

УДК 629.73: 662.75.017.1.03(045)

О.Л. Матвеева

Національний авіаційний університет, Київ

ЗМІНА ЯКОСТІ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ПАЛИВ ДЛЯ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ «ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ»

Проведено дослідження зміни якості реактивних палив з моменту їх виробництва до застосування в літаку. Визначено, що фізико-хімічні процеси в експлуатаційних умовах суттєво впливають на якісні властивості реактивних палив.

Ключові слова: паливо, забруднення, експлуатація, окиснення.

Вступ

Постановка проблеми. За останні роки в світі відбулася значна кількість авіакатастроф, пов'язаних з великими людськими втратами. Причиною були як людський чинник, так і технічний стан літаків. Забезпечення надійності та довговічності роботи паливних систем та газотурбінних установок літаків в світі цих подій змушує приділяти постійну увагу до якості палив.

Метою даної статті є визначення закономірностей комплексної дії забруднення вуглеводневих палив на його «життєвий цикл».

Як відомо, з моменту виробництва до застосування в літаку якість палив значно погіршується. Дослідженню і вивченню цих питань приділялось та приділяється багато уваги [1 – 3]. Але ці проблеми розглядались не комплексно, лише з точки зору впливу різних чинників на окремих фізико-хімічних процесів у паливі, чи впливу якості палив на працездатність агрегатів на певному етапі його застосування.

Виклад основного матеріалу

На зміну якості нафтопродуктів в процесі транспортування, зберігання, перекачування впливає ряд чинників, які можна умовно поділити на три групи, це: склад палив, зовнішні умови, конструкційні особливості технологічного обладнання (рис. 1). Всі вони в певній мірі впливають на експлуатаційну зміну якості палив, тому метою даної роботи є дослідження впливу вище означених чинників та процесів на зміну якості реактивних палив від моменту їх виробництва до застосування в літаку, тобто «життєвого циклу».

«Життєвий цикл» палива нами розподілено на п'ять етапів:

1. Виробництво, короткочасне зберігання палив в товарному резервуарі заводу виробника.

2. Транспортування палива до складів зберігання.

3. Прийом палива в резервуари складів, зберігання.

4. Підготовка палива до видавання, транспортування до літака.

5. Заправлення в літак.

На першому етапі у зв'язку з обмеженим часом зберігання палив, вплив зовнішніх умов незначний. Всі зміни якості палив зумовлені саме складом нафтової сировини та технологічними особливостями виробництва. Слід зазначити, що сучасне виробництво реактивних палив, в залежності від нафтової сировини та технологічної бази, багатоваріантне, причому у більшості випадків пов'язане з необхідністю застосування технічної води:

– обробка розчином луку, промивка водою, осушування чи відстоювання (при значному вмісті меркаптанів та нафтових кислот у кerosиновому дистиляті прямої перегонки);

– відстоювання та фільтрація (при допустимій кількості меркаптанів та нафтових кислот);

– промивка водою з послідовним відстоюванням або осушуванням в електророзділювачах.

Склад забруднень значно залежить від води, що використовується для промивання. При цьому, в паливах значно збільшується кількість часток механічних домішок розміром до 5 мкм [4, 5]. Склад пе-



Рис. 1. Чинники та процеси, які впливають на експлуатаційну зміну якості реактивних палив протягом «життєвого циклу»

реробленої нафти також обумовлює наявність в паливах металів і механічних домішок. Так в роботах [4, 6, 7] показано, що вже на нафтопереробному заводі (НПЗ) в паливах присутні кремній, залізо, ванадій, кальцій, магній, алюміній, натрій, молібден та інші елементи. Частка цих елементів попадає з нафти, інша – з каталізаторів в процесі гідроочищення та завдяки корозії технологічного обладнання.

Дисперсна характеристика та елементний склад забруднень палива ТС-1 у резервуарах НПЗ наведено на рис. 2. Як бачимо, такі забруднення мають велику кількість кисню (52,4%), заліза (23,4%), вуглецю (6,4%), кремнію (3,3%).

