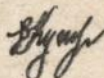


Київський міжнародний університет цивільної авіації

На правах рукопису



Кузнецова Олена Яківна

Оптимізація керування режимами абсорбання палив для реактивних
двигунів під час експлуатації авіаційної техніки

Спеціальність 05.22.14
"Експлуатація повітряного транспорту"

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Київ 1997



00750996 (-)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Київському міжн

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор Соловйов Андрій
Миколайович

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор Комаров Андрій
Олександрович

Офіційні опоненти: член-кореспондент НАН України, доктор технічних
наук, професор О.Ф.Аксенов,
мандатар технічних наук, старший науковий співробітник
Є.О.Сікорський

Провідна організація: Український науково-дослідний
інститут нафтопереробки „НАСМА”

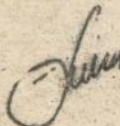
Захист відбудеться " 25 " вересня 1997 року о 15 годині на засіданні
спеціалізованої вченої Ради Д 01.35.04 при Київському міжнародному
університеті цивільної авіації за адресою:

252058, Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1, корп.1, конференц-
зал.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці КМУЦА

Автореферат розісланий " 20 " серпня 1997 року

Вчений секретар спеціалізованої вченої Ради
доктор технічних наук

 М.С.Кулик

Загальна характеристика роботи

В дисертації викладені результати досліджень можливості створення метода визначення вмісту смолистих речовин в авіаційних паливах за величиною їхньої магнітооптичної активності.

Досліджено умови опромінення палива ультрафіолетовим та видимим випромінюванням і можливості оцінки здатності палива до смолоутворення під дією цих випромінювань. Розроблено і створено пристрій для визначення вмісту смолистих речовин в реактивних паливах, визначення їхнього кількісного значення з подальшим визначенням режимів контролю під час зберігання.

Актуальність роботи

Ефективність використанія повітряного транспорту і безпека польотів на багато залежить від якості реактивного палива, яким заправляються повітряні судна. Одним з показників якості палива є показник "вміст фактичних смол". Цей показник входить у перелік показників повного аналізу як у нашій країні, так і за кордоном.

Відомо, що під час зберігання реактивного палива відбуваються зміни у його хімічному складі, внаслідок чого погіршуються його експлуатаційні властивості. Показник "вміст фактичних смол" характеризує ступінь погіршення якості і надійність зберігання реактивного палива. Смолисті речовини, які знаходяться у паливі, погіршують термоокислювальну стабільність палив, сприяють істотному засмічуванню фільтрів паливної системи повітряного судна і можуть викликати припинення подачі палива у двигуни. Смолисті речовини можна відокремити від вуглеводнів палива за допомогою адсорбції або випаровуванням. Смоли, які відділено від палива за допомогою адсорбентів, називають *адсорбційними*. Їхній вміст у реактивних паливі не нормується стандартами. Смоли, які відділено від палива випаровуванням під дією високої температури певної кількості палива під струменем повітря або водяної пари, кількіс в яких визначається методами виваження, називають *фактичними*. Ця назва умовна, тому що характеризує суму смол і осадів, які знаходяться на початку у паливі та утворюються в ньому під час аналізу. Проте, стандартами нормується саме вміст фактичних смол в реактивних паливах. Для палива ТС-1 це значення становить не більше 5 мг/100 см³, для палива РТ- не більше 4 мг/100 см³, для палива Jet A за специфікацією D 1655-81- не більше 7 мг/100 см³. В даний час в нашій країні вміст фактичних смол визначається за ГОСТ 8480-85 і за ГОСТ 1567-87 та за кордоном за методом ASTM D 381-80. Ці методи мають кілька недоліків. Похибка вимірювань досягає величини самого показника. При цьому відхилення кожного вимірюного значення з двох паралельних визначень від середнього значення досягає 50%, необхідний досить великий термін часу для одного визначення кількості смол: він складає 2 години 40 хвилини, також низький рівень технологічності існуючих методів та техніки безпеки.

Ці обставини викликають необхідність створення точного автоматичного експрес-м оду для визначення вмісту смолистих речовин у реактивному паливі. Такий метод дав би змогу використовувати електронно-обчислювальні машини (ЕОМ) для обробки результатів аналізів та прийняття рішення про

надходження палива до заправки у повітряне судно і керування самим процесом заправки палива.

Ступінь дослідженості тематики дисертації

Магнітооптична активність або ефект Фарадея добре вивчено для твердих прозорих і рідких речовин. В органічній хімії цей ефект використовується для визначення концентрації розчиненої речовини в двокомпонентних сумішах. Наскільки автору відомо з досяжних джерел, для реактивних палив і його компонентів цей ефект не вивчався. Не досліджувалась залежність магнітооптичної активності палив від вмісту в них смолистих речовин. Таким чином вказана задача представляється актуальною.

Декларація особистого внеску

Метод запропонований в роботі, експериментальна установка, результати експериментальних досліджень отримані автором особисто.

Ціль роботи і задачі досліджень

Ціль роботи: виконати науково-технічне обґрунтування можливості створення прилада для визначення вмісту смолистих речовин в реактивному паливі і оцінки здатності палива до смолоутворення залежно від величини його магнітооптичної активності.

Для досягнення вказаної цілі в роботі вирішувались такі задачі:

1. Виконати аналіз несправностей і відмов паливної системи і паливно-регулюючої апаратури двигунів, які зумовлені зміною показників якості палива під час зберігання.
2. Оцінити склад і властивості смолистих речовин і фактори, які впливають на їхнє утворення в паливі під час зберігання, а також вплив смол на надійність і паливно-регулюючої апаратури двигунів.
3. Розробити точний експрес-метод визначення вмісту смолистих речовин в паливі, а також дослідити здатність палив до смолоутворення.
4. Створити пристрій і виконати експериментальні дослідження з метою розробки методики керування режимами зберігання палив для реактивних двигунів під час експлуатації.

