

**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 № 11 – Загальна характеристика авіаційних олив

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. Основні відомості про виробництво авіаційних олив.
2. Класифікація авіаційних олив та основні вимоги роботи в двигунах.
3. Основні вимоги до якості авіаційних олив.
4. Взаємозамінюваність олив.

Рекомендована література:

Основна

1. 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).
2. Бойченко С. В. Моторні палива: властивості та якість: підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 324 с. URL:<https://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka> (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.

Додаткова

5. 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 (дата звернення: 25.07.2023).
6. 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/chabanniy/Chabanniy_Pal_mast_Mater_kn1.pdf (дата звернення: 25.07.2023).
7. Чабанний В. Я., Магопець 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. URL : https://library.kr.ua/wp-content/elib/chabanniy/Chabanniy_Pal_mast_Mater_kn1.pdf (дата звернення: 13.07.2023).

Текст лекції

1. Основні відомості про виробництво авіаційних олив.

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, досить відносно 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.

2. Класифікація авіаційних олив та основні вимоги роботи в двигунах

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

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.

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 випаровувальністю і високою термічною стабільністю. Такі оливи повинні мати високу змащувальну здатність, не бути агресивними до металів, сплавів та інших конструкційних матеріалів та мати достатню стабільність до окиснення за високих температур в умовах зберігання.

Для змащення авіаційних поршневих двигунів застосовують масла марок МС-14, МС-20 і МС-20С.

Олива МС-14– олива селективного очищення. Застосовують в осьових шарнірах втулок гвинтів гвинтокрилів та як базову для деяких моторних олив та пластичних мастил.

Масло МС-20 селективної очистки отримують з нафт з малим вмістом сірчистих сполук Масло МС-20С фенольного селективного очищення отримують з сірчистих нафт. Застосовують у поршневих двигунах літаків; в осьових шарнірах втулок гвинтів гвинтокрилів; для змащення мотокомпресорів газоперекачувальних агрегатів, а також як базовий компонент для деяких моторних олив та пластичних мастил.

Моторні оливи для *турбореактивних двигунах* (ТРД), У зв'язку з конструкційними особливостями газотурбінних двигунів (ГТД) умови експлуатації моторних олив в них значно відрізняються від умов функціонування олив в поршневих двигунах. На відміну від поршневих двигунів олива в ГТД ізольована від камери згоряння (зони горіння палива): крім того, у найвідповідальніших вузлах тертя реалізується в основному тертя кочення, а не ковзання, як в поршневих двигунах (коефіцієнт тертя кочення на порядок нижчий коефіцієнта тертя ковзання). Вал турбокомпресора в ГТД добре збалансований та при великій частоті

обертання та великих осьових і радіальних навантажень експлуатується без різких змін і навантажень.

Сучасні газотурбінні двигуни характеризуються жорсткими умовами роботи: високі температури — до 300 °С і вище, високі частоти обертання турбін — 12000–20000 хв⁻¹. Напруженість роботи оливи в таких умовах експлуатації ГТД визначається кількістю тепла, яке необхідно відвести від поверхонь тертя деталей, і за інших однакових умов характеризується швидкістю прокачування оливи через двигун.

Температура оливи на вході в ГТД коливається від 20 до 50 °С, а на виході залежить від теплової напруженості двигуна. У двигунах літаків, які літають з надзвуковою швидкістю, вона не перевищує 125 °С, а за швидкості польоту з числом $M \approx 2$ вона досягає 200 °С. 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.

Підведення оливи до вузла тертя в ГТД виконується не лише для змащення поверхонь тертя, але й для відведення тепла від вузлів тертя. Для запобігання перегріву вузлів тертя олива безперервно підводиться до таких елементів двигуна: підшипників, зубчастих коліс, контактних ущільнювачів та шліцьових з'єднань. Найвищий рівень виділення тепла — у радіально-упорних кулькопідшипниках роторів ГТД, що сприймають осьове навантаження, через це до них підводять оливи більше, ніж до інших елементів.

Оливи до реактивних двигунів літальних апаратів ретельно перевіряють. Оцінюючи якість оливи, враховують можливі умови експлуатації та напруженість роботи її в двигуні. Вимоги до моторних оливи до турбореактивних двигунів:

- надійне змащення всіх вузлів та агрегатів двигуна з мінімальним зношенням у межах робочих температур мінус 50–200 °С;
- полого в'язкісно-температурна крива та задовільна прокачуваність за низьких температур (пускові властивості оливи мають забезпечувати надійний запуск двигуна без підігріву до температури мінус 50 °С);
- однорідний та стабільний фракційний склад, що зумовлює мінімальну випарність фракцій та зберігає в'язкісні характеристики оливи впродовж усього часу роботи двигуна (доцільно використовувати оливи вузького фракційного складу);
- високі антиокиснювальні властивості та мінімальне окиснення в двигуні за робочих температур 150–200 °С і вище;
- мінімальна спінюваність, висока температура самозаймання;
- неагресивність до металів, сплавів, гумових виробів, клеїв та інших матеріалів

Олива МС-8п (ОСТ 38 101163) — найбільш вживана олива з комплексом високоефективних присадок. Призначена для ГТД дозвукових та надзвукових літаків, у яких температура оливи на виході з двигуна не більша як 150 °С. Використовують у складі оливних сумішей з оливою МС-20 у турбогвинтових двигунах, а також для консервації оливосистем авіаційних двигунів. Застосовують у корабельних газотурбінних установках та газоперекачувальних агрегатах.

Оливу розроблено для заміни олив МК-8 і МК-8п, вона має значно якісніші експлуатаційні показники, зокрема в'язкість за низьких температур, термоокиснювальну стабільність, ресурс експлуатації.

Олива МС-8рк (ТУ 38.1011181) –робоча консерваційна олива на базі оливи МС-8п з додаванням інгібітора корозії. Призначена для консервації та змащення авіаційних двигунів.

Оливи МК-8, МК-8п (ГОСТ 6457) застосовують аналогічно до олив МС-8п та МС-8рк.

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. 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. У ТГД малов'язкі нафтові масла не можуть бути використані через їх недостатню змащуючу здатність. 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. 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, наприклад маслосуміш СМ-4,5.

Масла, отримані з нафти, не 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-ЗВ. 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 контакті з агресивними середовищами, наприклад мастило ВНИИНП-282.

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 недостатні. 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 напруження 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 діізооктилового спирту та себадинової кислоти. Як основа оливи «МН-7,5» використовувалася олива марки «МС-6». В'язкість олив «МН-7,5» і «ВНИИНП-7» за 100°C становила $7,5\text{ мм}^2/\text{с}$. 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.

Оливи для газотурбінних двигунів і редукторів гелікоптерів

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), створенв 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 виробх 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.

Мінеральні оливи. У перших ТРД застосовувалися малов'язкі мінеральні оливи, що були на той час, призначені для інших видів техніки, – типу трансформаторної або веретенної олив. 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 виробх авіаційної техніки. На основі суміші ефірів діетиленгліколю і пентаерітриту та суміші синтетичних жирних кислот (ССЖК) фракції С₅–С₉ була розроблена олива 36/1, що містила як антиокиснювальну присадку 0,5 % параоксиди-

феніламіну. Пізніше на основі цієї оливи створили низку олив – «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 діізооктилового спирту та себацінової 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. Оновлений покращений 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 себацінової кислоти та діізооктилового 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.

3. Основні вимоги до якості авіаційних олив.

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-етилгексилсебацінату (діоктилсебацінату). 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 виробках 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 виробках, 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 етерифікації, 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.

4. Взаємозамінюваність 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 виробках вітчизняної авіаційної техніки.