

УДК 662.735

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКИСНЮВАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ АВІАЦІЙНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ОЛИВ

О. Я. КУЗНЕЦОВА

*Кафедра теоретичної та прикладної фізики, Національний авіаційний університет, Київ, УКРАЇНА
email: elena2055@uiukr.net*

АНОТАЦІЯ. У статті подано результати дослідження структурно-групового складу високомолекулярних продуктів окиснення вуглеводнів та елементного складу золи зразків мінеральної оливи «Гідронікойл FH-51». Встановлено, що при тривалому використанні оливи перебігають процеси термоокиснювального ущільнення олефінів, деструкція антиокиснювальної присадки фенол- α -нафтіламін, утворення асоціатів та високомолекулярних моноолефінових вуглеводнів. Встановлено високий вміст алюмінію, магнію, кальцію, заліза, титану, барію у складі золи, що свідчить про інтенсивне зношування агрегатів гідравлічної системи повітряного судна при тривалому використанні оливи, внаслідок окиснення вуглеводнів оливи.

Ключові слова: окиснення вуглеводнів, елементний склад золи, зношування агрегатів гідравлічної системи.

АННОТАЦИЯ: В статье представлены результаты исследования структурно-группового состава высокомолекулярных продуктов окисления углеводородов та элементного состава зола образцов минерального масла «Гидроникойл FH-51». Установлено, что в процессе длительной эксплуатации масла протекают процессы термоокислительного уплотнения олефинов, деструкция антиокислительной присадки фенол- α -нафтиламин, образование ассоциатов и высокомолекулярных моноолефиновых углеводородов. Установлено большое количество алюминия, магния, кальция, железа, титана, бария, содержащееся в золе, что подтверждает интенсивный износ агрегатов гидравлической системы воздушного судна при длительной эксплуатации, в результате окисления углеводородов масла.

Ключевые слова: окисление углеводородов, элементный состав зола, износ агрегатов гидравлической системы.

RESEARCH OXIDATION STABILITY OF AVIATION MINERAL HYDRAULIC OILS

O. KUZNETSOVA

Department of Theoretical and Applied Physics, National Aviation University, Kyiv, UKRAINE

ABSTRACT. Mineral oils are intended for work during great while, and must have the sufficient guaranteed resources of shelf life, under that understand ability of oil to save chemical composition and operating properties within the limits of the rationed values, to provide reliability of work of the hydraulic system. During time of exploitation of oil under the action of change of concentration of oxygen of air, high temperatures, the dissolved water, contact with metals there are oxidation of hydrocarbons and, as a result, reduction of the guaranteed shelf life of oil resource. ICAO is accepted directive of Doc 9735, that envisages strategic activity of every state - member ICAO, on creation of the global system of providing of safety of flights. In a context last it is necessary to create the home quality control system of hydraulic oils of type of "Hydraunycoil FH-51", that would provide information about the level of the guaranteed shelf life of oil resource in the flow of the long- term of his use in the aircraft hydraulic system.

The structural-group composition of high molecular oxidants of hydrocarbons and element composition of ash of samples of mineral oil of "Hydraunycoil FH-51" are in this connection established. It is set that the processes of thermo oxidation compression of olefines, destruction of antioxidants additive of phenyl- α -naphthylamine, formation of associates and high molecular monoolefine hydrocarbons, flow in the process of the protracted exploitation of oil. The plenty of aluminium, magnesium, calcium, iron, titan, barium, contained in an ash, is set, that confirms the intensive wear of aggregates of the hydraulic system of aircraft during the long-term operation, as a result of oxidation of hydrocarbons of oil.

Keywords: oxidation of hydrocarbons, element composition of ash, wear of aggregates of the hydraulic system.

