабільна олива «ПТС-225» із використанням складного комплексу різних присадок. Під час розроблення цієї оливи була змінена і технологія отримання базової основи оливи (порівняно з

технологією отримання основи олив «Б-3В» і «ЛЗ-240»): використаний новий каталізатор процесу естерифікації, спеціально виділена фракція ССЖК, способи очищення ефіру і тому подібне. Олива марки «ПТС-225» має високі експлуатаційні властивості, тривала працездатність за температур до 225 °С, пройшла з позитивними результатами тривалі стендові випробування на деяких теплонапружених ТРД у стендових умовах. Допущена в кінці 80-х років для відпрацювання перспективних теплонапружених авіаційних ГТД. На жаль, промислове виробництво оливи «ПТС-225» до теперішнього часу не організоване. Із впровадженням масового виробництва оливи марки «ПТС-225» могло б стати уніфікованим для більшості теплонапружених ТРД, ТВД, ТВВД, ГТД і редукторів гелікоптерів.

3.Взаємозамінність вітчизняних та закордонних сортів авіаційних олив.

Розвиток економічних зв'язків із зарубіжними країнами, зокрема, істотне зростання мережі міжнародних авіаліній ставить перед хімотологами нові проблеми із забезпечення високої експлуатаційної надійності вітчизняної авіаційної техніки, пов'язані з необхідністю використання на ній ПММ, що виробляються різними зарубіжними фірмами.

Для ухвалення рішення про допуск до застосування на вітчизняному виробі авіатехніки тієї чи іншої марки зарубіжної оливи необхідно встановити її еквівалентність відповідній марці вітчизняної оливи, тобто визначити взаємозамінюваність традиційних і зарубіжних олив.

Внаслідок високої теплонапруженості, великого ресурсу сучасних авіаційних ГТД, а також низки особливостей зарубіжних ПММ, що виробляються з іншої сировини, за іншою технологією та із застосуванням інших присадок, порівняно з вітчизняними, використання зарубіжних олив на вітчизняних авіадвигунах недопустиме без всебічного дослідження їх фізико-хімічних і експлуатаційних характеристик у лабораторних умовах, а в деяких випадках, без проведення спеціальних стендових або експлуатаційних випробувань.

Складність вирішення вказаної проблеми очевидна. Вона обумовлена великою номенклатурою ММ, що продукуються та використовуються за кордоном і в нашій країні.

Зарубіжні оливи допускаються до використання лише за умови включення їх розробником і виробником авіатехніки в технічну документацію з експлуатації та обслуговування виробу.

Підставою для внесення до такої документації тих чи інших марок зарубіжних олив є «Перелік зарубіжних паливно-мастильних матеріалів, рекомендованих до застосування на авіатехніці вітчизняного виробництва», що включає марки традиційних ПММ та відповідні їм марки товарних зарубіжних продуктів. При цьому еквівалентність вітчизняних і зарубіжних марок олив встановлюється на підставі таких документів:

- специфікацій, сертифікатів і іншої технічної документації на зарубіжні оливи;
- результатів лабораторних випробувань зразків товарних зарубіжних олив в обсязі показників НД на відповідну вітчизняну оливу та в обсязі комплексу методів кваліфікаційної оцінки (КМКО) (за умов, що відповідають виконанню випробувань вітчизняної оливи);
- результатів стендових випробувань виробів вітчизняної авіатехніки на зарубіжній оливі;
- узагальнення та аналізу досвіду використання зарубіжної оливи на конкретних výroбах вітчизняної авіаційної техніки.