Об'єкт досліджень

Об'єктами досліджень були обрані товарні авіаційні палива для реактивних двигунів (РД) марки РТ і ТС-1, що виробляються нафтопереробною промисловістю України і застосовуються в авіації за нашого часу.

Предметом досліджень є один з найважливіших показників якості "вміст фактичних смол" в паливі і здатність до смолоутворення та методи їх визначення.

Наукова новизна

Вивчено магнітооптичну активність компонентів реактивного палива, що дає змогу зробити висновок про незалежність величини магнітооптичної активності смолистих речовин від вуглеводневого складу палива.

Встановлено лінійну залежність між величиною магнітооптичної активності смолистих речовин і їхньою концентрацією в реактивному паливі, що дає змогу визначити їхній вміст в паливах будь якої марки.

Вивчено умови опромінення реактивного палива, за яких отримано відтворювані результати вимірювань кута обертання площини поляризації

світла в магнітному полі, що дає змогу застосувати такий спосіб окислення палив для оцінки здатності до смолоутворення.

Достовірність наукових результатів підтверджується значною кількістю експериментальних даних, що отримано на розробленому і створеному пристрої в науково-дослідній лабораторії кафедри фізики КМУЦА.

Точність оцінки вимірювань складає 2,6%.

Практичне значення

Створено пристрій та розроблено методику визначення вмісту смолистих речовин в реактивних паливах за величиною їхньої магнітооптичної активності і здатності до смолоутворення.

Впровадження результатів роботи

Результати дисертаційної роботи використовуються в науково-дослідній лабораторії кафедри фізики КМУЦА для проведення наукових досліджень. Робота була в плані проведення науково-дослідних робіт в цивільній авіації. Матеріали дисертації передано в ДержНДІ ЦА, м. Москва.

Публікації

За матеріалами дисертації опубліковано 11 робіт, оформлено заяву на винахід, матеріали роботи увійшли в звіт госпдоговірної НДР №869-91.

Апробація роботи

Матеріали дисертації були представлені та обговорювались на XI звітній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу КМУЦА (1990р.); на XII звітній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу КМУЦА (1991р.); на засіданні кафедри фізики КМУЦА (1994р.); на звітній науково-технічній конференції наукових колективів КМУЦА за 1994р. (1995р.), на звітній науково-технічній конференції КМУЦА (1996р.).

Структура та обсяг роботи

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, закінчення, списку літератури (119 найменувань).

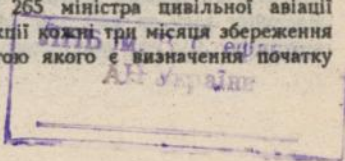
Загальний обсяг роботи складає 147 сторінок, 41 рисунок, 21 таблиця включно.

Зміст роботи

У вступі обгрунтовано актуальність роботи, викладені основні передумови, які визначають ціль і задачі досліджень.

В першому розділі проаналізовані існуючі режими зберігання палива, вивчено вплив смолистих речовин на надійність роботи паливної системи літака і двигуна, сформульовані ціль і задачі досліджень.

Відомо, що для забезпечення безперебійної роботи в підприємствах ЦА утворюють запаси палива. Основні задачі, які вирішують фахівці під час зберігання палива, полягають у забезпеченні збереження їхньої кількості і якості. При цьому якість палива оцінюється за такими параметрами: наявність механічних домішок і води, співвідносність вимогам ГОСТ. За нашого часу в підприємствах ЦА України контроль якості палив для реактивних двигунів регламентується «Інструкцією по застосуванню і контролю якості авіаційних паливно-мастильних матеріалів і спеціальних рідин в цивільній авіації», яка введена в дію ще 1.07.86 року наказом № 265 міністра цивільної авіації існуючого тоді СРСР. Відносно до цієї інструкції кожні три місяці збереження виконується контрольний аналіз якості, метою якого є визначення початку



зміни якості палива під час зберігання. Аналізуючи роботи Большакова Г.Ф., Сабліної З.О. та інших, встановлено, що показником якості, який найбільше піддається якісним змінам під час зберігання палива є «вміст фактичних смол». До складу існуючого контрольного аналізу якості палива цей показник не входить і тому цей аналіз не забезпечує можливість виявити початок зміни якості палива під час зберігання, що зумовлює певний ризик при виконанні польотів. Виникає необхідність в співвідносному керуванні якістю палива під час зберігання.

На підставі результатів робіт Піскуєва В.О., Зрелова В.Н., Черненко Ж.С., Василенко В.Т., Комарова А.О. та інших проаналізовані закономірності впливу смолистих речовин на роботу паливної системи літака та двигуна. Встановлено, що найбільша кількість відмов агрегатів паливної системи зумовлено утворенням відкладень, які на 87-92% складаються з твердих осадів смолистого типу. Підвищений вміст смол в паливі знижує його термоокислювальну стабільність і призводить до нагароутворення на паливних форсунках, засмічуванню паливних фільтрів, в результаті чого знижується надійність паливної системи літака і двигуна і виникає реальна загроза безпеки польотів.

У другому розділі наведено огляд літератури з питань складу та властивостей смолистих речовин, факторів, що впливають на їхнє утворення під час зберігання палива, проаналізовано характер хімічних перетворень вуглеводнів та гетероатомних сполук під дією ультрафіолетового і видимого випромінювань.

Відомо, що молекули смолистих речовин складаються із атомів вуглецю, водню, кисня, сірки та азоту. Це полярні сполуки, що мають колір, середня молекулярна маса їх в 1,5-2 рази більша за молекулярну масу вуглеводнів палива, густина близька до одиниці.

Вони хімічно нестабільні. Смолисті речовини чинять як негативний так і позитивний вплив на хімічні та експлуатаційні властивості реактивних палив. Смолисті речовини завжди присутні в паливі. Їхній якісний склад залежить від сорту палива і відрізняється тільки числом гетероатомів, що містяться в молекулах смолистих речовин. Зважаючи на подвійний вплив смол на властивості реактивного палива, їх недоцільно повністю вилучати із палива.

