

УДК 681.3:665.669(045)

С. О. ПУЗІК, О. С. ПУЗІК

Національний авіаційний університет

ОСНОВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ В ГРАВІТАЦІЙНОМУ ПОЛІ ЗЕМЛІ

Досліджено три основні методи підвищення швидкості видалення забруднень із пально-мастильних матеріалів в гравітаційному силовому полі. Проаналізовано перебіг фізичних і хімічних процесів, що відбуваються при використанні цих методів. Визначено переваги і недоліки кожного з методів. Для інтенсифікації очисних процесів рекомендовано використовувати комбінацію декількох методів.

Ключові слова: резервуар, очищення пально-мастильних матеріалів, забруднення, раціональна температура, коагулювальні присадки, гравітаційний очисник.

Вступ. Підвищення ефективності експлуатації цивільного авіаційного транспорту України пов'язано із забезпеченням необхідного рівня чистоти авіаційних пально-мастильних матеріалів (ПММ).

Наразі необхідні рівні чистоти авіаційних ПММ в системах повітряних суден (ПС), на складах ПММ аеропортів досягаються за допомогою традиційних фільтрів з використанням фільтрувальної (пористої) перепони. Такі фільтри разом з перевагами мають значні недоліки: малу брудомісткість, великий гідравлічний опір, складність відновлення фільтроелементів. Разом з традиційними фільтрами велику увагу приділяють силовим очисникам як засобам очищення, які залежно від силового поля поділяються на електричні, відцентрові, магнітні, гравітаційні.

Силові очисники компенсують вищезгадані недоліки традиційних фільтрів і мають велику брудомісткість, малий гідравлічний опір, відсутність змінних фільтрувальних елементів. Недоліками таких очисників є потреба в джерелах живлення (окрім гравітаційного), вага, габарити.

Аналіз літературних джерел, порівняння існуючих методів і засобів очищення ПММ, а також дослідження авторів [1–4] свідчать, що очищення ПММ впливає не тільки на надійність функціональних систем ПС (а отже й безпеку польотів), а й на економію нафтопродуктів (н/п). Таким чином, актуальною є проблема визначення основних методів підвищення швидкості очищення авіаційних ПММ шляхом видалення забруднень в гравітаційному силовому полі як одному з найраціональніших з точки зору застосування.

Метою даної роботи є теоретичне дослідження методів підвищення інтенсивності очищення ПММ від забруднень в гравітаційному силовому полі Землі.

Основна частина. Основними методами підвищення інтенсивності очищення ПММ від забруднень в гравітаційному полі є:

- вибір раціональної температури та проведення відстоювання в ізотермічних умовах;
- використання коагулювальних присадок;
- застосування конструктивних вдосконалень для підвищення швидкості відстоювання.

З підвищенням температури швидкість відстоювання зростає. Однак підвищувати температуру доцільно лише до моменту, коли в'язкість суттєво змен-

шиться (гази не виділяються, розчинена в ПММ вода не закипає). Підігрівання, використовують для тяжких н/п. Водночас температура суттєво впливає на швидкість відстоювання легких фракцій н/п (рис. 1). Це спричиняють конвекційні потоки, які виникають в резервуарі під час зміни температури (рис. 2) [1].

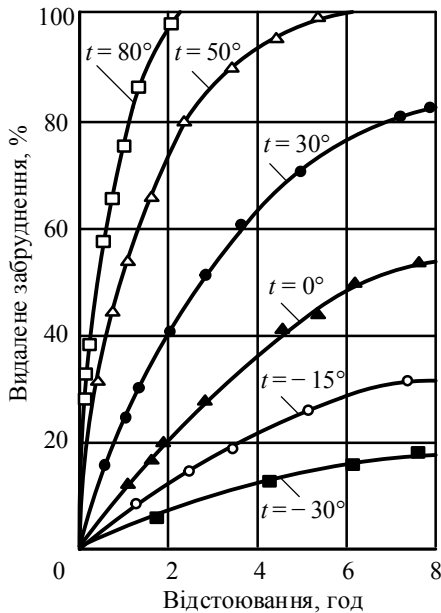


Рис. 1 Вплив температури на швидкість відстоювання забруднень в ПММ

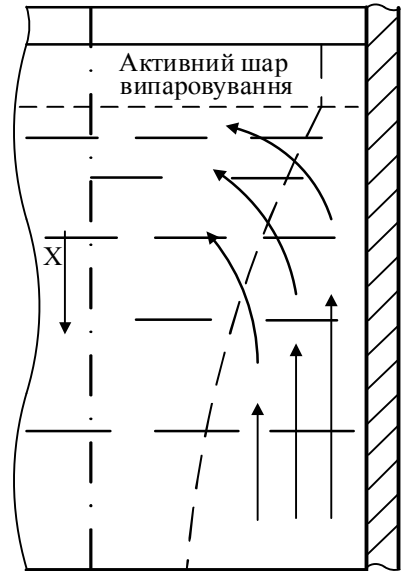


Рис. 2 Схема конвективних потоків поруч зі стінкою вертикальних наземних резервуарів

