

УДК 662/753 (045)

## КІНЕТИКА ХІМІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВУГЛЕВОДНІВ РОБОЧОЇ РІДИНИ FH-51 ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

Кузнєцова О. Я., канд. техн. наук, Нетреба Ж. М.

Національний авіаційний університет м. Київ, Україна

elena2055@ukr.net

*На сьогодні в гідросистемах повітряних суден авіакомпаній України застосовується французька гідравлічна рідина «Гідронікойл» FH-51. Під час експлуатації повітряного судна під дією зовнішніх факторів відбуваються хімічні перетворення в молекулах вуглеводнів рідини. У роботі досліджено кінетику та знайдено модель зазначених хімічних перетворень, що забезпечуватиме досягнення необхідного рівня якості рідини та надійності повітряного судна.*

**Ключові слова:** хімічні перетворення, якість рідини, надійність повітряного судна.

*Today the French hydraulic liquid «Hydronicoil» FH-51 is used in aircraft hydrosystems of Ukraine airlines. During aircraft exploitation under the action of external factors there are chemical transformations in molecules of liquid hydrocarbons. Research on kinetics of chemical transformations of hydrocarbons of working liquid FH-51 is carried out. The model of the noted chemical transformations, which provide achievement of necessary quality level of the liquid and aircraft reliability, is found.*

**Keywords:** chemical transformations, quality of the liquid, aircraft reliability.

### Вступ

Гідравлічні системи повітряного судна (ПС) функціонують як силові пристрої та приводи в механізмах випуску і прибирання шасі, гальмівних щитків, зміни форми та геометрії крила, управління двигунами та повітряними гвинтами. Рідина являє собою один із головних конструктивних елементів гідравлічної системи і тому від її якості залежать як техніко-економічні показники цієї системи, так і надійність ПС у цілому.

Технологічні процеси виробництва гідравлічної рідини забезпечують оптимальний вуглеводневий склад гідравлічної рідини, за рахунок чого досягаються задовільні експлуатаційні властивості рідини [1]. Під час експлуатації ПС гідравлічна рідина перебуває під дією різних зовнішніх факторів, а саме: кисню повітря, контакту з металами, змінних температури та тиску, внаслідок чого змінюється її хімічний склад і, відповідно, експлуатаційні властивості, що впливає на надійність гідравлічної системи та ПС у цілому.

Надійність, загалом, є комплексом властивостей об'єкта експлуатації, які закладаються при проектуванні, забезпечуються у виробництві та підтримуються в експлуатації.

Надійність ПС визначається через розрахунок показників надійності. Під час визначення показників надійності суттєва роль відводиться інформації, яка надходить від авіакомпаній, що забезпечує здійснення контролю надійності всіх життєво важливих елементів ПС і регулярного визначення кількісних характеристик надійності. Для оцінки надійності ПС застосовують статистичну обробку даних про несправності, відмови і дефекти, що спостерігаються в експлуатації.

На сьогодні парк ПС авіакомпаній України складається з авіаційної техніки (АТ) як вітчизняних, так і іноземних виробників [2]. Визначення стану надійності вітчизняної АТ регламентує АП-25, іноземної — FAR та JAR.

Відповідно, цими документами регламентовано визначення різних показників надійності та ефективності ПС. Із порівняльного аналізу цих показників, авторами праці [2] виділено три основні групи:

- показники, якими оцінюють та контролюють стан надійності і ефективності функціональних систем, видів обладнання, основних виробів та літака в цілому;
- показники, якими оцінюють надійність компонентів, тобто комплектуючих виробів;
- показники для оцінки надійності двигунів силової установки (СУ) літака.

Для вітчизняної техніки показники надійності та ефективності розраховуються для відмов, які виявлені в польоті та в експлуатації, а для іноземної — у польоті та на землі.

З метою оцінки стану надійності як вітчизняної, так і іноземної АТ достатньо розрахувати такі показники надійності:  $K_{1000}$ ,  $K_{100}$ , та кількість відмов за певний період [2].

Кількість відмов  $K_{1000}$  на 1000 год наробітку визначається так:

$$K_{1000} = \frac{n_e}{t_\Sigma} 1000.$$

Кількість відмов  $K_{100}$  на 100 польотних циклів розраховується так:

$$K_{100c} = \frac{n_n}{t_c} 100,$$

де  $t_{\Sigma}$  — напрацювання за рік;  $t_c$  — напрацювання польотних циклах;  $n_e$  — кількість відмов, виявлених в експлуатації;  $n_n$  — кількість відмов, виявлених пілотами на 100 польотних циклів.

Як приклад, на рис. 1 подано розподіл  $K_{100}$  для гідравлічної системи В737 – 300/400/500 за

період 01.2008–12.2010 рр. PS однієї з провідних авіакомпаній України.