Під час зберігання молекули палива піддаються хімічним перетворенням, внаслідок яких утворюються смолисті речовини. На утворення смолистих речовин впливають такі фактори: хімічний склад палива, температура, концентрація кисню, підварна вода та метали, а так ж світло. Природні смоли є природними інгібіторами окислювання та захищають вуглеводні паливі від окислювання. Як було наведено раніше, з підвищенням температури палива підвищується утворення в ньому смол. Швидкість утворення смол зростає, якщо зменшується коефіцієнт заповнення резервуара, внаслідок чого зростає контакт палива з киснем повітря.

Відомо, що метали каталізують та прискорюють смолоутворення в паливі. Для зменшення швидкості корозійних процесів застосовують спеціальне покриття внутрішніх поверхнь резервуарів. А також систематично вилучають відстоїну воду та ретельно очищують резервуари від доїнних відстоїнних забруднень. Під час зберігання палива на світлі протягом 20 днів в 3 рази

збільшилася його оптична густина, що вказує на утворення в ньому смолистих речовин. Авіапалива складаються із: алканів, нафтенів, ароматичних вуглеводнів і гетероатомних сполук. У роботах Т.Ф.Большакова, В.С.Вагата, Дж.Барлтола, Дж.Койла, Т.О.Беккера встановлено, що алкани і нафтенові вуглеводні поглинають випромінювання з довжиною хвилі менше 180 нм. Ароматичні та гетероатомні сполуки поглинають випромінювання в інтервалі довжин хвиль 200-280 нм. Тому можливо припустити, що молекули ароматичних та гетероатомних сполук вступають в хімічні реакції під дією ультрафіолетового і видимого випромінювань та беруть участь у смолоутворенні.

В третьому розділі проаналізовано існуючі методи визначення вмісту смолистих речовин і показані їхні недоліки; описані теоретичні основи метода, що розробляється, конструкція пристрою і методика роботи, наведено результати досліджень.

За нашого часу вміст смолистих речовин в авіаційних паливах визначається адсорбційним, оптичним методами та методом випарування вуглеводнів. Адсорбційний і оптичний методи мають достатньо високу точність вимірювання, але застосовуються тільки з дослідних цілей. Стандартними методами в нашій країні є методи за ГОСТ 1567-83 і за ГОСТ 8489-85, і зарубіжний ASTM D 381-80. Ці методи мають такі недоліки: низьку точність визначення, при малих концентраціях смол похибка метода співвідносно до величини самого показника, довгий час вимірювання, низький рівень технологічності. Проводились дослідження по створенню метода для визначення вмісту смолистих речовин залежно від діелектричних характеристик реактивного палива. Дослідження не доведені до приборного варіанту. В дослідних цілях для оцінки здатності палива до смолоутворення викор. товують методи, які основані на окисленні палива в різних умовах. Критеріями оцінки здатності до смолоутворення палива в цих методах є кількість смол, що утворилися. Ці методи мають довгий час випробування палива та підвищену температуру.

Речовина, яка знаходиться в сталому магнітному полі набирає здатності обертати площину поляризації лінійнополяризованого світла. Це явище має назву магнітооптичної активності або ефекту Фарадея. Кут обертання площини поляризації світла в магнітному полі ϕ для розчинів пропорційний концентрації розчиненої речовини c , довжині шляху світла в речовині l та індукції магнітного поля B : $\phi = V \cdot c \cdot l \cdot B$, де V - стала Верде.

Беручи до уваги закон аддитивності, отримана робоча формула :

$$c = A\phi_T + D$$

де A і D - сталі.

А чотиром розроблено при трій, принципова схема якого представлена на рис. 1. Промінь світла від лазера 1 проходить через поляризатор 2 і попадає в робочу комірку 3. Струм в робочу комірку 3 подається від джерела живлення 8. Далі промінь світла через аналізатор, який має кутомірний пристрій 4 попадає на конденсатор 5, а потім на фотодіод 6. Величина фотоструму реєструється за допомогою прилада 7.

Конструкція робочої комірки приведена на рис. 2. В робочій комірці внутрішня частина трубки соленоїда 12 являє собою кювету 8 куди заливають зразок палива.

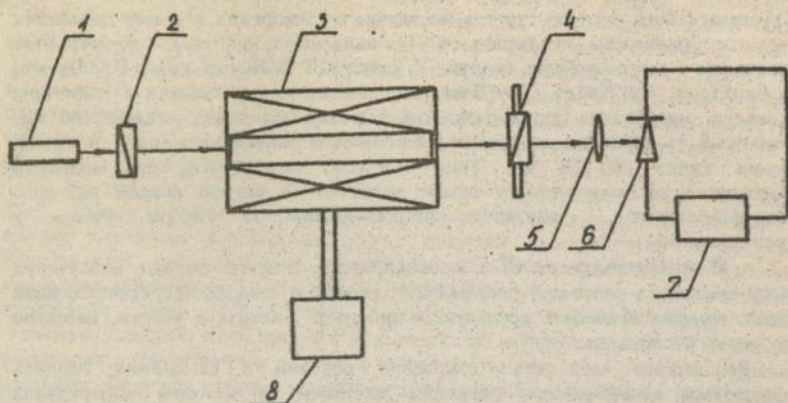


Рис. 1. Принципова схема пристрою для визначення вмісту смолистих речовин: 1 - лазер; 2 - поляризатор; 3 - робоча комірка; 4 - аналізатор з кутотвірним пристроєм; 5 - конденсор; 6 - фотодіод; 7 - прилад для реєстрації величини фотоструму; 8 - джерело живлення соленоїда.