На основі експериментальних даних професор Н.Н. Константинов встановив, що частина тепла, яке отримують стінки наземного резервуара внаслідок впливу сонячної радіації, передається від них до ПММ. При цьому в прилеглому до стінки шарі ПММ виникають висхідні потоки, які виносять частину ПММ на поверхню з нижніх шарів. Верхні ж шари ПММ нагріваються теплом, отриманим з газового простору, стінок та даху, що його оточують. Температура верхніх шарів протягом дня може бути вищою за температуру навколишнього повітря. При цьому температура бокової стінки резервуара у верхньому шарі ПММ з тіньового боку може бути нижчою за температуру в прилеглих шарах ПММ. Це призводить до виникнення поруч зі стінкою (з тіньового боку) низхідного конвективного потоку, який охоплює верхній шар ПММ відповідної товщини (меншої, ніж при висхідному потоці) і опускає деяку кількість ПММ із верхнього в нижні шари [5].

Для розрахунку максимально можливих витрат ПММ у висхідному конвективному потоці із сонячного боку резервуару на деякій глибині h Н.Н. Константинов рекомендує вираз:

$$G_{\max} = \frac{\pi \cdot D \cdot q}{2C \left(\frac{dt}{dx} \right) h}, \quad (1)$$

де D — діаметр резервуара, м; q — середній питомий тепловий потік, що передається через стінку резервуара на висоті h , Ккал / (м³ · год); C — питома теплоємність н/п в Ккал/(кг · °С); $\frac{dt}{dx}$ — зміна температури по вертикалі (див.рис.2).

Витрата ПММ $G_{\max}$, а як наслідок, і швидкість висхідного потоку залежать від величини похідної $\frac{dt}{dx}$. Оскільки $\frac{dt}{dx}$ збільшується в напрямку від днища резервуара до поверхні ПММ, то $G_{\max}$ і швидкість потоку більша в нижніх й менша у верхніх шарах н/п.

Таким чином, всі ПММ з меншою в'язкістю, особливо авіаційні палива в резервуарах, постійно рухаються, а швидкість руху залежить від інтенсивності сонячної радіації. Мікрозабруднення долучаються до такого руху, тому видалення їх з палива шляхом відстоювання є малоефективним. Метод відстоювання дає відчутні результати для осідання великих частинок розміром 15–20 мкм й більше.

Зі зменшенням розмірів частинок це явище проявляється сильніше, що зумовлено конвективними потоками, які виникають в резервуарі при зміні температури (див. рис.2). Осідання частинок забруднення за низьких температур зі зменшенням їх розмірів в паливах з високою в'язкістю відбувається дуже повільно (табл.).

Таблиця

Вплив коливань температури на швидкість осадження природних частинок забруднень в авіапаливі ТС-1

Середня температура експерименту, °С	Повнота осідання (%) після 4 год частинок розміром, мкм				
	70–50	20–30	15–10	3–5	1–2
–30	58	13	6	3	0
–20	63	16	9	2	0
–10	70	17	10	5	0
0	76	20	12	4	0
10	79	22	10	5	0,7
20	80	23	12	6	1,0

Зі зниженням температури швидкість осадження частинок забруднення суттєво зменшується. Зниження температури на 10 °С зменшує кількість частинок, які осідають, в середньому на 4 % для частинок розміром 50–70 мкм і на 8–10 % для частинок розміром 20–30 мкм. Із наведених даних випливає практичний висновок: відстійні резервуари мають знаходитись в ізотермічних умовах. Найкращим способом задовольнити цю умову є їх заглиблення. На резервуари не мають передаватись вібрації та інші механічні впливи, які перешкоджають осіданню частинок.