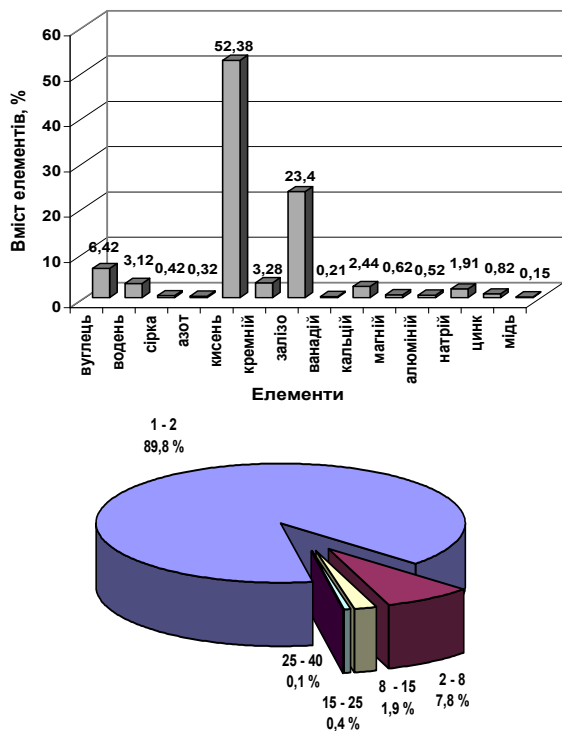


Рис. 2. Елементний склад та дисперсна характеристика забруднень палива ТС-1 у резервуарах НПЗ

Після виробництва та короткочасного зберігання на заводах нафтопродукти транспортуються на нафтобази – це другий етап. Перевезення здійснюються, як правило, залізничним транспортом, рідше морським чи трубопровідним. На цьому етапі паливо, за рахунок перекачування, активно насичується киснем повітря, під впливом зовнішнього середовища (тиску, температури, вологості, запиленості атмосфери), обводнюється та забруднюється механічними домішками. Під час «малих дихань» транспортних ємностей, що, як відомо, мають місце в результаті добового коливання температур, випаровуються леткі компоненти палив.

Відомо, що паливу притаманні діелектричні властивості. Внаслідок внутрішнього тертя, що має місце при турбулентному стані рідини, відбувається електризація палив і утворення в системі значної

кількості активованих молекул, за рахунок чого виникає велика кількість центрів утворення вільних радикалів. Це свідчить про значні зміни на енергетичному рівні палив. Наявність вільних радикалів спричинює відповідну молекулярну хімічну активність, насамперед інтенсифікує процеси окиснення. Таким чином, процес транспортування палив є підготовчим процесом для погіршення показників їх якості в процесі експлуатації.

Забруднення палив на цьому етапі також можливо за рахунок надходження продуктів корозії неякісно зачищених цистерн. Дослідження [4, 5] показали, що вміст механічних домішок або твердої дисперсної фази (ТДФ) в залізничних цистернах також залежить від кліматичних та геологічних особливостей місцевості. Найбільша кількість ТДФ забруднень ТС-1 спостерігається в південних областях. На долю ТДФ 0,4-0,6 мкм припадає до 64% всіх забруднень. Вони характеризуються високою зольністю, значним вмістом заліза, кремнію, натрію, алюмінію та кальцію.

На третьому етапі здійснюється перекачування палив в ємності нафтобаз. Згідно нормативних вимог така операція повинна здійснюватись через фільтри з тонкістю фільтрування до 15–20 мкм. Таким чином, вочевидь, що в резервуари паливо надходить вже зі значною кількістю забруднень до 15мкм. При зберіганні в резервуарах, за рахунок «малих дихань», в паливі накопичується вода і механічні домішки, причому, відносна частка ТДФ 1-6 мкм по відношенню до інших збільшується до 73%. Дисперсна характеристика забруднень палива ТС-1 у резервуарах нафтобаз та їх елементний склад наведена на рис. 3.