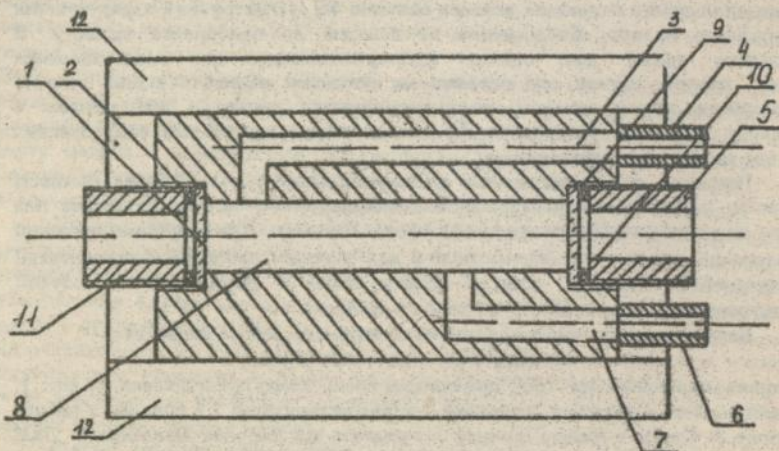


Рис. 2 Конструкція робочої комірки:

1,9 - оптичні скельця; 2,10 - ущільнення; 3 - канал для ливання зразка; 4,6 - штуцер; 5,11 - гайка; 7 - канал для заповнення зразка; 8 - кювета; 12 - соленоїд.

Кювета – це пустий циліндр з товстими стінками та плоскопаралельними торцями. Робоча комірка має канали для заповнення 7 та виливання зразка; торці закриваються оптичними скельцями 1,9, які притискають гайками 5,11. Конструкція пристрою та методика роботи забезпечують похибку вимірювань кута обертання площини поляризації світла в магнітному полі становить 2,6%. Авіаційні палива для РД є складна суміш, яка складається із вуглеводнів, гетероатомних сполук і смолистих речовин. До того ж гетероатомні сполуки містяться в дуже малій кількості і їхнім впливом на величину магнітооптичної активності палива можна знехтувати. Тоді можна вважати, що до складу палив входять насичені і ароматичні вуглеводні, та смолисті речовини. Досліджено магнітооптичну активність різних насичених вуглеводнів (нонан і ундекан) і їхньої суміші. Встановлено, що величина магнітооптичної активності різних насичених вуглеводнів окремо та їхньої суміші практично однакова.

Досліджено магнітооптичну активність розчинів ароматичного вуглеводня (п – ксилолу) в суміші насичених вуглеводнів. Величина магнітооптичної активності розчинів ϕ лінійно залежить від концентрації c' ароматичних вуглеводнів (рис. 3). На малюнку представлені середні значення кутів обертання ϕ із числа вимірювань $n = 20$. За допомогою методу найменших квадратів отримано таке рівняння: $\phi = 289 + 2,0c'$.

Досліджено магнітооптичну активність розчинів смолистих речовин в насичених вуглеводневих. Встановлено, що величина кута обертання ϕ площини поляризації світла розчинів лінійно залежить від концентрації C смолистих речовин (рис. 4). На малюнку представлені середні значення кутів обертання ϕ із числа вимірювань $n = 20$. За допомогою методу найменших квадратів отримано таке рівняння: $\phi = 284 - 0,4C$.

До того ж, магнітооптична активність розчинів смол однакової концентрації, але розчинених в різних насичених вуглеводневих практично однакова.

Досліджено магнітооптичну активність смолистих речовин, розчинених в суміші насичених і ароматичних вуглеводнів. Встановлено, що магнітооптична активність смолистих речовин не залежить від складу розчинника і лінійно зростає при збільшенні концентрації смол в розчині. Складено модельну суміш із вуглеводнів. Величина магнітооптичної активності цієї суміші і обессмоленого палива однакова. Ця модельна суміш складається із однакових частин нонану і ундекану і 25% п- ксилолу. Встановлено, що величина магнітооптичної активності смолистих речовин, які розчинено в цій суміші і в обессмоленому паливі при однаковому вмісту смол, однакова. Досліджено магнітооптичну активність зразків палива з різним вмістом в них смолистих речовин. Досліджувались різні зразки палива РТ, в яких вміст адсорбційних смол (Садс') складає 0; 30,6; 100,0; 121,2 і 202 мг/100см³. Отримано лінійну залежність магнітооптичної активності смолистих речовин ($\Delta\phi_{см}$) від їхнього вмісту в паливі (рис. 5 і рис. 6). На малюнках представлено середні значення кутів обертання $\Delta\phi_{см}$ із числа вимірювань $n=20$. Статистичні дані оброблено за допомогою методу найменших квадратів. В інтервали концентрацій смол, які досліджувались отримано такі рівняння:

$$\Delta\phi_{см} = 6.0 C_{см} + 0.4; \quad \Delta\phi_{см} = 0.3 C_{см} + 1.5.$$

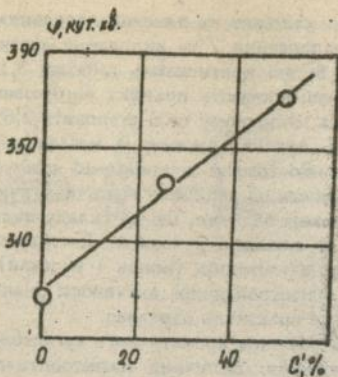


Рис. 3 Залежність кута обертання φ від концентрації C' ароматичного углеводневого (п-ксилол) в суміші нонана і ундекана.

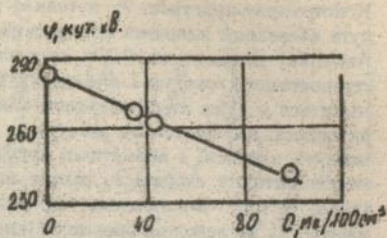


Рис. 4 Залежність кута обертання φ від концентрації C смол в нонані.