Ефективним способом збільшення швидкості осадження є штучне збільшення розмірів частинок за допомогою коагулювання. Такі процеси можна викликати введенням в суспензію або емульсію поверхнево-активних речовин (ПАР), електролітів і неелектролітів; механічним впливом (вібрацій або перемішуванням); температурним впливом (охолодженням або нагріванням); пропусканням електричного струму та дією променевої енергії. Повільне коагулювання спостерігається при зберіганні н/п: малі частинки коагулюють в більш великі, які накопичуються у вигляді смолистого осаду на дні резервуарів. Однак швид-

кість такого коагулювання невисока. Процеси природного коагулювання не можуть бути використані практично, тому що водночас з ними відбувається утворення нових дрібних частинок забруднення внаслідок окиснення ПММ. Таким чином, рівень чистоти палив і масел з часом знижується. Суттєве збільшення чистоти ПММ може бути досягнуто лише внаслідок швидкого коагулювання дрібних частинок забруднення з наступним видаленням укрупненого конгломерату. В умовах зберігання ПММ введення коагулювальних присадок може стати одним із найефективніших методів підвищення рівня чистоти палив шляхом прискорення відстоювання. Коагулювальна присадка має відповідати наступним вимогам: бути ліофільною до гетерогенних забруднень та ліофобною до гомогенного середовища н/п. Коагулювальні присадки мають вводитись в кількості не більше 0,005 % мас і зберігати ефективність протягом всього терміну зберігання ПММ [5].

Найбільш розповсюдженим гравітаційним відстійником є резервуар для зберігання ПММ, обладнаний плаваючим паливо забірником, який здійснює відбирання палива з його верхніх шарів.

Менш розповсюдженими є гравітаційні очисники (ГО) періодичної дії, які являють собою циліндричний корпус з конусним днищем та спускним краном, через який видаляють бруд і воду.

Набагато краще зарекомендували себе пристрої безперервної дії, коли відстоювання відбувається під час руху рідини [6].

Повне осадження частинок забруднення можливе за умови, час перебування н/п в ГО τ_n більший або рівний осадженню частинок забруднення τ_{oc} :

$$\tau_n \geq \tau_{oc}$$

Час перебування(проходження) н/п в таких ГО (через ГО):

$$\tau_n = \frac{V}{Q} = \frac{a \cdot b \cdot h}{Q}, \quad (2)$$

де V – об'єм ГО, m^3 ; Q – об'ємна подача ПММ, $m^3/\text{год}$; a, b, h – довжина, ширина та висота ГО відповідно, m

Час осадження частинок забруднення в ГО рівний:

$$\tau_{oc} = \frac{h}{V_{oc}}, \quad (3)$$

де V_{oc} – швидкість осадження частинок забруднення.

На основі виразів (2) і (3) отримуємо:

$$\frac{a \cdot b \cdot h}{Q} \geq \frac{h}{V_{oc}}, \text{ або } Q \leq a \cdot b \cdot V_{oc}, \quad (4)$$

Об'ємна подача н/п через ГО (4) пропорційна площі осадження й не залежить від висоти рівня ПММ h в ГО. Ця закономірність в різних літературних джерелах [7] названа умовою працездатності ГО і слугує основою для розроблення їх конструкцій.

Таким чином, можна зробити висновок, що доцільним є проектування й використання багатоярусних ГО, в яких площа осадження рівна сумі площин всіх ярусів.

Водночас недоліками таких ГО є:

– великі габаритні розміри та вага;

– невисока тонкість очищення, особливо при очищенні н/пз великою в'язкістю;

– мала продуктивність.

Аналіз наукових публікацій з даного питання дозволив виділити два основних напрями вдосконалення конструкцій гравітаційних очисників[6]:

1. Підвищення стійкості потоку ПММ.

2. Відстоювання в тонкому шарі, тобто конструювання багатоярусних ГО з розвинутою площею осадження.

Перший напрям пов'язаний з удосконаленням традиційних конструкцій ГО, таких як: встановлення заспокійливих решіток і пристроїв для руйнування струменю рідини, встановлення зигованих вставок, проміжних дірчастих перетинок тощо. Проте така модернізація дозволяє ненабагато (приблизно у 1,5 рази) підвищити продуктивність ГО.

Другий напрям — створення принципово нової конструкції тонкошарових ГО.

Габарити тонкошарових ГО порівняно з іншими типами значно менші, що дозволяє встановлювати й використовувати їх в цехах ремонтних заводів для очищення технологічних рідин в стендах промивання, перевірки й регулювання натурних агрегатів паливних, масляних і гідравлічних систем ПС, тобто, встановлювати в закритих приміщеннях. Це в свою чергу підвищує ефективність очищення, так як при вищих і стабільних температурах цей процес проходить активніше.

Велика брудомісткість, низький гідравлічний опір і енерговитрати, простота конструкції ГО, відсутність комплектувального обладнання, недефіцитність матеріалів, які використовуються для виготовлення, роблять їх конкурентоспроможними поруч з іншими силовими очисниками для грубого очищення.

З двох основних напрямів удосконалення конструкції ГО перевагу було надано другому — очищення в тонкому шарі, тобто багато ярусному ГО з розвинутою площею осадження.

Незважаючи на вищезгадані недоліки, відстоювання палив в резервуарах паливно-заправних комплексів аеропортів є однією з важливих складових загальної системи очищення авіаційних ПММ, що використовується на підприємствах цивільної авіації. Метод відстоювання необхідно розглядати як етап очищення, який готує ПММ для тонкого фільтрування та сепарації. Він дозволяє збільшити ресурси фільтроелементів на пунктах видавання ПММ в засоби заправлення.

Висновки. З підвищенням температури швидкість осадження забруднень в гравітаційному полі зростає, зі зниженням температури — значно зменшується. Коливання температури найбільше впливає на швидкість осадження малих частинок забруднень. Відстійні резервуари мають знаходитися в максимально ізотермічних умовах, тобто бути заглибленими.

Метод гравітаційного очищення дає позитивні результати при осадженні великих частинок забруднення розміром 15–20 мкм і більше, тому його слід розглядати як етап підготовки авіаційних ПММ для подальшого тонкого фільтрування. Дозволяє збільшити ресурс фільтроелементів.

В умовах зберігання ПММ, введення коагулюючих присадок, може виявитися одним із самих ефективних методів підвищення їх чистоти шляхом збільшення швидкості відстоювання.

Із двох основних напрямів вдосконалення конструкції ГО більш раціональним є очищення в тонкому шарі, тобто використання багато ярусних ГО з розвинутою площею осадження.

Рекомендовано використання комбінації методів підвищення інтенсивності очищення ПММ в гравітаційному полі із залученням коагулювальних присадок, створенням раціональних умов відстоювання (ізотермічних) та включенням у технологічний процес етапу очищення за допомогою багатоярусних ГО.

Список літератури

1. Пузік С. О. Методичні аспекти проблеми очищення авіаційного палива силовими очисниками. Препринт / С. О. Пузік, В. С. Манзій. — К.: НАУ, 2010. — 45 с.
2. Annual Report of the Council. Documentation for the session of the Assembly in 2013. — Doc. 9975. — International Civil Aviation Organization, 2011.
3. Puzik O. Application of Hydrodynamic Cavitation for Diagnosing Fuel sand Lubricants Watering/ O. Puzik, G. Zaionchkovskyi // Наукові праці ДонНТУ. Серія гірничо-електромеханічна. — 2013. — Вип. 1(25). — С. 145–151.
4. ASTM D4174–15 “Standard Practice for Cleaning, Flushing, and Purification of Petroleum Fluid Hydraulic Systems” [Електронний ресурс]. — 11 с. — Режим доступу : <http://www.astm.org/Standards/D4174.htm>
5. Технологічні процеси з ПММ: підручник / С.О. Пузік, Є.О. Баканов, В.І. Терьохін, В.Ф. Опанасенко. — К.: НАУ, 2002. — 256 с. (З грифом МОН України. Лист № 14/18.2-330 від 12.02.2002 р.)
6. Пузік С.О. Гравітаційний очищувач авіаційних палив / С.О. Пузік, В.С. Манзій, А.М. Іпатов, В.І. Терьохін // Пат. 18940А України, МПК 5²B01D 29/39. Заявл. 06.04.1993. Опубл. 12.02.1997. Бюл. №6. — 3с.
7. Пузік С.О. Розробка гравітаційного очисника авіаційних палив: автореф. дис. канд. техн. наук: 02.22.14 / Пузік Сергій Олексійович. — К., 1999. — 18 с.

Стаття надійшла до редакції 19.11.2015

S. O. PUZIK, O. S. PUZIK

BASIC METHODS FOR INCREASING THE INTENSITY OF FUELS AND LUBRICANTS PURIFICATION FROM CONTAMINATION IN THE EARTH'S GRAVITATIONAL FIELD

This article shows results of the exploration of the fuels and lubricants purification in the gravitational force field. There are few directions of research. The first problem which was recognised is analysis of the course of physical and chemical processes that occur when using different methods of increasing the intensity of petroleum products cleaning. The exploration has revealed that temperature fluctuations affect mostly on little contaminants. That is why petroleum tanks ought to be in isothermal conditions. Another problem which article shows is imperfections of using investigated methods for sedimentation. Modern research ways of gravitational cleaners' design improving were researched. The most rational for petroleum's purification is cleaning in thick layer which means using multiple-levels gravitational cleaner. It was analyzed perspective devices and theory in discovering of new cleaning method in gravitational force field. To intensify the treatment process is recommended to use a combination of several methods.

Keywords: tank, fuels and lubricants purification, rational temperature, contamination, coagulation additives, gravitational cleaner.

Пузік Сергій Олексійович — канд. техн. наук, проф., професор кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, s.puzik@email.ua

Пузік Олексій Сергійович — канд. техн. наук, молодший науковий співробітник Науково-дослідної частини Національного авіаційного університету, oleksii.puzik@online.ua