

С. О. Пузік, канд. техн. наук, доц.,
А. В. Гвоздецький, магістрант

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ТА ЧАСУ ВІДСТОЮВАННЯ РЕАКТИВНИХ ПАЛИВ

Національний авіаційний університет

Наведено результати аналітичних досліджень швидкості та часу відстоювання реактивних палив залежно від природи забруднень в інтервалі температур $-20-20$ °С. Запропоновано методіку розрахунків, що дає змогу переглянути загальноприйняте нормування часу відстоювання реактивних палив.

Стан проблеми. У цивільному авіаційному транспорті України існуючі інструктивні документи регламентують чистоту реактивних палив (РП), у яких для заправлення у повітряних суден (ПС) уміст механічних домішок має бути не більшим за 0,0002 % (2 г на 1 т) та води не більше 0,003% (30 г на 1 т) [1]. Необхідні рівні чистоти РП у системах ПС на складах паливо-мастильних матеріалів (ПММ) аеропортів досягаються за допомогою традиційних фільтрів. Ці фільтри поряд з багатьма перевагами мають істотні недоліки: мала брудомісткість, великий гідравлічний опір, складність відновлення фільтроелементів та ін. Тому досі залишаються актуальним є створення ефективних і економічних технологій очищення РП.

Один із легкодоступних та порівняно ефективних способів зниження забрудненості РП – це їх відстоювання. Унаслідок додатної різниці густин забруднень палива та самого палива, частинки забруднень прагнуть опуститися на дно резервуара. Разом з тим ефективність відстоювання залежить від таких факторів, як густина та в'язкість палива, які, у свою чергу, значною мірою залежать від температури, розміру та густини частинок забруднень, часу відстоювання [2].

Рекомендована норма часу відстоювання РП – 4 год на 1 м висоти наливу припускає лише можливість осадження частинок механічних домішок розміром не менше 10 мкм та глобул води 20 мкм [3]. Однак при цьому не враховується природа забруднень, їх вигляд.

Навіть, не вдаючись у фізику явища осадження (седиментації) забруднювальних частинок, можна зазначити, чим більша різниця густин цих частинок забруднення та палива, тим більша швидкість (менший термін) їх осадження. Отже, однакове нормування часу відстоювання РП незалежно від фізичних властивостей забруднення зумовлює різну ефективність цього процесу. Залежно від природи забруднення одне паливо відстоюється до вищого ступеня чистоти, тому в деяких випадках можна навіть подавати паливо для заправки ПС, минаючи фільтраційний пункт, а інше паливо потребує додаткової його фільтрації, оскільки воно не встигне відстоюватися [4].

Отже, можна зробити висновок, що ефективність відстоювання за однакового забруднення (однакового гранулометричного складу) тим більша, чим більший термін відстоювання. Згідно з цим висновком не важливе саме нормування часу, але в деяких випадках, наприклад, за незначного наповнення-видачі РП з резервуарного парку, коли час відстоювання тривалий, можна обійтися і без наступної фільтрації палива. Вочевидь і той факт, що чим більша висота наливу РП у резервуарі, тим більший загальний сумарний час його відстоювання. Отже, за інших рівних умов чистота верхніх шарів РП у резервуарі тим вища, чим більша висота його наливу.

Мета роботи. Установити швидкість та час осадження забруднень для РП у горизонтальному резервуарі.

Розрахункова частина. Розглянемо процес осадження в РП частинок забруднень. На частинку забруднення A діють (див. рисунок): сила тяжіння P частинки, реакція речовини (сила Архімеда) F_A та сила F_C опору руху частинки (за Стоксом).

Диференціальне рівняння відносного руху частинки в проєкціях на вісь y має вигляд:

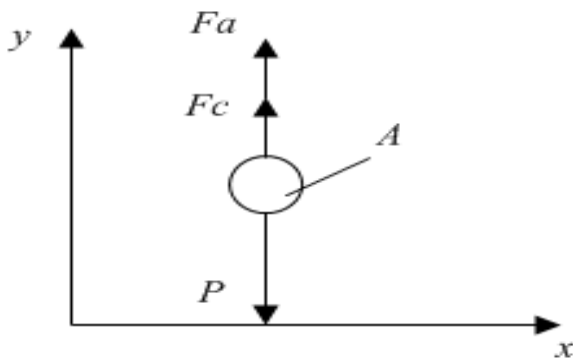
$$m\ddot{y} = P - F_a, \quad (1)$$

де m – маса частинки забруднення.

Розглянемо частинку забруднення як кульку діаметром d , тоді можна записати вирази для сил, що стоять в правій частині рівняння (1) у вигляді:

$$F_a = \frac{\pi d^3}{6}, \quad F = \frac{\pi d^3}{6}, \quad F_c = 3\pi .$$

де ρ_n – густина реактивного палива; ρ_3 – густина частинки забруднення; d – діаметр частинки забруднення; g – прискорення вільного падіння; μ – динамічна в'язкість РП; \dot{y} – проекція швидкості на вісь y ; \mathcal{Q} – швидкість осадження забруднень у РП.



Сили, які діють на частинку забруднень A

Після підставлення виразів для сил P , F_A та F_C та перетворення рівняння (1) набуває вигляду

$$\ddot{y} + \frac{18\mu}{d^2 \rho_3} \dot{y} = g \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_3} \right)$$

Це диференціальне рівняння другого порядку, тому розв'язуємо його методом розділення змінних [5]. Розв'язавши його, можна визначити швидкість осадження забруднень у в'язкому середовищі:

$$\mathcal{Q} = 2 \cdot 10^{-4} \frac{\rho_3 - \rho_n}{\mu} d^2$$

Як забруднювальні домішки розглянемо найбільш характерні з них (табл. 1).

