

УДК 681.3:665.66(045)

С.О. Пузік, к.т.н., доц.  
 В.С. Манзій, к.т.н., доц.  
 В.О. Закревський, к.ф.-м.н., доц.  
 В.С. Шевчук, к.т.н., проф.

## ПРОЦЕС ПРОМИВАННЯ ГРАВІТАЦІЙНОГО ОЧИСНИКА ВІД ЗАБРУДНЕНЬ МИЙНИМИ ЗАСОБАМИ

Національний авіаційний університет

Наведено результати аналітичних досліджень процесу відновлення поверхні осаджувальних пластин гравітаційного очисника безперервної дії промиванням його мийними засобами. Вирішальним у цьому процесі є подолання тертя ковзання частинками забруднення.

**гравітаційний очисник, забруднення, мийні засоби, осаджувальні пластини, промивання, тертя ковзання, тертя кочення**

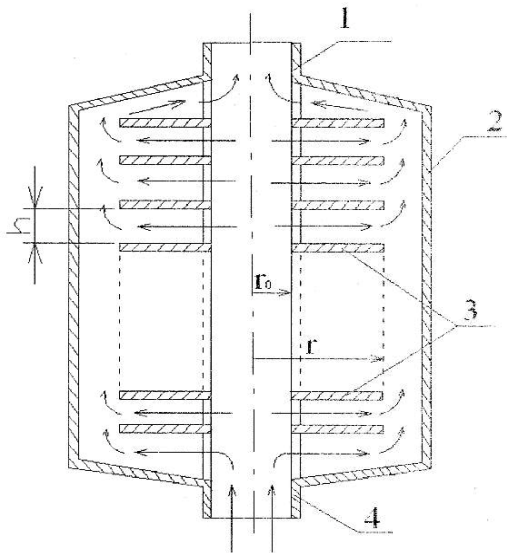


Рис. 1. Схема гравітаційного очисника безперервної дії:

- 1 – вихідний (верхній) патрубок;
- 2 – корпус;
- 3 – пакет круглих осаджувальних пластин;
- 4 – вхідний (нижній) патрубок

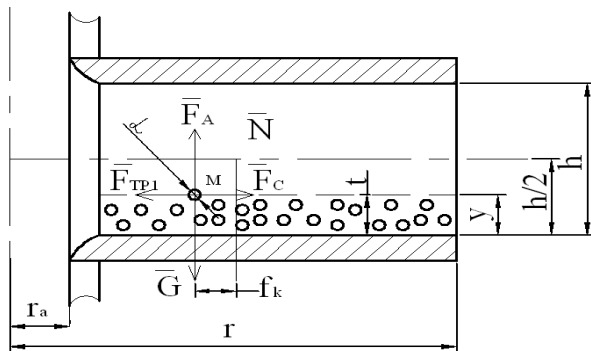


Рис. 2. Щілина з поверхнею осаджування забруднень

### Постановка проблеми

Ефективність роботи очисників через нагродження в них забруднень знижується і може бути відновлена шляхом очищення поверхні осаджувальних пластин очисника від залишкових забруднень.

Серед наявних методів недостатньо досліджений процес промивання гравітаційних очисників мийними засобами.

**Мета** дослідження – з'ясувати можливість промивання деякими мийними засобами, визначити витрати мийного засобу.

### Необхідні умови промивання

Об'єктом дослідження обрано гравітаційний очисник безперервної дії (рис. 1).

Розчин мийного засобу подається через нижній патрубок і рівномірно розподіляється в щілині між пластинами, виходячи потім в проміжок між стінками корпуса та зовнішніми кінцями пластин, звідки він потрапляє у вихідний патрубок, виносячи з собою забруднення від верхніх поверхонь осаджувальних пластин.

Відстань від поверхні осаджування до осі щілини з поверхнею осаджування забруднень, показаної на рис. 2, задовольняє нерівностям

$$\frac{h}{2} \geq y \geq \frac{h}{2} - t,$$

де  $t$  – максимально можлива товщина шару осаджень.

На частинку забруднення, яка міститься на поверхні шару забруднень, діють:

– нормальна реакція поверхні шару осадження частинок  $N$ ;

– сила тяжіння частинки  $G$ :

$$G = \frac{\pi d^3}{6} \rho_r g;$$

– стоксівська сила  $F_C$ :

$$F_C = 3\pi d v_p \nu \rho_p;$$

– сила тертя ковзання  $F_{TP}$ :

$$F_{TP} = f(G - F_A) = \frac{\pi d^3}{6} f(\rho_r - \rho_p)g,$$

$$F_A = \frac{\pi d^3}{6} \rho_p g,$$

де  $d$  – діаметр частинки забруднення, яку припускаємо за кульку;

$\rho_r$  – щільність частинки;

$g$  – прискорення вільного падіння:

$$g = 9,81 \text{ см/с}^2;$$

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості мий-

ного засобу;

$V$  – швидкість у будь-якій точці  $M$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя ковзання між частинкою та шаром осаджених частинок;

$\rho_p$  – щільність мийного засобу.