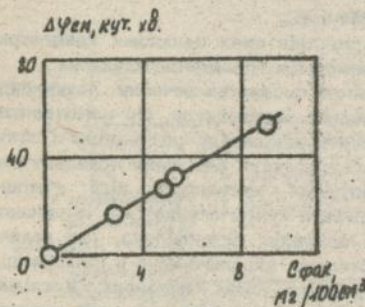


Рис. 6 Залежність кута обертання $\Delta\varphi_{\text{см}}$ смол від концентрації фактичних смол $C_{\text{фак}}$ в паливі.

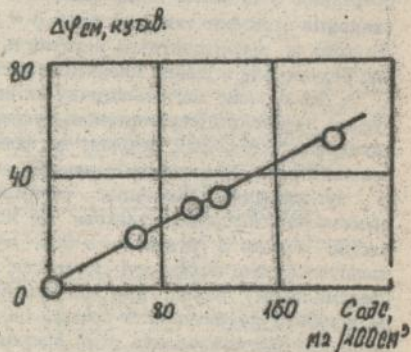


Рис. 5 Залежність кута обертання $\Delta\varphi_{\text{см}}$ смол від концентрації адсорбційних смол $C_{\text{адс}}$ в паливі.

В четвертому розділі наведено результати дослідження умов опромінення реактивного палива ультрафіолетовим і видимим випромінюваннями. Відомо, що на хімічні перетворення під дією ультрафіолетового і видимого випромінювань впливають матеріал реактору, товщина шару речовини час опромінення. Скло поглинає ультрафіолетове випромінювання, тому в цій частині спектра треба використовувати кварц. Тому для досліджень виготовлено герметично закритий кварцевий реактор. За законом Бугера можна знати, що 90% випромінювання поглинається шаром речовини товщиною 1 мм. Тому для поновлення реакційного шару зразок в реакторі постійно перемішується. Джерелом випромінювання є ртутна лампа ПРК-2. Випромінювання проходить через бокову поверхню реактора, час опромінення становить 15 хвилин. Виконуються два послідовних опромінення в різних реакторах. Паливо переливається в посудину із темного скла і через 15 хвилин визначається кут обернення площини поляризації світла. Встановлено, що за таких умов опромінення реактивного палива отримано результати вимірювань кута обернення площини поляризації світла, що відтворюються. Досліджено зразки насичених вуглеводнів (нонан і ундекан) і їхня суміш з ароматичними (п-кешол) до і після опромінення. Встановлено, що величина магнітооптичної активності різних вуглеводнів насиченої групи і їхньої суміші з ароматичним практично не змінюється після опромінення цих зразків. Досліджено магнітооптичну активність товарного палива РТ до і після опромінення. По рис. 5 можна визначити кількісний вміст смолистих речовин в опроміненому паливі. Вона дорівнює $6,4 \text{ мг}/100\text{см}^3$. Паралельно в цьому зразку визначено вміст фактичних смол за ГОСТ 8489-85. Він дорівнює $9,0 \text{ мг}/100\text{см}^3$. В межах похибки метод, за ГОСТ 8489-85 результати корелюють.

В п'ятому розділі наведено загальні відомості про керування режимами зберігання палива, розглядається можливість зміна надійності роботи насосів паливної системи, літака, якщо вони працюють на паливі з підвищеною здатністю до смолоутворення, сформульовано основні принципи оптимізації керування режимами зберігання палива.

Палива для РД в хімічному ставленні є достатньо стабільні продукти. Проте під дією зовнішніх факторів під час експлуатації їхня якість постійно погіршується. Під дією зовнішніх факторів паливо окислюється і повністю позбавитися процесів окислення і утворення смол під час зберігання принципово неможливо. Їх можливо тільки уповільнити спеціальними заходами, які застосовуються під час зберігання. Керування режимами збереження і полягає в здійсненні дій, які обрано із безліч можливих на підставі певної інформації і спрямованих на підтримання якості палива відповідно до цілі керування. В лабораторних умовах зберігання палива встановлено, що запропонований метод оцінки здатності до смолоутворення палива дозволяє виявити початок зміни якості палива і прогнозувати можливе подальше утворення смолистих речовин за реальних умов зберігання палива. З літературних джерел відомо, що зміна об'ємного ККД насосів, які працюють на паливах з підвищеною здатністю до смолоутворення в значній мірі зростає з підвищенням кількості утворених смолистих забруднень. На підставі статистичних даних, що розглядаються знайдено, що зміна концентрації $C(t)$ смолистих речовин під час зберігання (t) визначається рівнянням: $C(t) = 5.3 +$

2.3 • 10⁻⁴ т. Коефіцієнти підібрані за методом найменших квадратів і становлять середні значення, що враховують засіб зберігання палива, кліматичну зону, хімічний склад початкової нафти і марку палива. На підставі відомих автору літературних джерел інтенсивність несправностей і відмов ГТД через забруднення палива дорівнює $\lambda = 10^{-5}$ 1/год, зміна надійності $P(t)$ насосів визначається за експоненціальним законом: $P(t) = e^{-\lambda t}$.

