

УДК 662.75.004.12 (045)

ОЧИЩЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ ПАЛИВ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ**В. В. Панін^{*}, А. В. Вареник^{**}**^{*}Київська державна академія водного транспорту
імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного,^{**}Національний авіаційний університет

academy@maritime.kiev.ua

Для забезпечення безперебійного функціонування багатоцільових елементів паливно-регулювальної апаратури важливим є дотримання нормованих значень вмісту забруднень у паливах для газотурбінних двигунів. Проаналізовано технологію фільтрування палив перед заправленням повітряних суден в аеропортах цивільного авіаційного транспорту України. Обґрунтовано паралельне застосування очищення палив від забруднень у силових полях.

Ключові слова: паливо для ГТД; забруднення; фільтрування; очищення; силові очисники; експлуатаційні властивості.

To provide smooth functioning of the multipurpose elements of fuel and adjusting equipment it is important to standardized values impurity content in jet fuel. The fuels filtering technology before aircraft fueling in civil air transport of Ukraine was analysed. Parallel application of purification from contamination in force cleaners grounded.

Keywords: fuel for gas-turbine engine; contamination; filtering; purification; the force cleaners; performance characteristics.

Вступ

Безпека експлуатації повітряних суден (ПС) з газотурбінними двигунами (ГТД) значною мірою залежить від чіткої організації заправлення їх кондиційними паливами. Застосування палив для ГТД у цивільному авіаційному транспорті (ЦАТ) України і технологія заправлення ПС регламентуються відповідними інструкціями і вказівками, недотримання яких нерідко призводять до втрати якості палив і, як наслідок, порушення регулярності польотів, що створює передумови до льотних подій [1; 2].

Якість палив залежить від їх фізико-хімічних, експлуатаційних й екологічних властивостей, що визначають ступінь придатності до використання.

Фізико-хімічні властивості визначаються в лабораторних умовах.

Експлуатаційні властивості проявляються в процесі роботи двигуна.

Екологічні властивості проявляються при взаємодії палив або їхніх продуктів згоряння з навколишнім середовищем.

Палива для ГТД у процесі зберігання, транспортування й заправлення можуть змінювати свої властивості. Забруднення в паливі негативно впливають на роботу агрегатів паливних систем ПС. У паливних системах можуть порушитися автоматика керування заправленням і необхідне подавання палива, відбутися передчасне забивання фільтрів. Особливо чутлива до забруднень паливо-регулювальна апаратура ГТД.

У кожній рідині є забруднення, «успадковані», від сировини в процесі виробництва і «набуті», тобто ті, що потрапили в рідину в результаті

зношування пар тертя агрегатів, контакту з навколишнім середовищем або з'явилися в результаті фізико-хімічних змін і появи продуктів розпаду. В нафті, що є основою більшості рідких палив, присутні небажані компоненти, такі як ненасичені вуглеводні, асфальто-смолисті речовини, зольні елементи, нафтені кислоти, азотні і сірчані сполуки, тверді парафіни, церезити, вода тощо.

Своєчасне очищення робочих рідин паливних систем підвищує надійність і довговічність обладнання. Під час роботи на забрудненому паливі в насосах-регуляторах реактивних двигунів можуть відбуватися заїдання прецизійних пар, а це викликає нестабільність запуску двигуна, коливання числа обертів або самовідключення двигуна. Як показали дослідження, що лише за рахунок очищення і підвищення чистоти робочої рідини довговічність паливної системи і обладнання збільшується в 2–3 рази [3]. Тому питання підвищення чистоти палив для ГТД є особливо актуальними.

Мета і завдання дослідження

Мета дослідження — відпрацювання шляхом критичного аналізу рекомендацій щодо використання очищення палив для ГТД від забруднень в силових полях і відповідного відображення в інструктивних документах ЦАТ України.

Результати роботи

Чистота є однією з найважливіших експлуатаційних властивостей палив. Вимоги до чистоти передбачені відповідними державними стандартами і технічними умовами і залежать від умов

застосування палив. Паливо для ГТД вважається чистим, якщо вміст механічних частинок в ньому не перевищує за масою 0,0002 %, тобто 2 г на одну тунну, а вміст води не перевищує за масою 0,003 %, тобто 30 г на тунну.

Згідно ДСТУ ГОСТ 17216:2004 визначено 19 класів чистоти рідин залежно від дисперсного стану твердих забруднювачів (табл. 1) [4].

Таблиця 1

Класи чистоти	Кількість частинок забруднень в 100 см ³ не більше, при розмірі частинок, мкм									Маса забруднень, % не більше	
	0,5-1	1-2	2-5	5-10	10-25	25-50	50-100	100-200	волок-но		
00	800	4 00	32	8	4	1	Відс	АВ	АВ	Не нормується	
0	1600	800	63	16	8	2	відсутність	відсутність			
1		1600	125	32	16	3					
2			250	63	32	4			1		
3				125	63	8			2		
4				250	125	12			3		
5				500	250	25			4		1
6				1000	500	50	6	2	1		0,0002
7				2000	1000	100	12	4	2		0,0003
8				4 000	2000	2 00	25	6	3		0,0004
9				8000	4000	4 00	50	12	4	0,0006	
10				16000	8000	800	100	25	5	0,0008	
11				31500	16000	1600	200	50	10	0,0016	
12				63000	31500	3150	400	100	20	0,0032	
13					63000	6300	800	200	40	0,005	
14					125000	12500	1600	400	80	0,008	
15						25000	3150	800	160	0,016	
16						50000	6300	1600	315	0,032	
17							12500	3150	630	0,063	

Для забезпечення необхідного класу чистоти потрібні відповідні засоби, що гарантують очищення палива за даним класом чистоти: фільтри, фільтри-сепаратори, а також методи і прилади для визначення забрудненості палив.

Класи чистоти дають безперечну перевагу і зручність. Якщо для паливної системи ПС вимагається 6-й або 7-й клас чистоти палива, то немає необхідності вимагати чистоту цього ж класу від палива, що випускається з нафтопереробного заводу. У процесі транспортування, зберігання і заправлення це паливо буде забруднюватися і всі витрати на його очищення в заводських умовах будуть невиправданими. Підвищення чистоти палив на шляху від нафтопереробного заводу до паливної системи ПС мають бути ступеневими.

При експлуатації, зберіганні і перевезенні забруднення палив відбувається постійно. Основним джерелом забруднення є пил, що потрапляє у паливо через систему дренажу, під час малих і великих «дихань» резервуарів. Пил в атмосфері є типовою дисперсною системою з розміром час-

тинок до 100 мкм. Пил безперервно переміщується при русі повітря, частково осідаючи на поверхні землі, або навпаки, піднімаючись під дією висхідних потоків повітря, поривів вітру і руху транспорту. Щільність дорожнього пилу, не зважаючи на різне його походження, коливається у вузьких межах від 2,6 до 3,0 г/см³.

Дані табл. 2 вказують на те, що більшість частинок пилу співрозмірна з зазорами в рухомих вузлах паливних агрегатів, а твердість деяких його компонентів значно перевищує твердість матеріалів для виготовлення пар тертя. Для порівняння можна вказати, що твердість за шкалою Мопса встановлюється: для алмаза — 10; заліза — 4,4; міді — 3,0; алюмінію — 2,9.

Частинки забруднення залишаються в системі та її елементах після виготовлення і ремонту: пісок, що потрапляє при литті; пил, що осідає на стінках; окалина від зварювання, кування чи термічного оброблення; залишки машинного оброблення деталей; задирки від трубопроводів тощо.

Таблиця 2

Склад пилу	Процентний вміст елементів, %			Твердість за шкалою Мопса
	Київський	Одеський	Казахстанський	
Кварц	79	68	34,3–41,6	68
Оксид заліза	–	–	–	–
Оксид алюмінію	11	14	–	14
Оксид кальцію	1,0	4,0	–	4,0
Оксид магнію	1,0	2,0	–	2,0

Забруднення в рідину потрапляють: під час обслуговування систем; недбалого монтажу агрегатів, гнучких шлангів і трубопроводів; через незаглушені з'єднувальні вузли; внаслідок забрудненості інструментів; заправних засобів; одягу обслуговуючого персоналу; під час наповнення палива в недостатньо чисті ємності; при перекачуванні погано промитими трубопроводами.

На складах паливно-мастильних матеріалів аеропортів ЦАТ забруднення в паливо потрапляють у вигляді продуктів корозії ємностей і технологічного обладнання, зношування пар перекачувальних засобів, руйнування і вимивання прокладо-ущільнювальних матеріалів, пилу та вологи, що потрапляють в резервуари при великих і малих «диханнях» резервуарів, а також при наповненні засобів заправки.

Наразі очищення палив від забруднень і води здійснюється методами відстоювання, фільтрування, центрифугування та хімічними. Відповідно до інструктивних документів ЦАТ України для очищення палив для ГТД в умовах аеропортів і на ПС отримав метод фільтрування, що ґрунтується на плинні палива через пористу перепону і затримуванні на ній частинок забруднення та крапель води. Як фільтрувальні перепони використовуються різні типи тканин, папір, сітки, кераміка, металокераміка тощо.

Аеродромні фільтри і ті, що використовуються на ПС для очищення палив, являють собою пристрої з фільтроелементами дискового, спірального, циліндричного та інших типів.

Дослідженнями і розробленням фільтрів для очищення палив від забруднень і емульсійної води зараз займаються у США (Millipor Filter Corp., Fram Corp.), у Великій Британії (Millipor Filter Corp., Stream Line Filter Ltd.) та інших країнах.

Ефективність очищення палива забезпечується у разі виконання таких вимог:

– фільтрування палив має бути ступеневим, з поступовим підвищенням його тонкості;

– прокачування палива не має перевищувати пропускної спроможності фільтрів і фільтрів-водовіддільників;

– перепад тиску має бути не вище і не нижче встановлених меж для даного пристрою.

В аеропортах ЦАТ України визначена така послідовність фільтрування:

– при зливанні із залізничних цистерн і наливних суден проводиться фільтрування палив для ГТД — через фільтри ФГН-120 з фільтроелементом (ФЕ) ФЭ-670-151 кількістю 3 шт.;

– при видаванні із витратних резервуарів фільтрування палива проводиться через фільтри ТФ-10 з ФЕ АФБ-1 в кількістю 6 шт. та АФБ-5 також кількістю 6 шт. і фільтра паливного водовідділювача ФТВ-1500 з ФЕ ЭФК-300-5М кількістю 5 шт. та ЭС-300 також кількістю 5 шт.;

– при заправленні ПС паливо очищується у фільтрах паливозаправників, пересувних і стаціонарних заправних агрегатах системи централізованого заправки літаків [1].

На XIII Міжнародній конференції з транспортної авіації для підвищення надійності систем паливної автоматики була рекомендована межа допустимої забрудненості палив для ГТД не більше 1,2 г на тонну, а розмір забруднень не більше 2 мкм. Надійність паливних систем ПС буде забезпечена, якщо фільтри зменшують кількість частинок розміром 1–2 мкм і повністю видаляють частинки розміром 5 мкм та більше.

Виробничий досвід показує, що такої рекомендованої межі забрудненості палив для ГТД за допомогою фільтрування через пористу перепону досягнути не завжди технічно можливо, тому доцільно звернути увагу на очищення палив у силових полях за допомогою силових очисників.

Гравітаційний метод очищення. Просто і достатньо ефективно можна очистити від забруднень і води палива, використовуючи сили гравітації. Пристрої, в яких для відокремлення частинок забруднення із палива використовується гравітаційне поле Землі, називаються *відстійниками*. Розрізняють відстійники періодичної і безперервної дії, за допомогою яких можна видалити із палива частинки забруднення більше 10 мкм, що дорівнює 8–14 класам чистоти [5].

Відцентрові очисники. Процес розділення рідких неоднорідних систем під дією відцентрових сил називається *центрифугуванням*. Відцентрове очищення рідин — це відділення частинок забруднень в полі відцентрових сил.

Відцентрове поле штучно створюється шляхом швидкого обертання рідини в роторі відповідного виконання.

Створити відцентрове поле для очищення рідини можна двома шляхами: обертанням потоку рідини в нерухомому пристрої і обертанням ротора разом з рідиною, що в ньому знаходиться. Апарати першого типу називаються гідро циклонами, а другого — центрифугами або відцентровими очисниками. За різними даними, орієнтовний клас чистоти коливається в межах від 6–12.

Магнітні очисники. Очищення рідин в магнітному полі застосовується лише для феромагнітних матеріалів. Частинки такого походження, потрапивши в магнітне поле, можуть відчувати силу, що перевищує силу тяжіння на декілька порядків.

Магнітне очищення робочої рідини дозволяє видаляти забруднюючі мілкі феромагнітні частинки розміром 0,5–5 мкм, наявність яких призводить до забруднення фільтрів тонкого очищення, значно знижуючи термін служби, тобто забезпечують більш високу тонкість очищення, подовжуючи ресурс звичайних фільтрів тонкого очищення. Крім того, такі частинки є активним каталізатором при окисленні робочої рідини, зменшуючи термін її служби. Крім феромагнітних частинок, магнітні фільтри вловлюють органічні засмічення, абразивні частинки, пісок та інші забруднення. Цьому сприяє ефект електризації немагнітних частинок.

Електроочисники. Великі можливості для очищення палив від частинок забруднення закладені в застосуванні сильних електричних полів. Паливо для ГТД, є типовим діелектриком, а частинки забруднення в ньому зазвичай несуть на собі заряд. Якщо паливо разом з частинками забруднення, що в нього потрапляють, піддаються силовому впливу електричного поля, то частинки, згідно з законами електростатики, почнуть здійснювати рух, яким можна керувати: осаджуватися на поверхню електродів, відокремлюватися від основного потоку рідини, укрупнюватися. Частинки, що не несуть електричний заряд, потрапляючи в електричне поле, поляризуються, а величина заряду на них, як правило, підвищується, що інтенсифікує процес.

Ця фізична закономірність — рух заряджених частинок під силовим впливом електричного поля — лягла в основу розроблення конструкцій електроочисників, які дозволяють досягнути класу чистоти 00 [4].

При малих витратах енергії силові очисники, як правило, мають велику брудомісткість, створюють малі гідравлічні опори, легко піддаються регенерації та мають малу собівартість.

Висновки

1. Для досягнення більш високого ступеня очищення палив для ГТД з метою підвищення рівня безпеки польотів запропоновано застосувати паралельно різні види силових очисників, які не заборонені інструктивними документами ЦАТ України.

2. При створенні інструктивних документів ЦАТ України доцільно врахувати передовий світовий досвід очищення палив для ГТД в силових очисниках і рекомендувати їх до застосування в паливно-заправних комплексах аеропортів України.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Інструкція з забезпечення заправлення повітряних суден паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України // Наказ Державіа-служби № 416 від 14.06.2006.* — К. : 2006. — 141 с.

2. *ДСТУ 3982-2000.* Авіаційні палива, оливи, мастильні матеріали і технічні рідини. Організація і правила контролю якості. — К. : Держстандарт України, 2000. — 20 с.

3. *Никитин Г. А.* Экономия нефтепродуктов, используемых в технологических целях / Г. А. Никитин, А. Г. Никитин, В. М. Данилов. — К. : Техніка, 1984. — 128 с.

4. *ДСТУ ГОСТ 17216:2004.* Чистота промислового, класи чистоти рідин. — К. : Держстандарт України, 2004. — 16 с.

5. *Пузік С. О.* Методичні аспекти проблеми очищення авіаційного палива силовими очисниками / С. О. Пузік, В. С. Манзій // Препринт. — К. : НАУ, 2010. — 45 с.

Стаття надійшла до редакції 20.01.2014