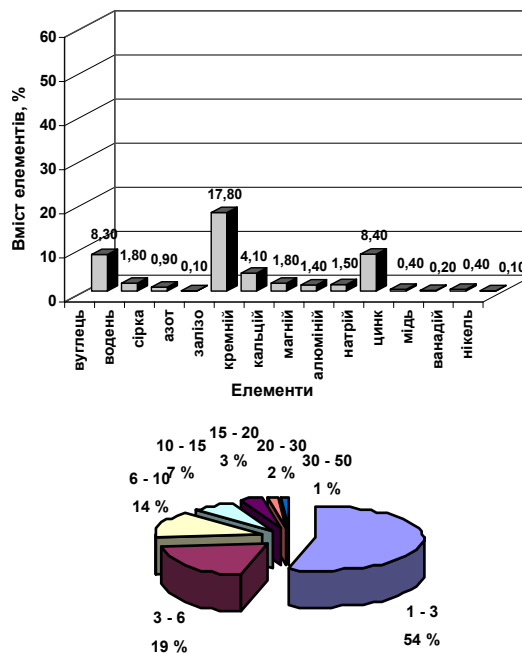


Рис. 3. Елементний склад та дисперсна характеристика забруднень палива ТС-1 у резервуарах нафтобаз (концентрація забруднень 0,009 кг/м³, усереднені дані) [4]

На даному етапі зміну якісних властивостей палив визначають всі фізичні та хімічні процеси, що наведені на рис. 1. Проведені дослідження підтвердили існуючий експлуатаційний досвід [4, 6, 8], що після 5-ти річного зберігання паливо, як правило, має практично граничне значення по показнику фактичних смол і термоокиснювальної стабільності в статичних і динамічних умовах. Окрім цього, можна вважати, що постійна наявність значної кількості мілко дисперсних механічних домішок різного елементного складу може посилювати окиснювальні процеси в паливах. Отримані результати свідчать про інтенсивне протікання процесів окиснення наряду із значним зниженням концентрацій антиокислювальних присадок. Таке паливо зменшує стійкість герметизуючих матеріалів, зокрема нитрільної резини, за рахунок дії на неї вільних радикалів. Слід також зазначити, що в літній період за рахунок дії температурного чинника спостерігається посилення процесів окиснення, в зимовий період – процесів утворення осаду.

Статистичні дані свідчать про те, що 30% всіх корозійних пошкоджень технологічного обладнання зумовлені процесами за участю мікроорганізмів, які виділяють при цьому продукти метаболізму (CO_2 , H_2S , NH_3 , SO_3 , N_2O_5 і ін), що сприяють корозії.

Біологічна корозія пошкоджує в першу чергу підземне обладнання, трубопроводи. У відсутності кисню створюються сприятливі умови для інтенсивного розвитку анаеробних сульфатвідновлювальних бактерій. Їх життєдіяльність викликає аварійні прориви трубопроводів, корозію сталевих резервуарів зберігання нафтопродуктів, пошкодження паливних баків літаків, передчасне забивання паливних наземних і літакових фільтрів, датчиків індикації кількості палива.

Для біоповшкодження палива характерні наступні прояви: 1) скупчення шламу (води з різними забрудненнями, включаючи бактеріальний слиз) в донній частині паливних баків і резервуарів; 2) погіршення кондиційності палива, у тому числі утворення стійких емульсій типу вода-олива, підвищення кислотності, зміна запаху і кольору палива, забруднення зваженими частинками міцелію і слизу; 3) відкладення міцелію і колоній бактерій на внутрішніх стінках паливних систем, резервуарів, забивання трубопроводів і фільтрів; 4) розвиток корозії резервуарів у донній частині, де скупчується водний шлам, в особливості на межі розділу паливо-вода; 5) руйнування або відшарування захисних покриттів під скупченнями колоній мікроорганізмів, руйнування метаболітами ущільнень і герметиків [9, 10].

На четвертому етапі паливо подається по схемі: паливозаправник – літак або система централізованого заправлення – сервісор – літак. Згідно нормативних вимог, обидві схеми передбачають обов'язкове проведення технологічних операцій по підготовці палива для заправки в літак, зокрема фільтрацію палива через фільтри з тонкістю очищення до 3 – 5 мкм. Тому в баки літака надходить ТДФ від 1

до 3 мкм, що може становити 54 % від загальної маси забруднень. Згідно ГОСТ 17216 гранулометрично нормується рівень чистоти і авіаційне паливо повинно відповідати шостому класу. Але керуючись діючими нормативами цивільної авіації та під час всіх етапів контролю якості палива, в тому числі і при заправці літака, гранулометричний аналіз механічних забруднень не здійснюється. Як свідчать дані [4], паливо, що надходить до літака, у своєму складі містить велику кількість ТДФ розміром від 1 до 5 мкм приблизно 0,0005 – 0,00713 кг/т забруднень і розчиненої води приблизно 0,004 – 0,008%. Отже, при наявності залишкових забруднень в паливних баках літака, що містять не тільки механічні домішки, а й продукти окиснення вуглеводневих палив, постійне надходження нових мілко дисперсних забруднень може спричинити відповідні порушення роботи паливної системи.