Вступ

Експлуатаційні властивості гідравлічної оливи забезпечуються певним вуглеводневим складом при її виробництві та визначаються через певні показники якості. Встановлення відповідності значень показників якості гідравлічної оливи нормам чинних інструкцій, які задають межі її використання, відбувається в процесі контролю якості. Мінеральні оливи, призначені для роботи впродовж тривалого часу, мають вирізнятися достатнім гарантованим ресурсом придатності, під яким розуміють здатність

оливи зберігати хімічний склад і експлуатаційні властивості в межах, що забезпечують надійність роботи гідравлічної системи. За час експлуатації оливи під дією змінної концентрації кисню повітря, високих температур, контакту з металами, розчиненої води спричиняється окиснення вуглеводнів та, як наслідок, зменшення гарантованого ресурсу придатності оливи. Чинна технологія контролю якості, яка не змінювана впродовж більше 30 років, регламентує при тривалому використанні лише періодичний відбір проб оливи з гідросистеми повітряного судна для візуального тестування на

наявність води і механічних домішок та, за необхідності, долив оливи в бак до нормованого об'єму [1]. Контроль якості гідравлічної оливи при тривалому використанні на предмет погіршення експлуатаційних властивостей за рахунок перетворень у її вуглеводневому складі чинною інструкцією не передбачено.

Таким чином, актуальною є задача дослідження окиснювальної стабільності оливи при тривалому використанні з метою визначення показників якості для характеристики рівня гарантованого ресурсу придатності оливи при тривалому використанні. Останнє, в кінцевому підсумку, задаватиме шляхи удосконалення технології контролю якості мінеральних гідравлічних оливи типу «Гідронікойл» FH-51.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми

ІКАО прийнята директива Doc 9735 «Руководство по непрерывному мониторингу в рамках Универсальной программы проверок организации контроля за обеспечением безопасности полетов» (МНМ УППКБП), яка передбачає стратегічну діяльність кожної держави – члена ІКАО, в тому числі й України, з створення, починаючи з державного рівня та закінчуючи експлуатантами авіаційної техніки, аеропортами, виробниками авіаційного палива і гідравлічних оливи, та паливозаправними компаніями глобальної системи з забезпечення безпеки польотів [2]. Необхідність створення системи з контролю безпеки польотів на міжнародну рівні викликана низкою причин, що виявлені останнім часом, та впливають на якість паливно-мастильних матеріалів та гідравлічних оливи.

У контексті вищесказаного необхідно дослідити стан хімічного складу гідравлічних оливи типу «Гідронікойл» FH-51 при тривалому використанні з метою удосконалення вітчизняної системи контролю якості.

Слід зазначити, що існує вкрай мало робіт, присвячених дослідженню питань, пов'язаних саме з властивостями мінеральних оливи для гідравлічних систем повітряних суден.

Автори робіт [3,4] досліджували можливість поліпшення протизносних властивостей робочих рідин гідроприводів транспортних машин. Авторами розроблена математична модель формування оболонки поверхнево-активних речовин на продуктах зносу в умовах інтенсифікації адсорбційних процесів електростатичним полем; розкрито механізм формування граничних змащувальних шарів на поверхнях вузлів тертя гідроприводів транспортних машин при електрообробці робочої рідини, показано, що швидкість зношування в результаті електрообробки робочої рідини знижується і залежить від розмірів продуктів зносу.

У роботах [5-10] проведено дослідження старіння гідравлічних оливи типу РМ під час зберігання та експлуатації в автономних гідроприводах систем управління ракетно-космічною технікою. Встановлено основні процеси старіння, які визначають зміну якості цих оливи в умовах експлуатації, визначено оптимальний груповий вуглеводневий склад, який забезпечує їхній високий ресурс роботи.

Автори [11] досліджували методи очистки авіаційної гідравлічної оливи від води та механічних забруднень, які застосовуються на етапі заправлення оливи в гідравлічну систему повітряного судна. Дослідники показали, що з причин забруднення авіаційних гідравлічних рідин емульсійною водою та механічними домішками в 10–12 разів знижується ресурс насосів гідравлічної системи, а тривалість нормального функціонування плунжерних пар паливорегулювальної апаратури – у три рази, в тому числі, із кожних 100 авіаційних ситуацій в гідравлічних системах повітряних суден 15 % спричинено забрудненням робочих рідин. Лабораторні випробування розробленого методу показали високу ефективність цього методу тонкого очищення гідравлічних рідин. Слід зазначити, що наявність в гідравлічній оливі емульсійної, розчиненої води та механічних домішок при тривалому використанні значно прискорює процеси окиснення вуглеводнів оливи, виступаючи, таким чином, супутніми факторами, які спричиняють старіння оливи.

Таким чином, аналіз публікацій показав, що науковці приділяють увагу, в основному, дослідженню способів та методів покращення протизносних властивостей гідравлічних оливи, розробленню ефективних методів їх очищення від води та механічних домішок, водночас не приділяючи проблемі дослідження окиснювальної стабільності авіаційної мінеральної оливи «Гідронікойл FH-51» при тривалому використанні необхідної уваги. Отже, зазначена проблема залишається актуальною.

Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є окиснювальна стабільність оливи «Гідронікойл FH-51» при тривалому використанні.

Метою роботи є дослідження високомолекулярних продуктів окиснення оливи «Гідронікойл FH-51».

Відповідно до поставленої мети дослідження визначено такі задачі:

- дослідження структурно-групового складу високомолекулярних продуктів окиснення зразків оливи;
- дослідження елементного складу золи зразків оливи.

Матеріали та методи дослідження

Олива «Гідронікойл» FH-51 виробляється фірмою NYCO відповідно до специфікації AIR 3520/B (Франція), узгоджена на відповідність специфікаціями MIL-H-5606F департаменту повітряних сил США, DEF STAN 91-48/1 Управління з гарантії якості Міністерства оборони Великобританії, і відповідає нормам технічних вимог ГОСТ 6794 (Росія) на робочу рідину АМГ-10. Мінеральна олива «Гідронікойл» FH-51 виробляється на основі низькозастигаючої фракції з застосуванням процесу глибокої деароматизації з продуктів гідрокрекінгу парафіністих нафт, і складається з парафінових, нафтових та ароматичних вуглеводнів, кількісний вміст яких нормований. До оливи додаються загущуюча, антиокислювальна і протизносна присадки для підвищення її експлуатаційних властивостей, призначена для гідравлічних систем авіаційної техніки для роботи в інтервалі температур навколишнього середовища від -60 до +55 С.

Досліджувалися модельні зразки гідравлічної оливи «Гідронікойл FH-51» на етапі поставки М1 (товарна), та відібрані з реальних гідравлічних систем повітряних суден (ПС) через напрацювання відповідно 300 та 380 годин зразки М2 і М3, та зразок М4 відпрацьованої оливи зливої із гідросистеми ПС після 3600 годин напрацювання.

Досліджувалися зразки залишків після дистиляції оливи на фракції. Для розділення модельних зразків залишків на окремі концентрати використано рідинно-хроматографічний метод та методику, яка подана в роботі [12]. Фізико-хімічні характеристики структурно-групового складу концентратів модельних зразків досліджено методом мас-спектрометрії [13].

Визначення елементного складу золи зразків оливи виконано методом атомно-емісійної спектрометрії за методикою [14].

Результати дослідження

В табл. 1 подано результати хроматографічного розділення зразків залишків оливи. Концентрати отримано промиванням хроматографічної колонки розчинниками. Кисневмісні сполуки вимито з хроматографічної колонки етанолом, парафіни – гексаном, ароматичні вуглеводні – бензолом.

Як бачимо, вміст кисневмісних сполук збільшується з часом роботи оливи в гідравлічній системі повітряного судна, парафінових вуглеводнів зменшується, суттєво зростає вміст ароматичних вуглеводнів, та спостерігається зменшення вмісту антиокислювальної присадки феніл- α -нафтіламіну.

В табл.2 подано результати визначення молекулярно-масового розподілу моноолефінових вуглеводнів в модельних зразках оливи М1 і М4 відповідно. Бачимо, що з часом роботи оливи зменшився вміст гомологів C_{12} , C_{14} та практично у 2 рази збільшився

вміст гомологів C_{16} і C_{18} , а також утворилися високомолекулярні гомологи C_{20} і C_{22} .

Таблиця 1 – Фізико-хімічні характеристики зразків залишків оливи «Гідронікойл FH-51»

| Сполуки | Вміст, % відн. | | | |
|-------------------------------------|----------------|------|------|------|
| | М1 | М2 | М3 | М4 |
| Кисневмісні | 35,2 | 26,7 | 29,4 | 2,5 |
| Парафіни | 35,9 | 35,5 | 28,0 | 29,4 |
| Ароматичні вуглеводні | 7,2 | 13,6 | 26,3 | 3,1 |
| Феніл- α -нафтіламін | 72,9 | 37,4 | 18,0 | 9,2 |
| Карбоніди окиснені сполуки (втрати) | 1,5 | 0,2 | 2,0 | 34,1 |

Таблиця 2 – Фізико-хімічні характеристики моноолефінів

| Сполуки та їхня молекулярна маса, а.о.м. | Кількість атомів вуглецю в молекулі | Вміст, % відн. | |
|--|-------------------------------------|----------------|------|
| | | М1 | М4 |
| Моноолефіни | – | 47,8 | 57,1 |
| 168 | 12 | 35,4 | 27,0 |
| 182 | 13 | 8,7 | 2,6 |
| 196 | 14 | 33,4 | 26,6 |
| 210 | 15 | 5,2 | – |
| 224 | 16 | 8,2 | 16,1 |
| 238 | 17 | 5,0 | 7,6 |
| 252 | 18 | 4,4 | 9,7 |
| 266 | 19 | – | – |
| 280 | 20 | – | 6,8 |
| 294 | 21 | – | – |
| 308 | 22 | – | 3,6 |

В табл. 3 подано результати визначення елементного складу золи модельних зразків М2 і М3 відповідно.

Бачимо, що спостерігається, насамперед, збільшення в 5 разів вміст золи у зразку оливи М3 порівняно з зразком М2, а також елементного складу алюмінію, магнію, кальцію, заліза, титану, барію.

Обговорення результатів

Високий вміст кисневмісних сполук як у зразку М1, так і в зразках М2 і М3 обумовлений як початковим вмістом кисневмісних сполук [15], в цих зразках (див. табл. 1), так і вмістом моноолефінів (див. табл. 2). З табл. 1 бачимо, що у зразку залишку М4 оливи вміст кисневмісних сполук зменшився порівняно із зразком М1 у 14 разів, що спричинено процесом термоокиснювального ущільнення олефінів, а також ущільненням нафтенно-ароматичних вуглеводнів других фракцій [16]. Результатом цих процесів є утворення 34,1 % осаду у зразку оливи

M4, який при хроматографічному розділенні зразку M4 не вимився з колонки.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні характеристики золи зразків оливи «Гідронікойл FH-51»

| Вміст золи та її елементний склад | Вміст, % мас. | |
|-----------------------------------|---------------|-------|
| | M2 | M3 |
| Вміст золи | 0,061 | 0,305 |
| Кремній | >5 | >5 |
| Алюміній | 2 | >5 |
| Магній | 0,3 | >5 |
| Кальцій | 0,2 | >5 |
| Залізо | 0,1 | 1 |
| Марганець | 0,008 | 0,008 |
| Нікель | 0,02 | 0,02 |
| Титан | 0,04 | 0,15 |
| Мідь | 0,05 | 0,05 |
| Свинець | 0,010 | 0,015 |
| Цинк | 0,3 | 0,3 |
| Кадмій | 0,01 | 0,3 |
| Олово | 0,001 | 0,003 |
| Фосфор | >1 | >1 |
| Літій | 0,002 | 0,005 |
| Барій | 0,2 | >1 |

При цьому, внаслідок деструкції парафінів, їх відносний вміст зменшився у зразках M2, M3, M4 в порівнянні із зразком M1 (див. табл. 1). В наслідок дегідрування нафтенних структур збільшується вміст високомолекулярних ароматичних вуглеводнів у зразках M2 і M3 відповідно у 2 рази та майже 4 рази в порівнянні із зразком M1.

Зменшення відносного вмісту у зразках M2 і M3 оливи (див. табл. 1) антиокиснювальної присадки феніл- α -нафтіламіну у порівнянні із зразком M1, спричинено її деструкцією з розривом C-N-зв'язків та утворенням асоціатів з ароматичними, ненасиченими і кисневмісними, ароматичними і нафтенароматичними сполуками.

Поданий у табл.2 молекулярно-масовий розподіл моноолефінових вуглеводнів у зразку M1 показує, що вказані сполуки є олігомерами етилену (парні значення мас основних гомологів C₁₂, C₁₄, C₁₆ і т.д.). Встановлено, що в процесі тривалого застосування оливи в гідравлічній системі ПС (зразок M4) змінився склад моноолефінів, а саме, зменшився вміст перших гомологів C₁₂ і C₁₄ та збільшився вміст гомологів C₁₆ і C₁₈, та утворилися високомолекулярні гомологи C₂₀ і C₂₂, тобто моноолефінові вуглеводні деструктують і ущільнюються. У свою чергу, знайдено збільшення загального вмісту моноолефінових вуглеводнів у зразку M4 на 9,3% у порівнянні із зразком M1.

Результати, подані в табл. 3 показують, що вміст золи, тобто нерозчинних в оливі твердих частинок, які накопичилися в зразках залишків оливи,

збільшився у 5 разів з часом напрацювання у зразку M3 порівняно з зразком M2. Встановлений високий вміст металів (алюмінію, магнію, кальцію, заліза, титану, барію) у складі золи зразку M3 у порівнянні з зразком M2 (див. табл. 3) свідчить про інтенсивне зношування деталей гідросистеми повітряного судна при тривалому використанні оливи.

Висновки

В результаті проведених досліджень:

- встановлено, що при тривалому використанні оливи «Гідронікойл FH-51» перебігають процеси термоокиснювального ущільнення олефінів, нафтенароматичних вуглеводнів других фракцій, деструкція антиокиснювальної присадки феніл- α -нафтіламіну, утворення асоціатів та високомолекулярних моноолефінових вуглеводнів;
- встановлено, що при тривалому використанні, внаслідок окиснення вуглеводнів, зростає агресивність оливи «Гідронікойл FH-51» до металів, що спричиняє підвищення зношування агрегатів гідравлічної системи повітряного судна.

Список літератури

- 1 **Doc 9735.** «Руководство по непрерывному мониторингу в рамках Универсальной программы проверок организации контроля за обеспечением безопасности полетов», ИКАО, 2011. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до сайту: <http://www.icao.int>.
- 2 **Інструкція** з забезпечення заправлення повітряних суден паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України. Наказ Державіаслужби № 416. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до сайту: www.uazakon.com/documents/date/bh/pggsnwsb/pg7.htm.
- 3 **Лисіков, Є. М.** Роль продуктів зносу трибосполучень гідроприводів в умовах обробки робочої рідини електростатичним полем./ **Є. М. Лисіков, О. С. Шуліка** // *Зб. наук. праць УкрДАЗТ. Техніка та технології виконання будівельних, колійних та перевантажувальних робіт на транспорті.* – Харків, 2004. – Вип. 58. – С. 54-58.
- 4 **Лисіков, Є. М.** Формування локальних електричних полів на продуктах зносу поверхонь тертя гідроприводів колійних та будівельних машин/ **Є. М. Лисіков, С. В. Воронін, О. С. Шуліка, Є. А. Бобров** // *Зб. наук. праць УкрДАЗТ. Удосконалення управління експлуатаційною роботою залізниць.* – Харків. – 2005. – Вип.66. – С.112-117.
- 5 **Шабалина, Т. Н.** Влияние состава маловязких гидравлических масел на трибологические свойства / **Т. Н. Шабалина, С. Э. Каминский, В. А. Тыщенко** // *Наука и технологии в промышленности.* – 2004. – № 2. – С.66-71.
- 6 **Шейкина, Н. А.** Влияние углеводородного и структурно-группового состава основ гидравлических масел РМ и МГ-7-Б на их эксплуатационные свойства / **Н. А.Шейкина, В. А. Тыщенко, Т. Н. Шабалина, О. Е. Шабалина** // *Известия ВУЗов. Серия «Химия и*

- химическая технология» . – 2005. – Т.48. – Вып.10. – С. 43-47.
- 7 Шейкина, Н. А. Механизм ингибирующего действия дифениламина в процессе окисления гидравлических масел / Н. А. Шейкина, Л. В. Петров, Б. Л. Психа, В. В. Харитонов, В. А. Тыщенко, Т. Н. Шабалина // *Нефтехимия*. – 2006. – Т. 46. – №1. – С. 37-43.
 - 8 Тыщенко, В. А. Количественная характеристика окисляемости гидравлических масел / В. А. Тыщенко, Б. Л. Психа, В. В. Харитонов, Т. Н. Шабалина, Н. А. Шейкина // *Нефтехимия*. – 2003. – Т. 43. – №5. – С. 366-372.
 - 9 Тыщенко, В. А. Оценка старения гидравлических масел / В. А. Тыщенко, Т. Н. Шабалина, Е. В. Лобзин, Л. А. Полякова, Л. Д. Калинина // *Химия и технология топлив и масел*. – 1993. – №7. – С.35-36.
 - 10 Шейкина, Н. А. Кинетическая модель механизма окисления гидравлических масел при 120-140С / Н. А. Шейкина, Л. В. Петров, Б. Л. Психа, В. В. Харитонов, В. А. Тыщенко, Т. Н. Шабалина // *Нефтехимия*. – 2004. – Т. 44. – №4. – С. 284-288.
 - 11 Гаража, В. В. Очистка авиационных гидравлических и моторных масел от эмульсионной воды и механических примесей в квазипостоянном электрическом поле / В. В. Гаража, С. А. Халиль // *Вестник КМУГА*. – К. – КМУГА. – 1998. – №1. – С. 82-87.
 - 12 Закупра, В. А. Ускоренная жидкостная хроматография масел в производстве сульфонатных присадок / Закупра В. А., Крыгина П. М., Рыбалкин В. Н., Танасов И. И. // *Химия и технология топлив и масел*. – 1988. – № 9. – С. 35-38.
 - 13 Полякова, А. А. Молекулярный масс-спектральный анализ нефтей / А. А. Полякова. – М.: Недра, 1973. – 184 с.
 - 14 Кюреган, С. К. Эмиссионный спектральный анализ нефтепродуктов / С. К. Кюреган. – М.: Химия, 1969. – 296 с.
 - 15 Вихрестюк, М. І. Склад, структура і роль кисневмісних сполук в мастильних матеріалах різного призначення / М. І. Вихрестюк, Ю. Л. Ішук // *Каталіз і нефтехимія*. – 2003. – № 11. – С. 55-61.
 - 16 Кузнцова, О. Я. Дослідження старіння мінеральних гідравлічних олиф. II. Гомологічно-груповий склад фракцій / О. Я. Кузнцова // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – 2015. – №3/4(23). – С. 64-68.
 - 3 Lysikov, Ye. M., Shulika, O. S. Rol' produktiv znosu trybospoluchen' gidropriyvodiv v umovakh obroboky robochoyi ridyny elektrostatychnym polem, *Zb. nauk. prats' UkrDAZT. Tekhnika ta tekhnolohiya vykonannya budivel'nykh, kolyynykh ta perevantazhuval'nykh robit na transporti*, Kharkiv, 2004, **58**, 54-58.
 - 4 Lysikov, Ye. M., Voronin, S. V., Shulika, O. S., Bobrov, Ye. A. Formuvannya lokal'nykh elektrychnykh poliv na produktakh znosu poverkhon' tertya gidropriyvodiv kolyynykh ta budivel'nykh mashyn, *Zb. nauk. prats' UkrDAZT. Udoskonalennya upravlinnya ekspluatatsiyonoyu robotoyu zaliznyts'*, Kharkiv, 2005, **66**, 112-117.
 - 5 Shabalina, T. N., Kaminskij, S. Je., Tyshhenko, V. A. Vliyanie sostava malovjazkih gidravlicheskih masel na tribologicheskie svoystva, *Nauka i tehnologii v promyshlennosti*, 2004, **2**, 66-71.
 - 6 Shejkina, N. A., Tyshhenko, V. A., Shabalina, T. N., Shabalina, O. E. Vliyanie uglevodorodnogo i strukturno-grupпового sostava osnov gidravlicheskih masel RM i MG-7-B na ih jekspluatatsionnye svoystva, *Izvestija VUZov. Serija «Himija i himicheskaja tehnologija»*, 2005, **10(48)**, 43-47.
 - 7 Shejkina, N. A., Petrov, L. V., Psiha, B. L., Haritonov, V. V., Tyshhenko, V. A., Shabalina, T. N. Mehanizm ingibirujushhego dejstvija difenilamina v processe okislenija gidravlicheskih masel, *Neftehimija*, 2006., **1(46)**, 37-43.
 - 8 Tyshhenko, V. A., Psiha, B. L., Haritonov, V. V., Shabalina, T. N., Shejkina, N. A. Kolichestvennaja harakteristika okisljaemosti gidravlicheskih masel, *Neftehimija*, 2003, T. 43, **5**, 366-372.
 - 9 Tyshhenko V.A., Shabalina T.N., Lobzin E.V., Poljakova L.A., L.D Kalinina Ocenka starenija gidravlicheskih masel, *Himija i tehnologija topliv i masel*, 1993, **7**, 35-36.
 - 10 Shejkina N.A., Petrov L.V., Psiha B.L., Haritonov V.V., Tyshhenko, V. A., Shabalina, T.N. Kineticheskaja model' mehanizma okislenija gidravlicheskih masel pri 120-140S, *Neftehimija*, 2004, T. 44, **4**, 284-288.
 - 11 Garazha, V. V., Halil', S. A. Ochistka aviacionnyh gidravlicheskih i motornyh masel ot jemul'sionnoj vody i mehanicheskij primesej v kvazipostojanom jelektricheskom pole. *Vestnik KMUGA*, Kyiv: KMUGA, 1998, **1**, 82-87.
 - 12 Zakupra, V. A., Krygina, P. M., Rybalkin, V. N., Tanasov, I. I. Uskorennaia zhidkostnaia hromatografija masel v proizvodstve sul'fonatnyh prisadok, *Himija i tehnologija topliv i masel*, 1988, **9**, 35-38.
 - 13 Poljakova, A. A. Molekuljarnyj mass-spektral'nyj analiz neftej, Moskow: Nedra, 1973, 184 p.
 - 14 Kjuregan, S. K. Jemissionnyj spektral'nyj analiz nefteproduktov, Moskow: Himija, 1969, 296 p.
 - 15 Vihrestjuk, M. I., Ishhuk, Ju. L. Sklad, struktura i rol' kisnevsmisnih spoluk v mastil'nih materialah riznogo priznachennja, *Kataliz i neftehimija*, 2003, **11**, 55-61.
 - 16 Kuznyetsova, O.Ya. Doslidzhennja starinnja mineral'nykh gidravlichnykh olyv. II. Homolohichno-hrupovyj sklad fraktsiy, *Tekhnolohichnyy audyt ta rezervy vyrobnystva*. 2015, **3/4(23)**, 64-68.

Надійшла (received) 06.10.2015