Окрім того, виникає момент тертя кочення:

$$M_{TP} = Nf_k = (G - F_A)f_k = \frac{\pi d^3}{6} f_k(\rho_r - \rho_p)g,$$

де  $f_k$  – коефіцієнт тертя кочення.

Основною рушійною силою, яка змушує частинки забруднення переміщуватись уздовж щілини до виходу радіуса  $r$ , є стоксівська сила  $F_C$ .

Як відомо з курсу гідравліки [1], швидкість будь-якої точки  $M$  (рис. 3):

$$V_M = \frac{3}{2} V_{cp} \left(1 - \frac{4y^2}{h^2}\right) = V,$$

де  $V_{cp}$  – середня швидкість (на осі щілини).

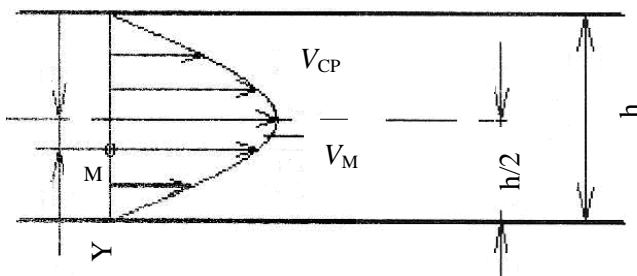


Рис.3. Розподіл швидкостей по перерізу щілини

Взагалі  $V_{вх} \geq V_{cp} \geq V_{вих}$ , тобто змінюється вздовж щілини. Швидкість на вході в щілину

$$V_{вх} = \frac{Q}{2\pi r_0 h n},$$

а на виході

$$V_{вих} = \frac{Q}{2\pi r h n},$$

де  $Q$  – витрата рідини у всіх  $n$  щілинах.

Наближено припускаємо:

$$V_{cp} = \frac{V_{вх} + V_{вих}}{2} = \frac{Q}{4\pi h n} \left(\frac{1}{r_0} + \frac{1}{r}\right).$$

Згідно з розрахунками, наведеними в праці [2], припускаємо

$$r_0 = 5 \text{ см};$$

$$r = 50 \text{ см};$$

$$h = 0,3 \text{ см};$$

$$n = 90.$$

$$\text{Тепер } V_{cp} = 0,00065 Q.$$

З умови  $F_{TP} > F_C$  було знайдено  $y_{\min} = 0,07$  см та товщину  $t$  шару забруднень для очищеної рідини з характеристиками:

$$\nu = 0,014 \text{ ст},$$

$$\rho_p = 0,78 \text{ г/см}^3,$$

через знайдений  $y_{\min}$ , тобто

$$t = \frac{h}{2} - y_{\min},$$

$$t = 0,15 - 0,07 = 0,08 \text{ см}$$

або  $0,15 \geq y \geq 0,07$ .

Розіб'ємо цей інтервал на частини, на межах яких  $y$  має значення:

$$y_1 = 0,07;$$

$$y_2 = 0,09;$$

$$y_3 = 0,11;$$

$$y_4 = 0,13;$$

$$y_5 = 0,14.$$

Розрахуємо швидкість  $V$  для кожного з цих значень для функцій  $Q$ :

$$V_1 = \frac{3}{2} * 0,00065 Q \left(1 - \frac{4 * 0,07^2}{0,3^2}\right) = 0,00077 Q;$$

$$V_2 = \frac{3}{2} * 0,00065 Q \left(1 - \frac{4 * 0,09^2}{0,3^2}\right) = 0,000624 Q;$$

$$V_3 = \frac{3}{2} * 0,00065 Q \left(1 - \frac{4 * 0,11^2}{0,3^2}\right) = 0,00045 Q;$$

$$V_4 = \frac{3}{2} * 0,00065Q \left(1 - \frac{4 * 0,13^2}{0,3^2}\right) = 0,00024Q;$$

$$V_5 = \frac{3}{2} * 0,00065Q \left(1 - \frac{4 * 0,14^2}{0,3^2}\right) = 0,000127Q.$$

Підставляємо значення  $V$  у вираз для стоксівської сили:

$$F_{c1} = 3\pi d v_p * 0,00077Q = 0,00725 d v_p Q \rho_p;$$

$$F_{c2} = 3\pi d v_p * 0,000624Q = 0,00588 d v_p Q \rho_p;$$

$$F_{c3} = 3\pi d v_p * 0,00045Q = 0,0042 d v_p Q \rho_p;$$

$$F_{c4} = 3\pi d v_p * 0,00024Q = 0,00226 d v_p Q \rho_p;$$

$$F_{c5} = 3\pi d v_p * 0,000127Q = 0,00122 d v_p Q \rho_p.$$

Основною умовою можливості промивання очисника від забруднень є перевищення стоксівської сили  $F_C$  над силою тертя ковзання  $F_{TP}$  та величиною, що характеризує тертя кочення:

$$F_{TP} = \frac{M_{TP}}{d/2} = \frac{2M_{TP}}{d} = \frac{\pi d^2}{3} f_k (\rho_r - \rho_p) g,$$

тобто  $F_C > F_{TP}$  та  $F_C > \frac{M_{TP}}{d/2}$ .