Розрахунки виконано за значень температури РП – 20, 0, 20 °С. Для обраних значень температур наведено значення густини та коефіцієнти динамічної в'язкості РП (табл. 2).

Результати розрахунків швидкості та часу осадження частинок забруднення в РП наведено в табл. 3–8.

Таблиця 1

Густина частинок забруднення

Вид частинок	Вода	Кварц	Оксид заліза
Густина, кг/м ³	1000	2650	5200

Таблиця 2

Значення густини та динамічної в'язкості РП за різних температур

Температура t , °C	-20	0	20
Густина, кг/м ³	806,6	792,4	778,0
Динамічна в'язкість, МПа·с	2,28	1,47	1,04

Таблиця 3

Швидкість осадження глобул води різних розмірів

Діаметр, см	Швидкість осадження глобул води v , см/год, залежно від температури t , °C		
	-20	0	20
0,001	0,0169	0,028	0,0423
0,005	0,42	0,7	1,05
0,01	1,69	2,8	4,23
0,02	6,76	11,2	16,92
0,03	15,21	25,2	38,7
0,05	42,25	70	105,7

Таблиця 4

Час осадження глобул води на 1 м висоти наливу РП

Діаметр, см	Час осадження глобул води τ , год, залежно від температури t , °C		
	-20	0	20
0,001	5917,2	3571,4	2365,0
0,005	238,1	142,9	95,2
0,01	59,2	35,7	23,6
0,02	14,8	8,9	5,9
0,03	6,6	3,97	2,6
0,05	2,4	1,4	0,95

Таблиця 5

Швидкість осадження частинок кварцу різних розмірів

Діаметр, см	Швидкість осадження частинок кварцу v , см/год, залежно від температури t , °C		
	-20	0	20
0,001	0,16	0,25	0,36
0,005	4,0	6,25	9,0
0,01	16,0	25,0	36,0
0,02	64,0	100,0	144,0
0,03	144,0	225,0	324,0
0,05	400,0	625,0	900,0

Таблиця 6

Час осадження частинок кварцу на 1 м висоти наливу РП

Діаметр, см	Час осадження частинок кварцу τ , год, залежно від температури t , °C		
	-20	0	20
0,001	625,0	400,0	277,8
0,005	25,0	16,0	11,1
0,01	6,25	4,0	2,78
0,02	1,6	1,0	0,69
0,03	0,69	0,44	0,3
0,05	0,25	0,16	0,1

Таблиця 7

Швидкість осадження оксидних частинок заліза різних розмірів

Діаметр, см	Швидкість осадження оксидних частинок заліза v , см/год, залежно від температури t , °C		
	-20	0	20
0,001	0,3853	0,5995	0,85
0,005	9,63	14,99	21,25
0,01	38,53	59,95	85
0,02	154,12	239,8	340,0
0,03	346,8	539,6	765,0
0,05	963,3	1498,8	2125,0

Час осадження частинок оксидних заліза на 1 м висоти наливу РП

Діаметр, см	Час осадження частинок заліза τ , год, залежно від температури t , °С		
	-20	0	20
0,001	259,5	166,8	117,6
0,005	10,4	6,7	4,7
0,01	2,6	1,7	1,2
0,02	0,65	0,42	0,3
0,03	0,3	0,2	0,13
0,05	0,1	0,07	0,05

Висновки:

1. Уперше поставлені під сумнів дані інструктивних документів про рекомендований час відстоювання частинок забруднень у гравітаційному полі Землі.

2. Чим більша густина та діаметр частинок забруднень, тим більша швидкість їх осадження та менший час відстоювання.

3. Зі зниженням температури РП час осадження частинок забруднення зменшується досить інтенсивно. Так, зі зниженням температури РП на 40 °С для оксидних частинок заліза діаметром 20 мкм, час осадження збільшується майже вдвічі. Тому більш оптимальними для відстоювання є плюсові температури.

4. Отримані результати дають змогу коригувати технологію очищення РП перед заправленням ПС.

Список літератури

1. *Руководство* по обеспечению чистоты и очистки авиационных топлив, масел, рабочих и специальных жидкостей на предприятиях ГА. – М.: Воздуш. трансп., 1987 – 32 с.

2. *Большаков Г. Ф.* Восстановление и контроль качества нефтепродуктов – Л.: Недра, 1982 – 350 с.

3. *Інструкція* із забезпечення заправлення повітряних суден паливо-мастильними матеріалами і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України. – К.: Друк НВФ «Славутич-Дельфін», 2006 – 140 с.

4. *Зеленин В. В.* Совершенствование технологии подготовки реактивных топлив к заправке воздушных судов: автореф. дис. на збобуття наук. ступеня канд. техн. наук: / Зеленин В. В.//– К., 1992 – 20 с.

5. Пузик С. О. Розробка гравітаційного очисника авіаційних палив.: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук/ Пузик С. О.// – К., 1989 – 18 с.

УДК 681.3.665.66(045)

Пузик С.А., Гвоздецкий А.В. **Определение скорости и времени отстаивания реактивных топлив** // Проблемы тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2009. – Вип. 52. – С.178–184.

Наведены результати аналітичних досліджень швидкості та часу отстаивання реактивних топлив в залежності від природи забруднення в інтервалі температур від -20 – 20 °С. Предложена методика расчётов, которая даст возможность пересмотреть общепринятое нормирование времени отстаивания реактивных топлив.

Рис. 1, табл. 8, список літ. 5 найм.

Puzik S., Hvozdeckii A. **Determination of speed and time of standing jet fuels**

It was putting results of analytic researches of speed and time of standing jet fuels depended on nature of dirt between -20 – 20 °C temperatures. Propositional method of calculations permits review common standardizing of standing time of jet fuels.

Стаття надійшла до редакції 28.10.09.