Статистичні дані надані директором НДЦ інформаційного супроводження експлуатації авіаційної техніки та газотранспортного обладнання проф. Кучером О. Г.

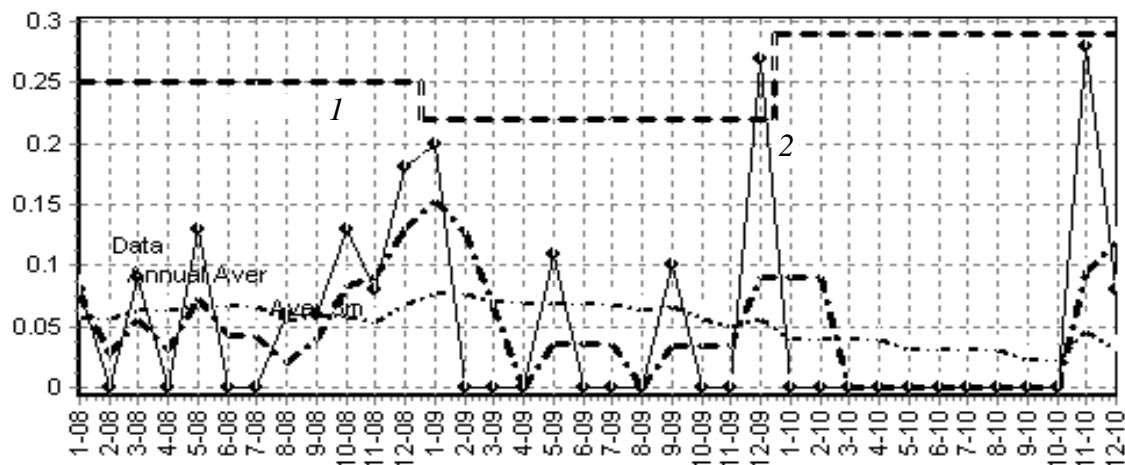


Рис. 1. Розподіл  $K_{100}$  для основної гідравлічної системи В737–300/400/500 за період 01.2008–12.2010 рр.:

1 — контрольний рівень надійності; 2 —  $K_{100}$

Аналіз наведених статистичних даних показує, що рівень надійності основної гідравлічної системи як наближується до контрольного за поточні роки, так і перевищує його, що створює загрозу безпеці польотів. До того ж, особливо різка зміна надійності основної гідравлічної системи спостерігалася в період з 09.2008–01.2009 рр.

**Постановка питання.** У зв'язку з цим, виявлення кінетики зміни хімічного складу гідравлічної рідини під час експлуатації PS є важливим питанням для забезпечення необхідного рівня її якості та надійності PS.

**Результати досліджень.** Сьогодні в гідравлічній системі літаків Європейських авіакомпаній, у тому числі й Українських, застосовують гідравлічну рідину «Гідронікойл» FH-51, що виробляється французькою фірмою «НІКО».

У цій роботі наведено результати дослідження хімічних перетворень у складі гідравлічної рідини FH-51 залежно від часу нальоту. З цією метою досліджувалися такі зразки гідравлічної рідини 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 перегонки зразків.

На рис. 2 наведено отримані результати. Як бачимо, вихід першої фракції зразка рідини 2 на 5,2 % менше, чим у аналогічного зразка товарної рідини. Вихід першої фракції зразка рідини 3 менше на 22,3 %, чим у зразка товарної рідини (див. рис. 1). Відповідно збільшився вихід других фракцій 2 на 6,2 та 3 на 22,9 % порівняно із зразком товарної рідини. Це свідчить про протікання хімічних процесів, що спричиняють зменшення кількості низькокиплячих вуглеводнів у складі гідравлічної рідини з часом роботи та відповідно збільшення висококиплячих.

Отже, наявні підстави, що уможливають висунути гіпотезу про те, що з часом роботи рідини в гідравлічній системі літака хімічні перетворення вуглеводнів протікають у напрямі утворення важких висококиплячих вуглеводнів. З метою виявлення кінетики протікання зазначених хімічних перетворень у вуглеводневому складі гідравлічної рідини FH-51, необхідно дослідити зміни хімічного складу окремо у фракціях кожного зразка. У зв'язку з цим фракції кожного зразка були розділені на групи вуглеводнів методом рідинної хроматографії. На рис. 3 подано результати експериментів щодо хроматографічного розділення перших фракцій зразків рідини. Як бачимо, в зразку 3 суттєво зменшився вміст нафтових вуглеводнів, зокрема, біта трициклічних порівняно як зі зразком товарної рідини (зразком 1), так і зразком 2. Водночас у зразку 3 значно зріс вміст ароматичних вуглеводнів, особливо алкілбензолів (на 10,2 %) порівняно з зразком як товарної рідини, так і зразком 2 (рис. 4).

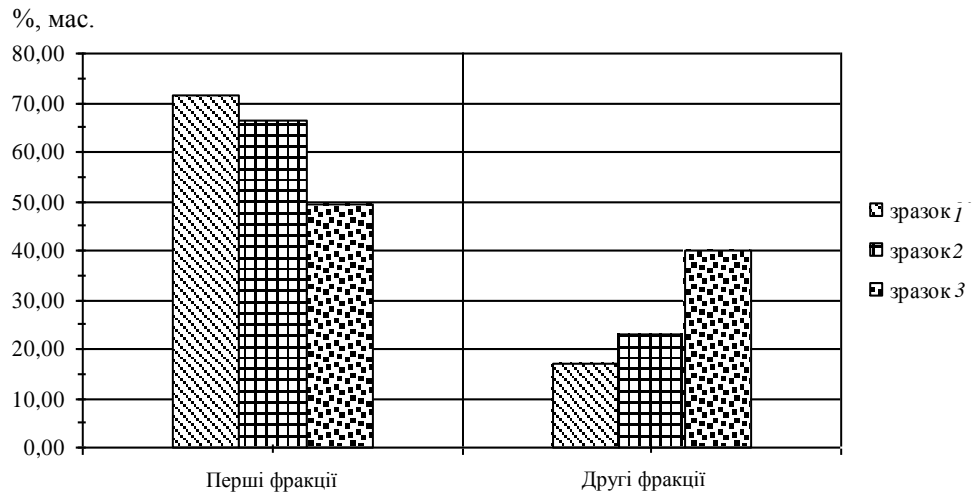


Рис. 2. Вихід перших та других фракцій зразків рідини FH-51

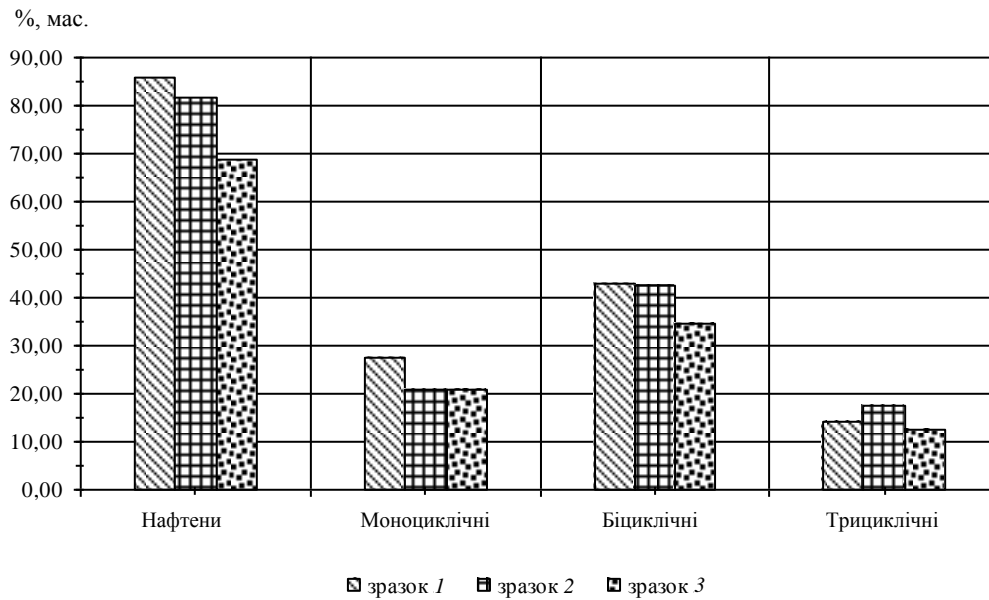


Рис. 3. Вміст нафтових вуглеводнів у перших фракціях зразків рідини FH-51

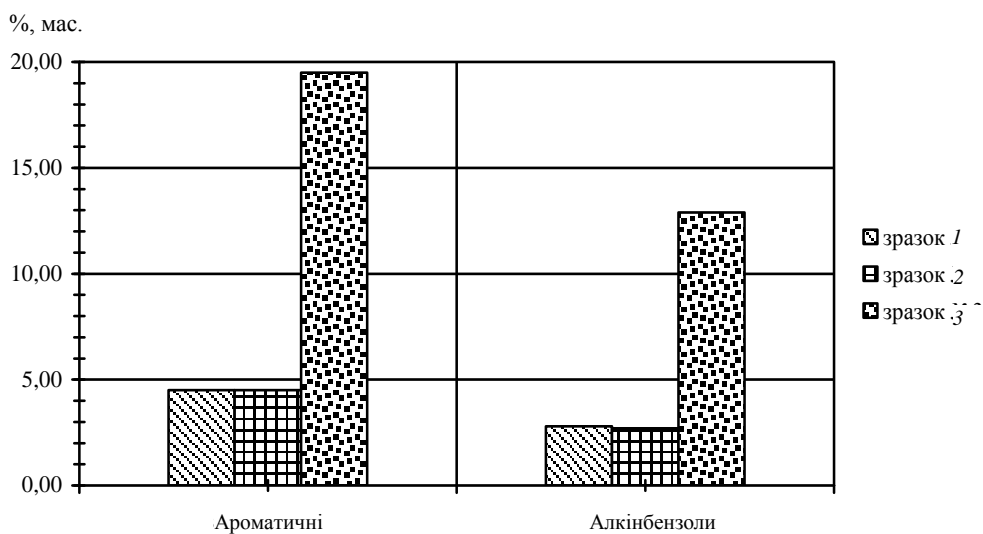


Рис. 4. Вміст ароматичних вуглеводнів у перших фракціях зразків рідини FH-51

Причому, значно підвищився вміст тільки гомологів  $C_9 - C_{11}$  порівняно із зразком 2, що свідчить про наявність реакцій деструкції, тобто розриву нафтових кілець у бі- та трициклічних структурах.

При розриві кільця в біциклічних нафтових вуглеводнів утворюються мононафтові вуглеводні. При розриві кільця в трициклічних нафтових вуглеводнів утворюються біциклічні нафтени. Далі протікають реакції дегідрування новоутворених моно- і біциклічних нафтових, у результаті чого утворюються ненасичені нафтові вуглеводні з одним та двома подвійними зв'язками і алкілбензоли.

Протікання описаних хімічних перетворень у молекулах нафтових вуглеводнів підтверджують дані експерименту, тобто, як вже було сказано вище, в зразку рідини 3 спостерігається як загальне зменшення вмісту нафтенів, так і саме бі- та трициклічних нафтових структур. У свою чергу значно збільшується вміст ароматичних вуглеводнів.

Утворені ненасичені моно-, бі- та трициклічні нафтові структури є не стабільними, здатними до ущільнення. Саме ущільнення ненасичених нафто-ароматичних сполук, що утворюються в процесах дегідрування нафтенів, і призводить до зменшення вмісту в перших фракціях зразків 2 і 3 всіх типів нафтових сполук і збільшення вмісту відповідних сполук, які мають більшу молекулярну масу і вищу температуру кипіння. Внаслідок цього збільшився вихід других фракцій цих зразків порівняно з товарною рідиною, що показано на рис. 2.