Розписуємо ці нерівності для всіх знайдених значень  $F_C$ :

$$1) 0,00725 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{6} f (\rho_r - \rho_p) g,$$

$$0,00725 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{3} f_k (\rho_r - \rho_p) g;$$

$$2) 0,00588 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{6} f (\rho_r - \rho_p) g,$$

$$0,00588 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{3} f_k (\rho_r - \rho_p) g;$$

$$3) 0,0042 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{6} f (\rho_r - \rho_p) g,$$

$$0,0042 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{3} f_k (\rho_r - \rho_p) g;$$

$$4) 0,00226 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{6} f (\rho_r - \rho_p) g,$$

$$0,00226 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{3} f_k (\rho_r - \rho_p) g;$$

$$5) 0,00122 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{6} f (\rho_r - \rho_p) g,$$

$$0,00122 d v_p Q > \frac{\pi d^3}{3} f_k (\rho_r - \rho_p) g.$$

Розв'язуємо отримані нерівності відносно витрат рідини  $Q$ :

$$1) Q > \frac{43,3 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p},$$

$$Q > \frac{0,079 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p};$$

$$2) Q > \frac{53,4 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p},$$

$$Q > \frac{0,098 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p};$$

$$3) Q > \frac{74,76 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p},$$

$$Q > \frac{0,137 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p};$$

$$4) Q > \frac{138,9 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p},$$

$$Q > \frac{0,254 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p};$$

$$5) Q > \frac{257,37 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p},$$

$$Q > \frac{0,457 * (\rho_r - \rho_p) d^2 g}{v_p \rho_p}.$$

Розрахунки витрат  $Q$  проводилися для параметрів:

$$d = 0,005 \text{ см};$$

$$f = 0,6;$$

$$f_k = 0,00055 \text{ см};$$

$$\rho_r = 3 \text{ г/см}^3.$$

## Розрахунки витрат для мийних засобів

| Вода  | АФТ1   | АТФ2   | Ацетон  | ТВН   |
|---|--|--|---|---|
| $\rho_p = 1 \text{ г/см}^3$<br>$\nu_p = 0,01 \text{ ст}$                          | $\rho_p = 0,953 \text{ г/см}^3$<br>$\nu_p = 0,052 \text{ ст}$                    | $\rho_p = 1,1 \text{ г/см}^3$<br>$\nu_p = 0,08 \text{ ст}$                       | $\rho_p = 0,8 \text{ г/см}^3$<br>$\nu_p = 0,04 \text{ ст}$                          | $\rho_p = 0,87 \text{ г/см}^3$<br>$\nu_p = 0,851 \text{ ст}$                    |
| 212,38 і 0,387<br>261,66 і 0,48<br>366,2 і 0,67<br>680,6 і 1,245<br>1261,1 і 2,24 | 41,74 і 0,076<br>51,48 і 0,084<br>71,78 і 0,132<br>133,9 і 0,245<br>248,1 і 0,44 | 25,22 і 0,046<br>31,08 і 0,057<br>43,51 і 0,08<br>80,84 і 0,148<br>149,8 і 0,375 | 138,05 і 0,287<br>170,24 і 0,312<br>238,33 і 0,437<br>442,8 і 0,81<br>820,5 і 1,457 | 2,65 і 0,0047<br>3,2 і 0,0059<br>4,48 і 0,0082<br>8,33 і 0,015<br>15,44 і 0,027 |

**Висновки**

Промивання гравітаційного очисника за допомогою розглянутих мийних засобів можлива.

Основною умовою можливості промивання очисника від забруднень є перевищення стоксівської сили  $F_c$  і тертя кочення  $F_{\text{ТР2}}$ .

Слід орієнтуватися на значення  $Q$ , знайдені через тертя ковзання, тобто на перші числа в кожному рядку таблиці.

Ураховуючи витрати мийних засобів перевагу має ТВН або АТФ2.

Вирішальним чинником є кінематичний коефіцієнт в'язкості мийного засобу, тобто чим більше визначення, тим ефективніший процес промивання.

**Література**

1. Френкель Н.З. Гидравлика / Н.З. Френкель. – М.: Госэнергоиздательство, 1987.
2. Расчет гравитационного очистителя непрерывного действия для очистки авиационных топлив от загрязнений / С.А. Пузик, В.С. Манзий, А.М. Ипатов, В.С. Шевчук // Исследование эксплуатационных свойств авиаГСМ и спецжидкостей: сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1986. – С. 115–120.

Стаття надійшла до редакції 12.01.10.

**С.А. Пузик, В.С. