

УДК 662/753 (045)

ЗВ'ЯЗОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧОЇ РІДИНИ ГІДРОНІКОЙЛ FH-51 З КІНЕТИКОЮ ХІМІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЇЇ ВУГЛЕВОДНЕВОГО СКЛАДУ

Кузнєцова О. Я., канд. техн. наук, доц., Нетреба Ж. М., Соловійов А. М., д-р техн. наук., проф.

Національний авіаційний університет

elena2055@ukr.net

У роботі подано результати дослідження кінетики хімічних перетворень вуглеводнів робочих рідин та знайдено показник якості, який здатен виявити початок змін експлуатаційних властивостей гідравлічних рідин під час експлуатації.

Ключові слова: хімічні перетворення, якість рідини, технологія, процес контролю якості.

Result of research of chemical transformations kinetic of hydrocarbons working liquid is given. Quality index which is able to detect changes in the beginning of operation properties of hydraulic liquid during operation is found.

Keywords: chemical transformations, quality of the liquid, technology, process of quality control.

Вступ

Ефективність використання та надійність повітряного транспорту, у тому числі, здебільшого залежить від якості робочої рідини, якою заправлена гідравлічна система повітряного судна (ПС). Відомо, що під час роботи гідравлічної рідини в гідросистемі ПС на неї діє низка зовнішніх чинників, які спричиняють погіршення її експлуатаційних властивостей. Аналіз несправностей та відмов, виявлених під час експлуатації ПС, показав, що до 34,62 % з них від загальної кількості функціональних систем ПС припадає на основну гідравлічну систему та підсистему шасі.

Наразі в Україні контроль якості гідравлічних рідин виконується відповідно до «Інструкції з забезпечення заправки повітряних суден паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України», затвердженої Наказом Державіаслужби 14.06.2006 р. № 416. Інструкція встановлює технологію прийому, зберігання, заправки, контролю якості гідравлічних рідин з моменту їх поставки на підприємство цивільного авіаційного транспорту, впродовж усього терміну експлуатації в гідросистемі літака та утилізації. Зазначена інструкція наслідує вказані технологічні прийоми, види, методи аналізів якості та методики контролю якості гідравлічних рідин, які існували ще за радянських часів та були регламентовані «Инструкцией по применению и контролю качества авиаГСМ и специальных жидкостей в гражданской авиации», затвердженої наказом Міністерства цивільної авіації СРСР від 17.12.84 р. № 265. Остання замінила собою попередню з деякими переробками, які не змінювали суті технології прийому, видів, методів аналізів якості та методик контролю якості, регламентованих попередньою «Инструкцией по

применению и контролю качества авиаГСМ и специальных жидкостей в гражданской авиации», затвердженої ще наказом Міністерства цивільної авіації СРСР від 11.07.78 р. №119. Отже, впродовж понад 30 років залишається не змінюваним як сам процес контролю якості, так і технологія контролю якості гідравлічних рідин, що не забезпечує сучасні вимоги до якості гідравлічних рідин та надійності ПС.

Проте, слід зазначити, що за останні 15–20 років в Україні відбулися процеси, в наслідок яких змінилися як застосовувана гідравлічна рідина, так і авіаційна техніка, де її належить використовувати. Зараз підприємства цивільної авіації України забезпечуються гідравлічною рідиною Гідронікойл FH-51, що виробляється французькою фірмою «НІКО», та поширюється в Україну через російські та українські торгові фірми. Гідронікойл FH-51 замінена гідравлічна рідина АМГ-10, яка застосовувалася раніше багато років, ще за радянських часів і, яку й зараз застосовують та виробляють в Росії.

Із прайсів виробника відомо, що Гідронікойл FH-51 — мінеральна гідравлічна рідина, яка за своїм хімічним складом та показниками якості є аналогом робочої рідини АМГ-10, до того ж, майже вдвічі дешевша за неї.

Однак, наскільки відомо авторам, спеціальних досліджень щодо встановлення і порівняння хімічного складу та властивостей Гідронікойл FH-51 з АМГ-10 поки що не проводилося. Окрім того, рідина АМГ-10 налаштована на використання в гідравлічних системах літаків типу Ан і Ту, які на сьогодні ще складають український парк літаків.

Стосовно рідини Гідронікойл FH-51, вона призначена для використання в гідравлічних системах літаків типу Боїнг, якими насичений парк закордонних авіакомпаній.