На підставі експериментально встановленої кінетики хімічних перетворень в молекулах нафтових вуглеводнів, що протікають в умовах нестабільної дифузії атмосферного кисню [3],

знайдено формулу, яка описує вміст  $N(t)$  новоутворених молекул нафтових вуглеводнів через час  $t$  роботи рідини в гідравлічній системі ПС:

$$N(t) = 85,9 - 5,898 \cdot 10^{-15} \cdot t^6.$$

Результати досліджень показали, що дана кінетична модель може бути застосована для опису хімічних перетворень у молекулах, що відбуваються на початку терміну роботи рідини в гідросистемі ПС, а саме, впродовж приблизно перших 300 – 500 год нальоту.

**Висновки.** Проведено дослідження щодо зміни вуглеводневого складу гідравлічної рідини ФН-51 з часом експлуатації ПС. Встановлено, що відбувається зменшення вмісту низькокиплячих вуглеводнів, збільшення кількості висококиплячих вуглеводнів, та знайдена кінетична модель, яка описує новоутворення молекул нафтових вуглеводнів під час експлуатації ПС. Отримані результати уможливають оптимізацію контролю якості гідравлічної рідини з метою забезпечення необхідного рівня її якості та надійності повітряного судна.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Нетреба Ж. М.* Дослідження хімічних перетворень у вуглеводневому складі робочої рідини «Гідронікойл» ФН-51 / Ж. М. Нетреба, А. М. Соловйов, О. Я. Кузнецова // Вісник НАУ, 2007. — № 2. — С. 84—89.
2. *Кучер О. Г.* Порівняльний аналіз показників надійності й ефективності іноземної та вітчизняної авіаційної техніки / О. Г. Кучер, П. О. Власенко. — К.: Наукоємні технології, 2009. — № 2. — С. 11—19.
3. *Кондратенко П. О.* Фотохімічна дія світла / П. О. Кондратенко: навч. посіб. — К.: Вид-во Центр «Київський університет», 2005. — 401 с.

Стаття надійшла до редакції 21.12.2010.