Висновки

1. На сьогоднішній день відсутній системний підхід при оцінці змін якісних властивостей палив в процесі їх експлуатації.
2. Фізико-хімічні процеси, що протікають в паливі з моменту виробництва до експлуатації в паливній системі літака, спричиняють постійне погіршення його якості.
3. В процесі гідродинамічного стану палива на енергетичному рівні закладаються передумови для погіршення показників його якості в умовах експлуатації.
4. Наявність значної кількості ТДФ 1-3 мкм в паливах знижує рівень надійності паливної системи літака.

Список літератури

1. Захарчук П.П. Дослідження фактичної забрудненості авіапалив при підготовці їх до заправки / П.П. Захарчук, О.Л. Матвеева, В.І. Терехін // Промислова гідрравліка і пневматика. – 2006. – № 1 (11). – С. 18-23.
2. Матвеева О.Л. Особливості тривалого зберігання світлих нафтопродуктів / О.Л. Матвеева, С.Л. Столінець // Вісник НАУ. – 2003. – № 3. – С. 268-272.
3. Матвеева О.Л. Особливості хімічних змін в паливах при зберіганні / О.Л. Матвеева, С.Л. Столінець // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції "Авіа 2003". – 2003. – Т. IV. – С. 41.117-41.120.
4. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов: 2-е изд. / Г.Ф. Большаков. – Л.: Недра, 1984. – 349 с.
5. Чертков Я.Б. Загрязнения и методы очистки нефтяных топлив / Я.Б. Чертков, К.В. Рыбаков, В.Н. Зрелов. – М.: Химия, 1970. – 238 с.
6. Большаков Г.Ф. Образование гетерогенной системы при окислении углеводородных топлив / Г.Ф. Большаков. – Новосибирск: Наука, 1990. – 247 с.
7. Сравнительная оценка качества топлива ТС-1, вырабатываемого на различных нефтеперерабатывающих заводах / А.Ф. Горенков, И.Г. Ключко, В.А. Гладких и др. // Проблемы химмотологии и повышения эффективности горючего, смазочных материалов и специальных жидкостей. – М.: Воен. издат., 1980. – С. 7-12.

8. Денисов Е.Т. Окисление и стабилизация реактивных топлив / Е.Т. Денисов, Г.И. Ковалев. – М.: Химия, 1983. – 272 с.

9. Матвеева Е.Л. Микробиологическое поражение авиационных топлив / Е.Л. Матвеева, О.А. Васильченко, Д.А. Демянко // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 2(26). – С. 152-156.

10. Vasylychenko O.A. Biotechnological aspects of hy-

drocarbons biodegradation / O.A. Vasylychenko, O.R. Aliieva, O.L. Matvyeyeva, A.M. Salata // Біотехнологія. – 2012. – Т.5. – №2. – С. 41-50.

Надійшла до редколегії 28.02.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Національний авіаційний університет, Київ.

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕАКТИВНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ «ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА»

Е.Л. Матвеева

Проведено исследование изменения качества реактивных топлив с момента их производства до применения в самолете. Определено, что физико-химические процессы в эксплуатационных условиях существенно влияют на качественные свойства реактивных топлив.

Ключевые слова: топливо, загрязнение, эксплуатация, окисление.

CHANGES IN THE QUALITY OF JET FUEL FOR GAS TURBINE ENGINES IN THE "LIFE CYCLE"

O.L. Matvyeyeva

Research of change of quality of reactive fuels is conducted from the moment of their production to application in an airplane. It is certain that physical and chemical processes in operating terms substantially influence on high-quality properties of reactive fuels.

Keywords: fuel, contamination, exploitation, oxidization.