Сьогодні авіакомпаніями України експлуатуються як сучасні ПС типу Ан, так і радянського виробництва, та закордонні літаки типу Боїнг. Останні, до того ж, ще й мають ресурс роботи близький до максимального. Гідравлічні системи зазначених типів ПС відрізняються застосованими ущільнювальними матеріалами, режимами роботи гідравлічної системи в цілому та її агрегатів.

На підставі попередніх багаторічних досліджень вуглеводневий склад АМГ-10 узгоджений з властивостями ущільнювальних матеріалів у конструкції гідравлічних систем літаків типів Ан і Ту, з температурними і навантажувальними режимами її роботи. До того ж сировиною для виробництва робочих рідин АМГ-10 та FH-51 слугують нафти, здобуті на різних континентах, які ніяк не матимуть достатньо ідентичного хімічного складу. Сьогодні, порівняно з минулими роками, суттєво розширився спектр кліматичних зон, куди виконують рейси авіакомпанії України, в першу чергу маються на увазі країни Африки та Азії, та клімат у самій Україні за останні роки зазнав значного потепління. Підвищена температура є найголовнішим чинником, який зумовлює окислювальні та хімічні процеси, що протікають у вуглеводневому складі гідравлічної рідини під час експлуатації, спричиняючи утворення твердої фази, корозію елементів та агрегатів гідросистеми, тим самим впливаючи на появу відмов та несправностей.

Слід зазначити, що змінилися економічні взаємовідносини між експлуатаційними службами підприємств цивільної авіації та авіакомпаніями. Раніше в умовах централізованого управління діяльністю авіапідприємств, коли наземні експлуатаційні служби та ПС належали одному власнику — державі, існувало повне узгодження дій щодо проведення контролю якості гідравлічної рідини з моменту її заправлення в бак літака, впродовж усього терміну роботи в гідросистемі літака до повного зливу через певний час напруцювання. Наразі в умовах комерційних відносин між експлуатаційними службами авіапідприємств та авіакомпаніями всі необхідні випробування щодо контролю якості гідравлічної рідини не тільки фінансуються компанією-власником літака, а й ним же замовляється кількість та перелік тестувань. Тому компанії-власники літака найчастіше не дотримуються вимог чинної інструкції контролю якості гідравлічних рідин.

Постановка питання

У зв'язку з цим, не можливо користуватися технологічними прийомами, методами та методиками контролю якості гідравлічних рідин, розроблених понад 30 років тому.

На сьогодні першочерговим завданням є удосконалення існуючої технології процесу контролю якості гідравлічних рідин відповідно до сучасних умов їх експлуатації.

Результати досліджень

У цій статті представлено результати дослідження хімічних перетворень у складі гідравлічної рідини Гідронікойл FH-51 залежно від часу нальоту. З цією метою досліджувалися такі зразки гідравлічної рідини Гідронікойл FH-51:

- зразок № 1: товарна рідина;
- зразок № 2: після нальоту 300 год;
- зразок № 3: після нальоту 380 год.

Спочатку методом атмосферно-вакуумної перегонки за ГОСТ 2177–66 усі зразки були розділені на окремі фракції:

- перша фракція: початок кипіння (ПК) — до появи димності при атмосферному тиску;
- друга фракція: фракції, які переганяються під вакуумом при тиску 1 мм рт.ст. до появи димності;
- залишок після дистиляції зразків.

У праці [1] подано результати дослідження хімічних перетворень вуглеводнів гідравлічної рідини Гідронікойл FH-51 на прикладі перших фракцій. Дана робота надає результати дослідження хімічних перетворень вуглеводнів гідравлічної рідини Гідронікойл FH-51, які відбуваються в інших фракціях указаних зразків.

На рис. 1, 2 та рис. 3 подано отримані результати. Як бачимо, до складу других фракцій у найбільшій кількості входять парафінонафтеніві вуглеводні. При цьому в зразку № 2 вміст парафінів збільшився на 1,0 %, у зразку № 3 — на 3,3 % порівняно з товарною рідиною (зразок № 1). Також значно збільшився загальний вміст нафтенів, а саме: у зразку № 2 у 1,5 рази більше, у зразку № 3 — у 2,5 рази відносно зразка товарної рідини. Практично у стільки ж разів збільшився вміст окремо моно-, бі- і трициклічних нафтенів у зразках № 2 та № 3 порівняно з зразком № 1 (товарна рідина).

Загальний вміст парафінових вуглеводнів збільшився в результаті протікання процесів деструкції алкільних радикалів циклічних сполук. Значні деструктивні процеси з розкриттям нафтенівих циклів, що відбулися з поліциклічними нафтенівими вуглеводнями, спричинили значне зростання вмісту моно-, бі- і трициклічних нафтенів у зразках № 2 та № 3 порівняно з зразком № 1 товарної рідини.

Унаслідок деструкції алкільних радикалів алкілбензолів збільшився вміст ароматичних вуглеводнів у зразку № 2 на 0,1 %, у зразку № 3 —

на 1,0 % порівняно з такою ж фракцією зразку № 1 (рис. 3).

%, мас.

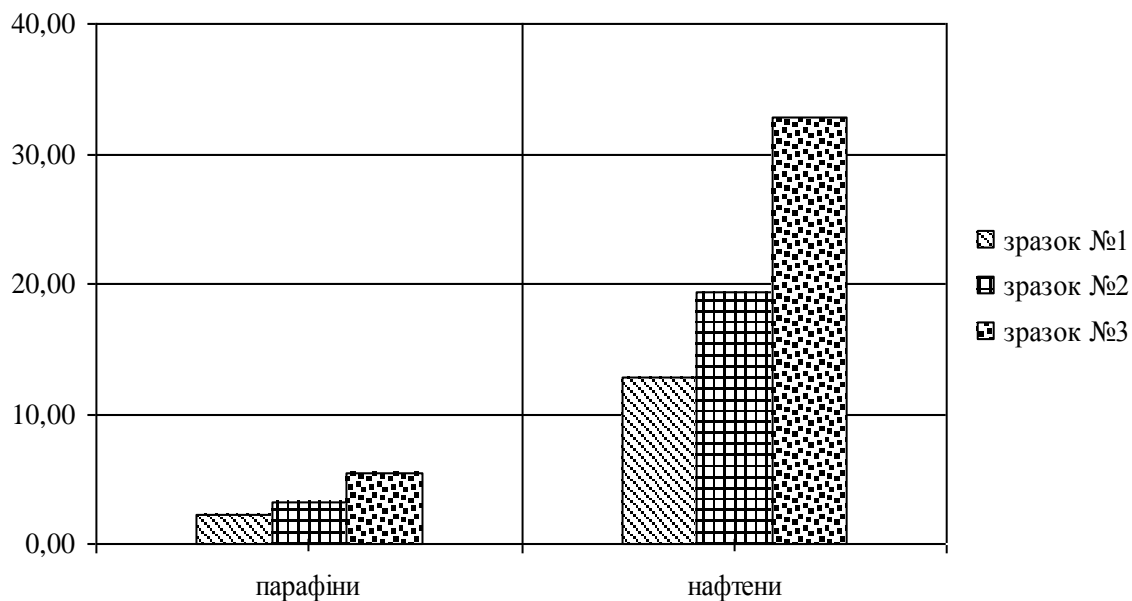


Рис. 1. Уміст парафінів та нафтенів у других фракціях зразків рідини Гідронікойл FH-51

%, мас.

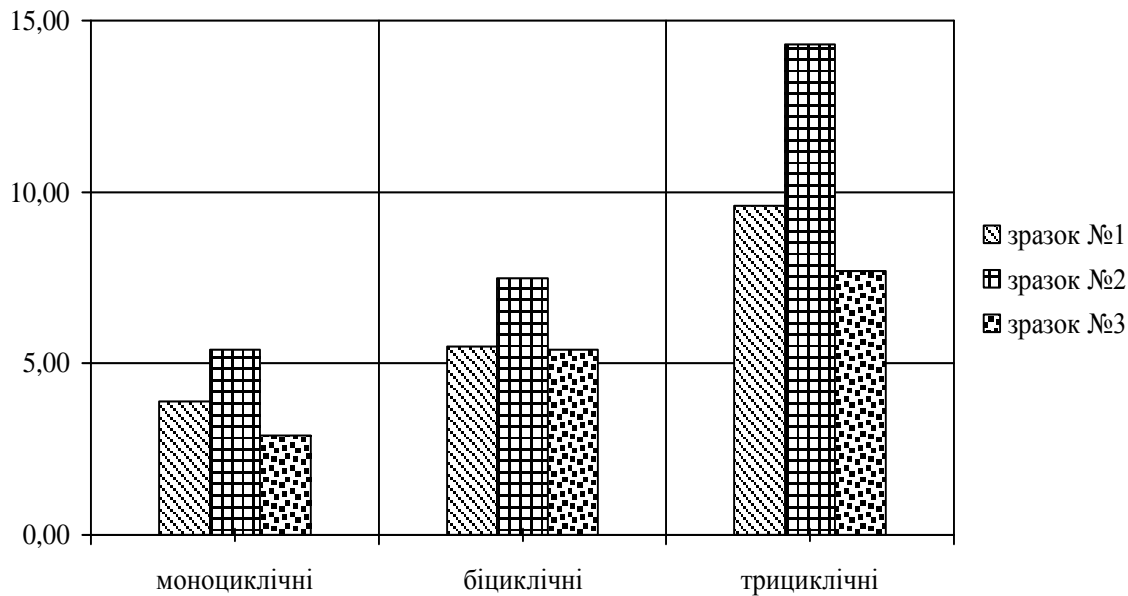


Рис. 2. Вміст нафтенів у других фракціях зразків рідини Гідронікойл FH-51

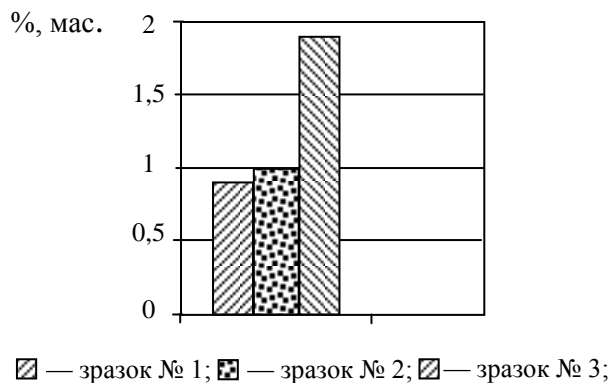


Рис. 3. Вміст ароматичних вуглеводнів у других фракціях зразків рідини Гідронікойл FH-51

Таким чином, унаслідок протікання процесів ущільнення ненасичених вуглеводнів, які утворилися при деструкції нафтенів перших фракцій [1], спочатку зростає з часом вміст вторинних нафтенів у зразках других фракцій рідини Гідронікойл FH-51.

Вміст вторинних нафтенів особливо значно збільшується в інтервалі часу 300–380 год.

На підставі експериментально встановленої кінетики хімічних перетворень у молекулах нафтових вуглеводнів, що протікають в умовах нестабільної дифузії атмосферного кисню [1], знайдено формулу, яка описує вміст $ND(t)$ новоутворених молекул нафтових вуглеводнів через час t роботи рідини в гідравлічній системі ПС:

$$ND(t) = 12,7 + 2,52 \cdot 10^{-12} \cdot t^5 \text{ (мас. \%)}.$$

Таким чином, внаслідок протікання вищеписаних процесів спостерігається зменшення вмісту легких вуглеводнів та утворення висококиплячих, що погіршує експлуатаційні властивості гідравлічної рідини.

У зв'язку з цим, постає завдання вибору показників якості, які виступатимуть індикаторами зміни хімічного складу гідравлічної рідини та її експлуатаційних властивостей під час роботи.

Як відомо, на значення кінематичної в'язкості гідравлічної рідини за температури 50 °C впли-

ває вміст ароматичних та ненасичених вуглеводнів. Випливає гіпотеза про те, що показником якості, який «відчуватиме» зміни вуглеводневого складу рідини в напрямі описаних взаємоперетворень вуглеводнів гідравлічної рідини, може виступати показник «кінематична в'язкість за температури 50°C».

Отже, з метою перевірки сформульованої гіпотези та виявлення динаміки зміни експлуатаційних властивостей гідравлічних рідин під час експлуатації було протестовано за цим показником якості, такі зразки гідравлічних рідин АМГ-10 та FH-51:

- товарні,
- після нальоту 500, 1000 та 3600 год.

Результати подано на рис. 4. Як бачимо, в інтервалі часу від 300 до 500 год роботи гідравлічної рідини в гідросистемі повітряного судна цей показник якості для АМГ-10 змінюється в інтервалі від 10,00 до 9,85 мм²/с, для FH-51 — від 13,50 до 13,30 мм²/с.

Відповідно до паспорту якості на гідравлічну рідину АМГ-10 за ГОСТ- 6794-75 показник якості кінематична в'язкість при 50 °C нормується не менше як 10,19 мм²/с.

