

УДК 665.2:665.7.038(045)

<sup>1</sup>О.Л. Матвєєва, к.т.н., проф.  
<sup>2</sup>Т.О. Маринич, асп.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ШЛАМОУТВОРЕННЯ В ТУРБІННИХ ТА ІНДУСТРІАЛЬНИХ ОЛИВАХ

Національний авіаційний університет

<sup>1</sup>E-mail: mol@nau.edu.ua<sup>2</sup>E-mail: taisiia.m@gmail.com

*Розглянуто причини процесу шламоутворення в турбінних та індустриальних оливах. Описано фактори, що впливають на старіння оливи у процесі експлуатації. Установлено типи забруднень, що змінюють експлуатаційні властивості оливи у результаті хімічної реакції старіння. Визначено фактори, що впливають на інтенсивне старіння оливи та передчасне її відбраковування.*

**Ключові слова:** експлуатація, окиснення, старіння, теплові та атомні електростанції, турбінні та індустриальні оливи, шламоутворення.

### Постановка проблеми

Надійність роботи енергетичного обладнання, збільшення міжремонтного періоду, витрати на ремонт та експлуатацію значною мірою залежать від стану турбінної оливи, що є робочою рідиною системи змащування та регулювання турбоагрегатів електростанцій.

Проблемою експлуатації турбінних оливи є забезпечення зберігання фізико-хімічних властивостей оливи впродовж довготривалого періоду.

Проблема збереження якості оливи посилюється тим, що на всіх енергопідприємствах різко скоротилося надходження свіжої оливи внаслідок зменшення випуску деяких видів вітчизняних оливи (особливо вогнестійкої турбінної оливи) та скорочення закупівель дорогих імпортованих оливи. Таким чином, в основу дослідження покладено проблему шламоутворення в турбінних та індустриальних оливах, збереження їх показників якості та попередження передчасного старіння та відбраковування.

### Аналіз досліджень та публікацій

Забрудненість оливи у процесі експлуатації досліджували ще тридцять років тому вчені під керівництвом професора Г.А. Нікітіна в Київському інституті інженерів цивільної авіації. Роботи Є.А. Баканова, С.В. Чіркова присвячено вивченню забруднень та їх впливу на експлуатаційні характеристики оливи та швидкість їх старіння [1–3].

Однак на сьогодні цих даних недостатньо для обґрунтування впливу факторів, що визначають інтенсивність старіння оливи, на процеси зміни експлуатаційних властивостей.

Значну увагу дослідженню гранулометричних характеристик забруднення оливи, впливу забруднень різної дисперсної фази та розміру на роботу агрегатів та гідросистем приділяв у своїх роботах Г.А. Нікітін [3].

Методи та шляхи очищення оливи від різних забруднень висвітлено у працях К.В. Рибаківа, В.П. Коваленка [4; 5].

Проблему відновлення та контролю якості оливи вивчав Г.Ф. Большаков [6].

Питанням підвищення якості турбінних та індустриальних оливи займаються фахівці УкрНДІНП «Масма», ДК «Укртрансгаз», ТОВ «Маст» [7–10].

Метод визначення стабільності оливи проти окиснення дозволяє оцінити вплив забруднень на зміну властивостей оливи та визначити ступінь зміни показників якості оливи в експлуатаційних умовах. Цей метод – найбільш доцільний, адже головним фактором, що характеризує ступінь старіння турбінних оливи, як наслідок і зміну ресурсу, є показник термоокиснювальної стабільності [11].

Обраний метод є порівняно простим, дозволяє всебічно досліджувати і досить точно обґрунтовувати вагомість впливу забруднень на процеси старіння та передчасного відбраковування турбінних оливи.

Дослідження забруднень, їх вплив на роботу агрегатів та розробка методів очищення оливи від забруднень дозволяють лише вивчити самі забруднення, але не обґрунтувати вагомість їх впливу на процеси шламоутворення, старіння оливи та знайти методи попередження чи запобігання «синдрому» передчасного старіння.

Такі засоби очищення оливо від забруднень, як механічні фільтри, сепаратори, відцентровані очисники, можуть очистити оливу лише від часток деяких типів забруднень, але в турбінних та індустріальних оливах є забруднення, що не піддаються видаленню. Ураховуючи різноманітність забруднень турбінних оливо та умови їх експлуатації, отримати необхідну інформацію для визначення вагомості впливу забруднень можна проведенням відповідних експериментальних випробувань.