Спільне розглядання цих двох статистичних закономірностей дозволяє визначити оптимальний режим керування, який складає задачу, що враховує найкращим чином відхилення результатів зміни властивостей палива і зміну надійності об'єкта. Використовуючи критерій оптимізації $K(t)$ у значенні: $K(t) = P(t) \cdot C(t)$ визначено оптимальний режим контролю здатності до смолоутворення палива. На рис.7 представлена схема визначення оптимального режиму контролю якості палива. Оптимальний режим контролю

$t_{opt} = 2000$ год наближається до значення $t \approx 2200$ год, коли в паливі міститься практично гранична концентрація смолих речовин $C = 5.8$ мг/100см³. Існування пологого оптимума і мала зміна критерія оптимізації $\Delta K(t) = 0.03$ в межах $t = 500$ год до $t = 3000$, коли в паливі утворюється гранично дозволена кількість смол $C_{gr} = 6.0$ мг/100см³, дозволяє вибрати в зазначених межах періодичність контролю, узгоджуючи її з кліматичними та іншими умовами зберігання і якістю палива на початку зберігання. Як приклад виконано розрахунок і побудовано графічні залежності з метою визначення впливу забрудненого палива на роботу аксіального поршневого насосу. Відомо, що розподіл забруднень в паливі визначається за логарифмічним законом, тому зміна коефіцієнта зниження ККД насосів $K_n = \eta/\eta_0$ також наведено в логарифмічних координатах (рис.8). Результати, що отримано по визначенню оптимальних режимів контролю якості палива співпадають з даними по визначенню надійності насосів, що працюють на забрудненому паливі (рис. 8). Дозволений вміст смол $C(t)_{доп}$ зумовлює значення ККД насосів $\eta_n \approx 0.9$, а практично граничне $C(t) = 5.8$ мг/100см³ може зумовити зміну ККД до величини $\eta_n \approx 0.8$, що вважається за технічними умовами параметричною відмовою, проте при цьому насос не втрачає повністю працездатного стану.

Таким чином, спільне врахування зміни властивостей палива під час зберігання і зміни надійності паливних насосів дозволяє здійснювати об'єктивне керування режимами контролю якості палива на вміст в ньому смолих забруднюючих домішок.

Основні висновки

1. Під час аналізу характеру несправностей і відмов паливної системи і паливно-регулюючої апаратури двигуна встановлено, що значна їхня кількість пов'язана з насичуванням паливних фільтрів і підкачуючих насосів паливної системи двигуна відкладеннями, що складаються на 87-92% з твердих осадів смолистого типу. Ці відкладення утворюються внаслідок окислювальних перетворень смолих речовин і гетероатомних сполук, що містяться в паливах для РД.

2. Оцінено склад властивостей смолих речовин, що містяться в паливі для РД:

а) молекули смолих речовин складаються з атомів вуглецю, воюю, кисню, сірки та азоту. Залежно від сорту палива смоли відрізняються лише кількістю а атомів гетероатомів;

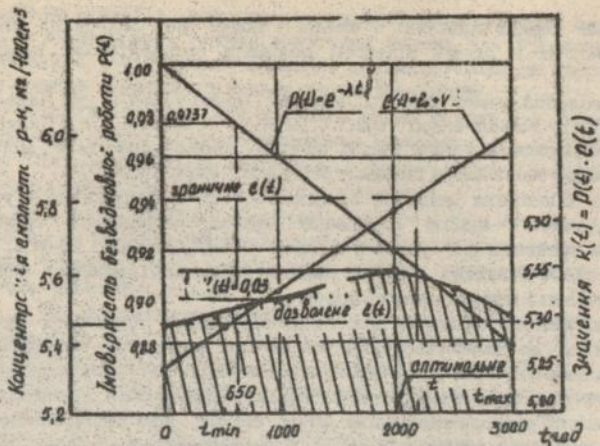


Рис. 7 Схема визначення оптимального режиму контролю якості палива.

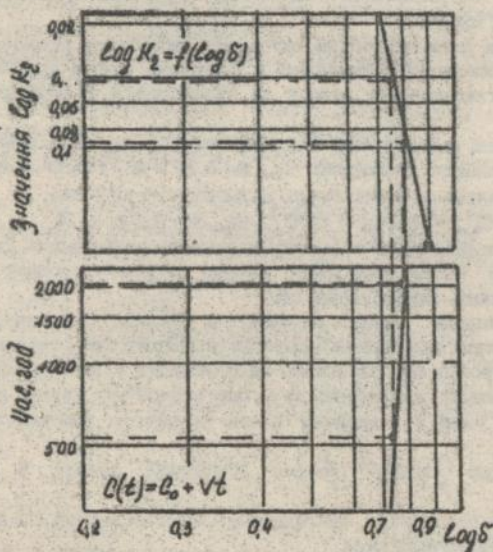


Рис. 8 Схема визначення зміни $\log k_n$ для насоса, який працює на забрудненому паливі.

б) смоли завжди присутні в паливі і повне їхнє виділення небажано тому, що вміст їх в певній кількості поліпшує експлуатаційні властивості палива;

в) дозволений вміст смол в паливах марок ТС-1 - не більше 5.0 мг/100см³, РТ- не більше 4.0 мг/100см³, Jet A-1 - не більше 7 мг/100см³.

3. Під час зберігання під дією кисню повітря, температури, в'язи, металів і світла додатково утворюються смолисті речовини в паливі для РД.

4. Надійність авіаційних двигунів визначається як конструкцією і умовами застосування, так і якістю вживаного палива. Основними елементами відкладень на паливних форсунках є вуглець - 48-50%, кр-ень - 26-31%, сірка - 7-9%, азот - 0.4% і водень - 5%, з яких складаються продукти окислення смолистих речовин і гетероатомних сполук.

5. Розроблено метод і пристрій для визначення вмісту смолистих речовин і оцінки здатності до смолоутворення палива за величиною магнітооптичної активності палива. Похибка вимірювань складає 2.6%. Час вимірювань в 4 рази менший, ніж по ГОСТ 8489-85. Достовірність результатів підтверджується великою кількістю експериментальних даних, що отримано в науково-дослідній лабораторії кафедри фізики К.УЦА. Експериментальні дані підлягають нормальному закону розподілу випадкових величин. Дисперсія становить $\sigma = 8$ кут. хвилин.

6. Досліджена магнітооптична активність компонентів палива для РД. Встановлено, що

а) величина магнітооптичної активності смолистих речовин в інтервалі концентрацій ароматичних вуглеводнів в товарному паливі від 10% до 21% не залежить від вуглеводневого складу та визначається тільки концентрацією смол;

б) в інтервалі концентрацій адсорбційних $C_{адс}$ смол в паливі від 0 до 202 мг/100см³ і, відповідно, фактичних $C_{фак}$ від 0 до 9 мг/100см³ залежність C від кута обертання палива φ , визначається за допомогою рівнянь:

$$C_{адс} = -3.3 \varphi + 1100; \quad C_{фак} = -0.2 \varphi + 53.$$

Коефіцієнти в цих рівняннях визначено за методом найменших квадратів.

7. Досліджено умови окислення палива ультрафіолетовим і видимим випромінюваннями. Встановлено, що

а) задропоновані умови опромінення палива дозволяють отримати відтворені результати вимірювань величини магнітооптичної активності;

б) після опромінення практично не змінюється величина магнітооптичної активності вуглеводнів, що входять до складу авіаційного палива для РД;

в) за цих умов в товарному паливі додатково утворюються смолисті речовини.

8. Проаналізовано існуючі режими зберігання палива в експлуатації. Встановлено, що:

1) основним показником, що піддається якісним змінам під час зберігання палива є «вміст фактичних смол»;

б) збільшення концентрації $C(t)$ смолистих речовин в паливі під час зберігання (t) може бути визначено за формулою:

$$C(t) = 5.3 + 2.3 \cdot 10^{-4} t.$$

Коефіцієнти знайдено за методом найменших квадратів.

9. Розроблено методику керування режимами зберігання палива для РД:

а) в лабораторних умовах зберігання палива для РД встановлено, що запропонований метод оцінки здатності до смолоутворення палива дозволяє виявити початок зміни якості палива під час зберігання;

б) оптимальної періодичності контролю якості палива під час зберігання за реальних умов знайдено за максимальним значенням функції $K(t) = P(t) \cdot C(t)$, де $P(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи паливних насосів і $C(t)$ - концентрація смолистих речовин під час зберігання.

в) мала зміна критерія оптимізації $\Delta K(t) = 0.03$ в межах часу зберігання від $t=500$ год до $t=3000$ год дозволяє вибрати в зазначених межах періодичність контролю, узгоджуючи її з реальними умовами зберігання палива під час експлуатації авіаційної техніки.

За матеріалами дисертації опубліковані такі роботи

1. Соловьев А.Н., Малов Б.А., Конончук Е.П., Кузнецова Е.Я. "Определение содержания смол в авиационном топливе оптическим методом" // "Вопросы химотологии и эксплуатации авиационной наземной техники"- Киев: КИИГА, 1992.-с 31-35.
2. Кузнецова Е.Я., Конончук Е.П. "Определение содержание смол в авиационном топливе магнитооптическим методом" // сб. науч. тр. "Вопросы химотологии и эксплуатации авиационной наземной техники"- Киев: КМУГА, 1996 г.,-144 с.
3. Кузнецова Е.Я. "Влияние ближнего ультрафиолетового и видимого излучения на процесс смолообразования в топливе РТ" // сб. науч. тр. "Вопросы химотологии и эксплуатации авиационной наземной техники"- Киев: КМУГА, 1996 г.,-144 с.
4. Резниченко О.В., Кузнецова Е.Я. "Расчет себестоимости полного анализа качества реактивных топлив" // сб. науч. тр. "Исследование эксплуатационных свойств авиаГСМ и спецжидкостей". - Киев: КИИГА, 1987 г., с.87-89.
5. Резниченко О.В., Кузнецова Е.Я. "Сравнительный технико-экономический анализ существующей и усовершенствованной схем контроля качества топлив для реактивных двигателей" // сб. науч. тр. "Исследование процессов подготовки, применения и контроля качества авиаГСМ и спецжидкостей". - Киев: КИИГА, 1988 г., с.114-118.
6. Кононова Л.Н., Хмельницкая М.Ф., Кузнецова Е.Я. "Методические вопросы оценки технико-экономической эффективности выполнения анализа качества реактивных топлив с учетом используемых схем контроля" // сб. науч. тр. "Исследование процессов подготовки, применения и контроля качества авиаГСМ и спецжидкостей". - Киев: КИИГА, 1989 г., с.107-111.
7. Соловьев А.Н., Малов Б.А., Кузнецова Е.Я., Конончук Е.П. "Устройство для исследования магнитооптических свойств жидких смесей", номер заявки 93121693, завл.12.01.93 г. дата принятия решения о выдаче патента 20.12.96 г.
8. Соловьев А.Н., Конончук Е.П., Кузнецова Е.Я. "Исследования возможности оценки склонности топлива к смолообразованию оптическим методом", тезисы докладов XI отчетной НТК профессорско-преподавательского КИИГА за 1989 г., Киев, КИИГА, 1990 г.

9. Соловьєв А.Н., Малов Б.А., Конончук Е.П., Кузнецова Е.Я. "Определение содержания смолистых веществ в топливах для реактивных двигателей оптическим методом" тезисы докладов XII отчетной НТК профессорско-преподавательского КИИГА за 1990 ..., Киев, КИИГА, 1991.

10. Кузнецова Е.Я. "Исследование смолообразования в топливе РТ под действием ближнего ультрафиолетового и видимого излучения", стр.131. Тези доповідей, "Звітна науково-технічна конференція наукових колективів університету за 1994 р.", 12-14 квітня 1995 р. Київ, 1995 р.

11. Кузнецова О.Я. "Визначення здатності до смолоутворення реактивних палив під час зберігання", XVI звітна науково-технічна конференція університету за 1995р., тези доповідей, 12-17 квітня 1996 р.

Анотація

Кузнецова Е.Я. Оптимизация управления режимами хранения топлива для реактивных двигателей при эксплуатации авиационной техники. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14. "Эксплуатация воздушного транспорта", Киевский международный университет гражданской авиации, Киев, 1997г.