За специфікацією MIL-H-5606 на гідравлічну рідину FH-51 цей показник якості нормується як не менше 13,00 мм²/с.

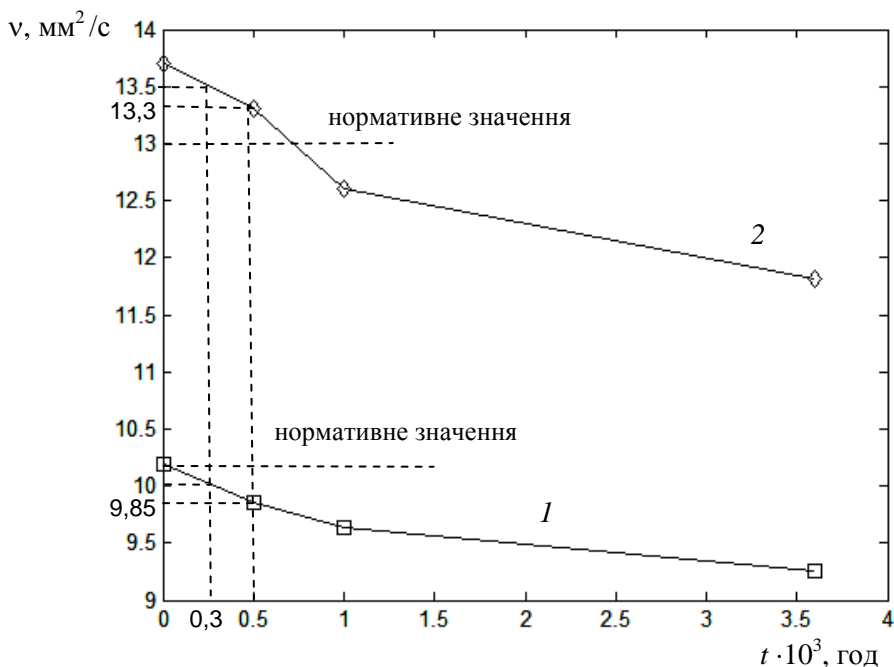


Рис. 4. Графік залежності кінематичної в'язкості за температури 50 °C робочих рідин АМГ-10 (1) та Гідронікойл FH-51 (2) від наробітку в гідравлічній системі ПС

На підставі експериментальних даних знайдено формули, які подають залежність кінематичної в'язкості за температури 50 °С від наробітку для досліджуваних гідравлічних рідин:

— АМГ-10

$$\nu = \frac{9,19}{(1 - 0,098)\exp(-0,7494 \cdot 10^{-3}t)};$$

— FH-51

$$\nu = \frac{11,5457}{(1 - 0,16)\exp(-0,5518 \cdot 10^{-3}t)}.$$

Висновки

Проведено дослідження щодо зміни вуглеводневого складу гідравлічної рідини Гідронікойл FH-51 з часом експлуатації ПС. Установлено, що відбувається зменшення вмісту легких вуглеводнів, збільшення кількості висококиплячих вуглеводнів, та знайдена кінетична модель, яка описує новоутворення молекул вторинних нафтоєвих вуглеводнів під час експлуатації ПС.

Визначено, що показник якості кінематична в'язкість за температури 50 °С може бути обраний таким, який здатен виявити початок змін експлуатаційних властивостей гідравлічних рідин під час експлуатації.

Знайдено, що для гідравлічної рідини АМГ-10 показник якості кінематична в'язкість за температури 50 °С в інтервалі часу від 300 до 500 год роботи має значення менше нормативного, а для рідини Гідронікойл FH-51 — на межі нормативного, нижче якого згідно з чинною інструкцією гідравлічну рідину використовувати в гідросистемі ПС заборонено.

Знайдено математичну залежність кінематичної в'язкості за температури 50 °С від наробітку для гідравлічних рідин АМГ-10 та Гідронікойл FH-51, що дає можливість прогнозувати зміни експлуатаційних властивостей гідравлічних рідин під час експлуатації.

Таким чином, отримані результати уможливають удосконалення технології процесу контролю якості гідравлічних рідин з метою забезпечення необхідного рівня її якості та надійності ПС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнєцова О. Я. Кінетика хімічних перетворень вуглеводнів робочої рідини FH-51 в період експлуатації повітряного судна / О. Я. Кузнєцова, Ж. М. Нетреба. — К. : Наукоємні технології, 2010. — № 2. — С. 39–42.

Стаття надійшла до редакції 26.04.2011.