**Мета** роботи – визначення типу забруднень турбінних оливо у системі змащування та регулювання атомних і теплових електростанцій у процесі експлуатації та обґрунтування їх впливу на передчасне старіння та відбраковування турбінних оливо.

### Визначення забруднень турбінних та індустріальних оливо під час експлуатації

Основний асортимент турбінних оливо марок Тп-22С (ТУ 38.101821-2001), ТП-30 і ТП-46 (ГОСТ 9972-74) отримують із парафінових нафт із застосуванням очистки селективним розчинником при додаванні антиокиснювальних, деемульгуючих, антикорозійних та інших присадок. Для експериментальних досліджень було обрано індустріальну оливу підгрупи А без присадок згідно з класифікацією за ГОСТ 20799-88 [12].

На всіх етапах використання оливи зазнають впливу забруднень різної дисперсної фази та фракційного складу, тому необхідно приділити увагу вивченню хімічного складу та структури забруднень. Ці фактори значною мірою впливають на надійність та довговічність агрегатів системи змащування та регулювання атомних і теплових електростанцій.

Забруднення оливо – це твердий, рідкий або багатофазний об'єкт. Мікроорганізм у них має, як правило, межю розділення фаз «частинка – середовище» («частинка – рідина») [13].

Забруднення можуть бути і з неявною межею розподілу фаз, наприклад, смоли та взагалі без межі розподілу фаз. Так, розчинена вода в діелектричній вуглеводневій рідині – це наявне забруднення, але воно не має межі розподілу фаз.

Забруднення в робочій рідині, зокрема в турбінних оливах, досить різноманітні, відрізняються за своєю природою, мають різні джерела походження та структуру. Крім того, забруднення відрізняються залежно від впливу на агрегати системи (рис. 1).

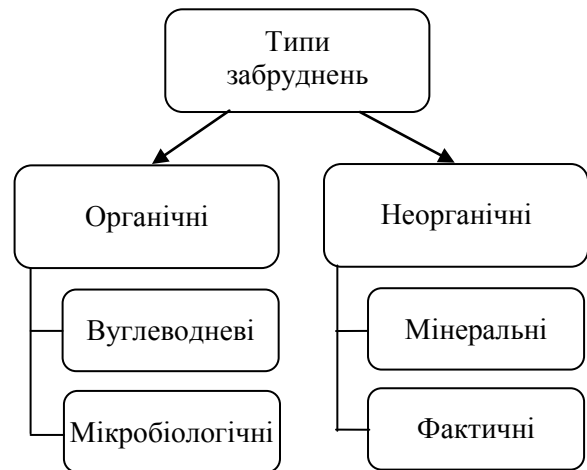


Рис. 1. Класифікація типів забруднень турбінних та індустріальних оливо за хімічним складом

Виявлення характеру та природи забруднень дозволить оцінити їх вплив на роботу турбоагрегатів, виявити причини потрапляння забруднень в оливу та спрогнозувати методи та засоби боротьби з ними. Класифікація видів забруднень за фізичним станом показує наявність різноманітних видів забруднень у турбінних та індустріальних оливах (рис. 2).

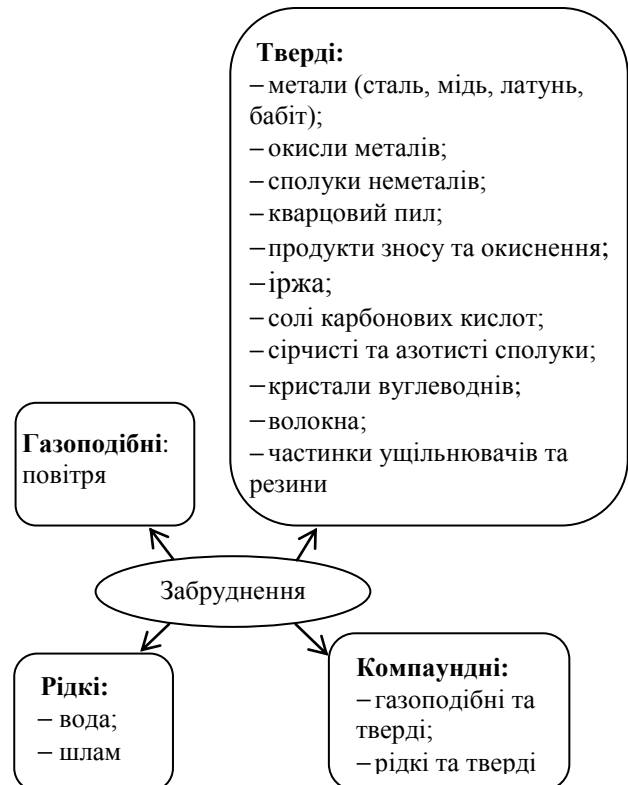


Рис. 2. Класифікація видів забруднень турбінних та індустріальних оливо за фізичним станом

Для проведення всебічної оцінки забрудненості турбінних олив на різних етапах її використання була проведена систематизація можливих джерел забруднень, запропонована відповідна класифікація та виділено чотири етапи використання турбінної оливи (рис. 3).

На першому етапі використання оливи можливі такі джерела забруднень:

- сировинні (на початковому етапі разом з сировиною);
- виробничі (при виготовленні оливи).

На другому етапі використання оливи до джерел забруднень відносяться:

- операційні (в процесі транспортування, зберігання на складах, перекачування, заправки);
- атмосферні (в процесі складських операцій при дії атмосферного повітря на оливу, головним видом забруднення є пил);
- контактні (при контакті оливи з конструкційними матеріалами технологічного обладнання).

На третьому етапі використання оливи можна виділити такі джерела забруднень:

- експлуатаційні (при роботі олив в системах змащування);

– технологічні (при дії на оливу будь-яких активних хімічних речовин або інших фізико-хімічних факторів);

– зносні (при взаємодії оливи зі зношеним обладнанням).

На четвертому останньому етапі використання оливи наявні такі джерела забруднень:

- залишкові (при викачуванні, після промивки системи);
- інкреторні (при транспортуванні, зберіганні можуть відбутися різні хімічні реакції, пов'язані з умовами зберігання).

Хімічний аналіз забруднень олив показує, що основна маса (до 70 %) – це двоокис кремнію (грунтовий пил). Інша частка забруднень – продукти зносу та корозії третьових пар, шлам та вода у вільному, емульсійному та розчиненому вигляді, а також волокна.

В експлуатації часто спостерігаються негативні наслідки забруднення технічних олив [14].

Твердодисперсні забруднення забивають фільтри, відкладаються в командних агрегатах, порушуючи нормальну роботу деталей.

Механічні домішки призводять до абразивного зносу третьових пар [6].

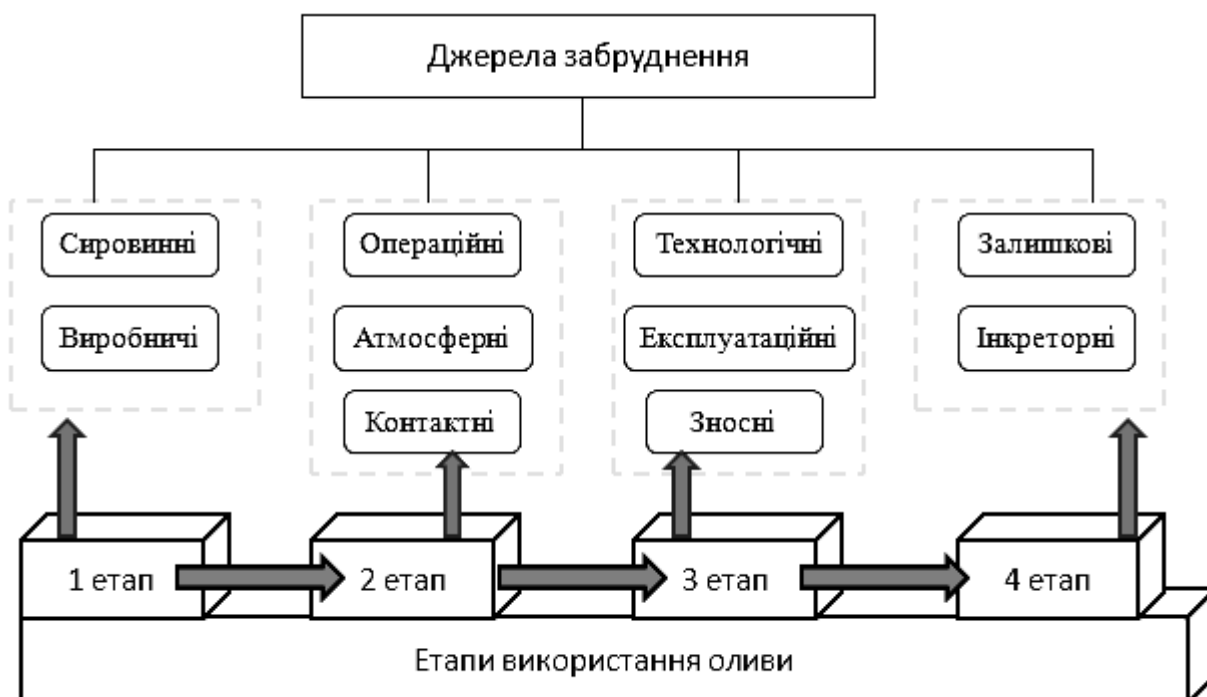


Рис. 3. Систематизація джерел забруднень турбінних та індустріальних олив в умовах експлуатації

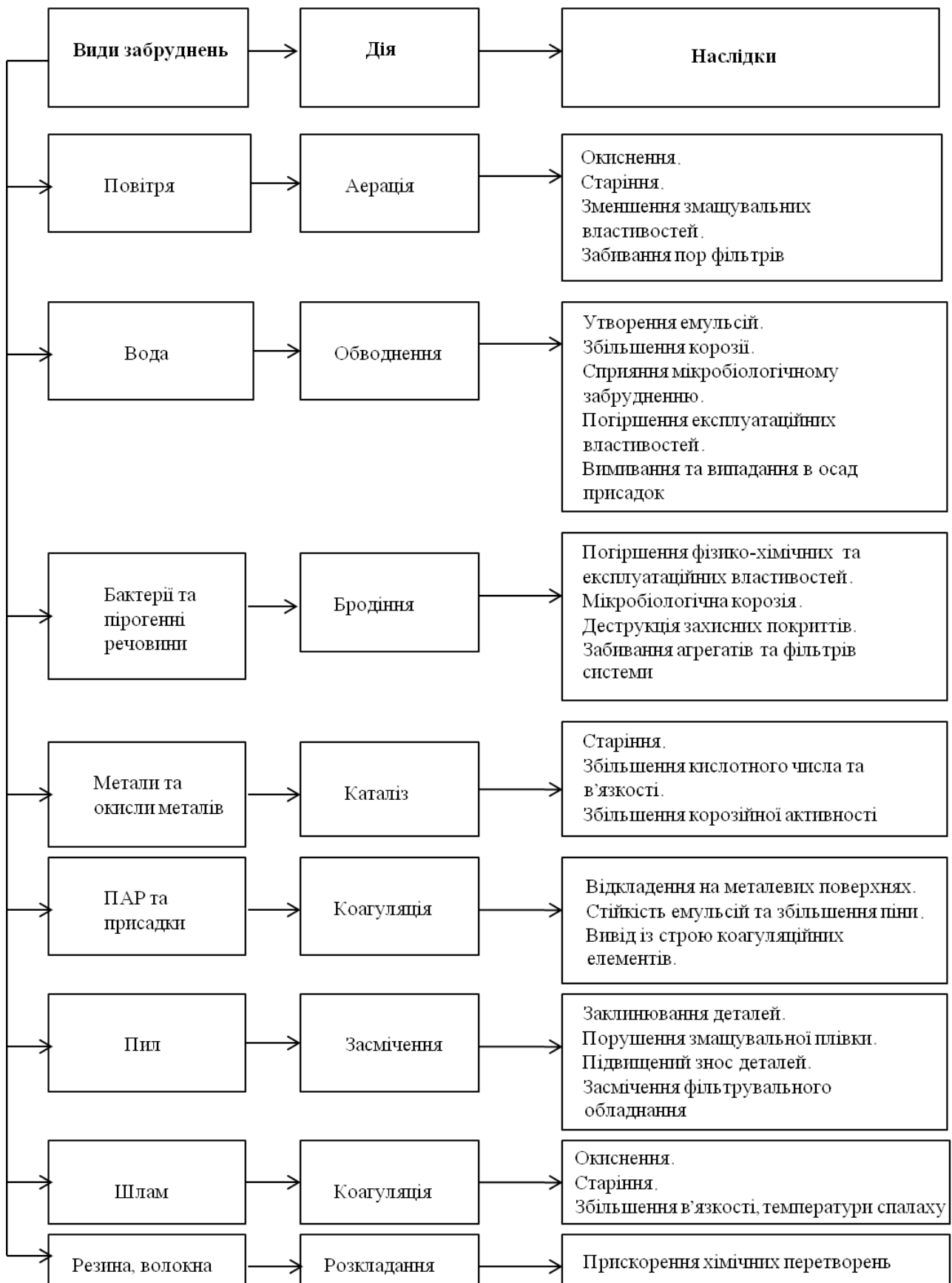


Рис. 4. Вплив забруднень на фізико-хімічні зміни олів в умовах експлуатації

Забруднювачем турбінних олив є повітря.

Аерація відбувається внаслідок:

- механічного перемішування при перекачуванні;
- транспортуванні;
- заправці;
- зміні парціального тиску і температури.

Газові вклучення у вигляді бульбашок повітря з'являються в оливі:

- під час перекачування за рахунок підсосу повітря;
- у результаті виділення розчинного в оливі повітря при зміні атмосферного тиску і температури.

Забруднення водою – це специфічний тип забруднень [15]. На перший погляд, не будучи твердою частинкою, вода не може бути небезпечною. Проте вода – один із найбільш небезпечних типів забруднення.

Вода викликає декілька типів корозії металів, у тому числі межкристалітної та піттинг-корозії, спричинює піноутворення та перехід від гідродинамічного до напівсухого тертя.

Аналіз забруднень на фізико-хімічні зміни олив в умовах експлуатації показав, що присутність забруднень в оливах зумовлює появу шламу (рис. 4).

У праці [14] показано, що високий рівень загазування став причиною виникнення стрімкого шламоутворення в системі змащування турбіни.

Утворення шламу зумовлено процесами окиснення оливи.

Шлам – це смолистий вуглеводневий осад коричневого кольору, здебільшого у вигляді єдиного агрегатного стану разом з водою.

За своїм фізичним станом шлам може бути як твердим, так і рідким.

Шлам являє собою суміш емульсійного матеріалу, що осаджений:

- асфальтовими та смолистими речовинами;
- твердими домішками;
- металевими милами;
- деякою кількістю чистої оливи.

Усі ці забруднення впливають тільки на стан, але не на основні властивості олив та можуть бути видалені відповідними системами очищення. Властивості олив змінюються тільки в результаті хімічної реакції старіння [16].

Старіння турбінних та індустріальних олив проходить у результаті контакту з повітрям, що викликає окиснення, внаслідок чого утворюється шлам.

Прискорення процесу старіння спостерігається внаслідок деяких причин [17]:

- збільшення робочої температури лише на 10° (олива в процесі експлуатації підлягає сильному термічному впливу);
- вміст продуктів корозії (каталізаторами окиснення є метали Fe, Cu, Cd, Zn, Pb);
- вміст в оливі присадок, що походять із гідравлічних та моторних олив (присадки типу ZDDP, що містять цинк);
- вміст кислих продуктів старіння оливи.

Результатом старіння олив є [18]:

- потемніння;
- помутніння;
- зі світло-жовтого колір стає коричневим;
- збільшується в'язкість, кислотне число, вміст механічних домішок, зольність, стійкість до окиснення та ін.

Втрата експлуатаційних властивостей індустріальних та турбінних олив є досить серйозною загрозою безпеки для турбоагрегатів [19].

## Висновки

Проведений причинно-наслідковий аналіз фізико-хімічних змін турбінних та індустріальних олив показав, що експлуатаційні забруднення суттєво впливають на процеси шламоутворення і діють як каталізатори на процес старіння олив.

Ураховуючи вагомість забезпечення експлуатаційної надійності систем змащування та регулювання атомних і теплових електростанцій, а також необхідність раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів необхідно проведення наукових досліджень щодо визначення закономірностей у процесах шламоутворення та старіння олив.

## Література

1. *Никитин Г.А.* Исследование гранулометрической характеристики загрязненности масел авиационных двигателей / Г.А. Никитин, Е.А. Баканов, П.П. Захарчук // Эксплуатационные свойства авиационных топлив, масел и специальных жидкостей. – К., 1973. – Вып. 4. – С. 75–77.
2. *Никитин Г.А.* Исследование качественного состава неорганической части загрязненной моторных масел / Г.А. Никитин, Е.А. Баканов, П.П. Захарчук // Эксплуатационные свойства авиационных топлив, масел и специальных жидкостей. – К., 1973. – Вып. 4. – С. 80–81.

3. *Никитин Г.А.* Влияние загрязненности жидкости на надежность работы гидросистем летательных аппаратов / Г.А. Никитин, С.В. Чирков. – М.: Транспорт, 1969. – 184 с.
4. *Рыбаков К.В.* Фильтрация авиационных масел и специальных жидкостей / К.В. Рыбаков, В.П. Коваленко. – М.: Транспорт, 1977. – 192 с.
5. *Рыбаков К.В.* Очистка нефтепродуктов от механических примесей и воды / К.В. Рыбаков, В.П. Коваленко, В.Е. Турчанинов. – М.: ЦНИИТЭ нефтехим, 1974. – 78 с.
6. *Большаков Г.Ф.* Восстановление и контроль качества нефтепродуктов / Г.Ф. Большаков. – Л.: Недра, 1974. – 318 с.
7. *Рябокоть Л.Я.* Проблеми контролю якості індустріальних олиф / Л.Я. Рябокоть, І.Ф. Сіренко // Матеріали II міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми хімотології». – К.: НАУ, 2008. – С. 111–112.
8. *Турбінна олива* для газоперекачувальних агрегатів, оснащених термонавантаженими авіаційними турбінними двигунами / В. Булгак, Г. Булгак, В. Избаш, Н. Копач // Матеріали 9-ї міжнар. наук.-техн. конф. «Мастильні матеріали». – Л.: НУ «Львівська Політехніка», 2006. – С. 138–140.
9. *Результати експлуатаційних випробувань турбінної оливи з підвищеною термостабільністю в турбінних двигунах газоперекачувальних агрегатів* / В. Булгак, В. Избаш, Т. Булгак, В. Орлов // Матеріали 9-ї міжнар. наук.-техн. конф. «Мастильні матеріали». – Л.: НУ «Львівська Політехніка», 2006. – С. 135–138.
10. *Дослідження властивостей турбінних олиф в процесі експлуатації газоперекачувальних агрегатів, оснащених стаціонарними та конвертованими турбінними двигунами* / Н. Гриньків, В. Соляник, Н. Копач та ін. // Матеріали III наук.-техн. конф. «Поступ в нафтопереробній і нафтохімічній промисловості». – Л.: НУ «Львівська Політехніка», 2004. – С. 151–152.
11. *Кламман Д.* Смазки и родственные продукты. Синтез, свойства, применение международных стандартов: пер с англ. / Д. Кламман. – М.: Химия. – 1988. – 487 с.
12. *Паливно-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення* / Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Укр. вид-во, 2008. – 353 с.
13. *ГОСТ 17216-2001.* Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 8 с.
14. *Nikitin A.G.* On some reasons of faster formation of slime in turbine oils / A.G. Nikitin // Proceedings of the 4th World Congress “Aviation in the XXI century”. – K.: NAU. – 2010. – Vol. 2. – P. 51.10–51.15.
15. *ГОСТ 2477-65.* Нефть, нефтепродукты. Методы определения содержания воды. – М.: Изд-во стандартов, 1965. – 7 с.
16. *Бурьянов Б.П.* Трансформаторное масло / Б.П. Бурьянов. – М.; Л.: ГЭИ, 1955. – 191 с.
17. *Дудек Анджей.* Смазочные масла Гданьской Рафинерии / Анджей Дудек. – Гданьск, MET-PRESS, 1998. – 227 с.
18. *Полункін Є.В.* Адсорбційне очищення турбінних олиф за допомогою природних сорбентів – бентонітових глин / Є.В. Полункін, С.О. Зубенко, Г.В. Корж // Вісник НАУ. – 2010. – № 1. – С. 253–257.
19. *Григорьев Е.* В союзе с наукой / Е. Григорьев // Журн. «Контакт». – 2000. – № 5 (467). Електронний ресурс [http://www.surgut.wsnet.ru/media/prensa/Kontakt/stat.asp?ida=15865]

Стаття надійшла до редакції 20.06.2012.