В работе представлены результаты исследований возможности создания прибора для определения содержания смолистых веществ в топливах для РД и оценки склонности к смолообразованию по величине их магнитооптической активности. Установлено, что величина магнитооптической активности смолистых веществ не зависит от углеводородного состава топлив и линейно возрастает с увеличением концентрации смол в топливе. Предлагаемый метод оценки склонности к смолообразованию топлива позволяет обнаружить начало изменения качества топлива при хранении. Совместный учет изменения свойств топлива и изменения надежности топливных насосов позволяет осуществлять объективное управление режимами контроля качества топлива на содержание в нем смолистых загрязняющих примесей.

Kuznetsova H.J. Optimisation operation of conditions storage of fuels for jet engine on exploitation aviation technique.

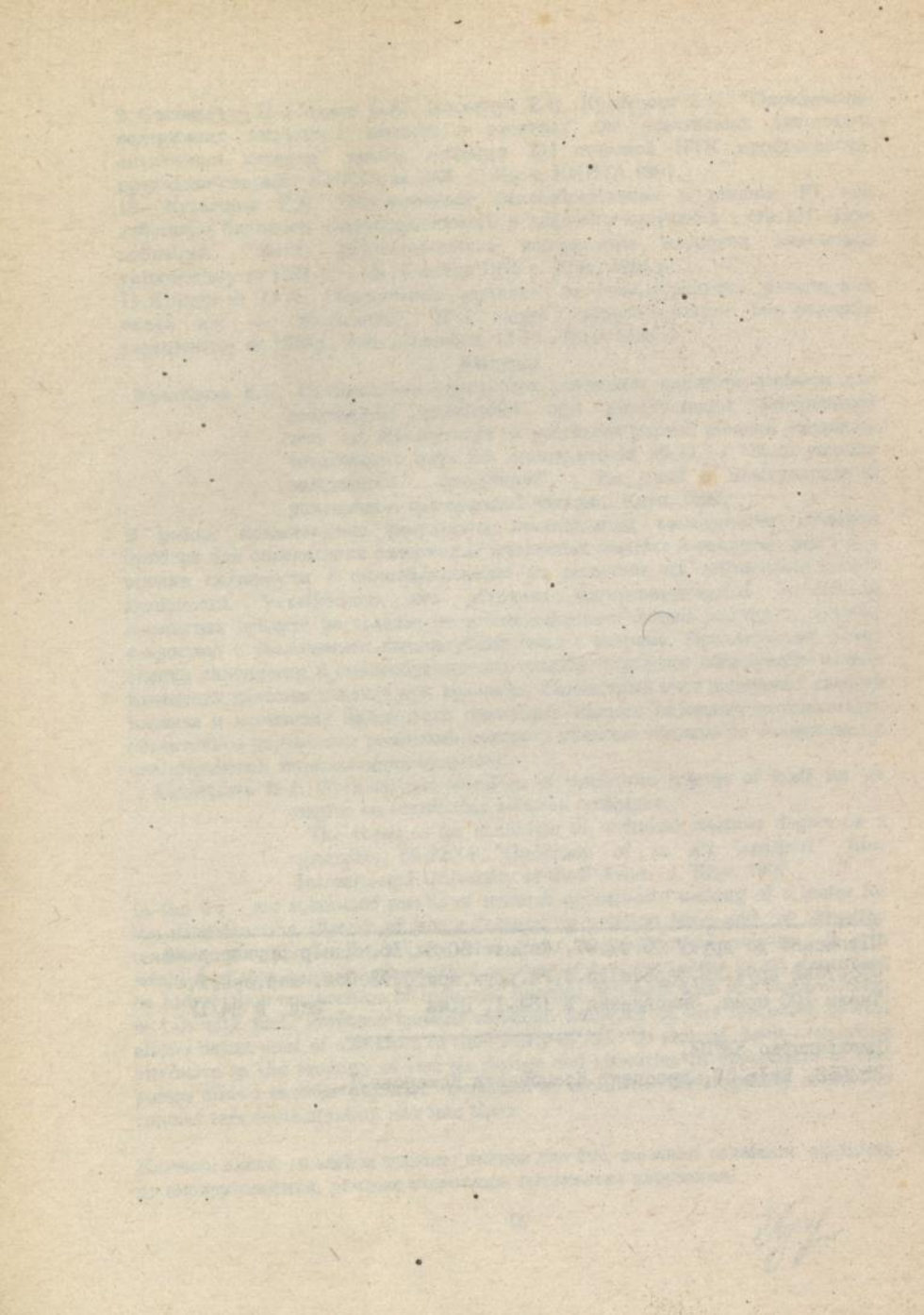
The thesis is for candidate of technical sciences degree on a speciality 05.22.14 "Operation of an air transport" Kiev International University of Civil Aviation, Kiev, 1997.

In the work are submitted results of research opportunity making of a meter for the determination content of tars substances in aviation fuels and for valuation tendency to tars formation on value them magneto-optical activity. It was established that value magneto-optical activity of tars substances is not dependent on hydrocarbon composition of fuels and linearly increases with rise concentration of tars in fuel. Proposed method valuation tendency to tars formation of fuel allows detect start of alteration in the quality of fuels on storage. Joint accounting alteration in the property of fuel on storage and alteration in dependance of fuel pumps allows exercise objective operation of conditions fuel's quality control to content tars contaminating mix into them.

Ключові слова: авіаційна техніка, паливо для РД, смолисті речовини, здатність до смолоутворення, режими зберігання, оптимальне керування.

Підписано до друку 08.07.97. Формат 60x84/16. Папір друкарський.
Офсетний друк. Ум. фарбові дб. 5. Ум. друк. арк. 0,93. Обл. - вид. арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Замовлення № 164-І. Ціна . Вид. № 84/ІУ.

Видавництво КМУЦА,
252058. Київ-58, проспект Космонавта Комарова, 1.



433803

AB 38.296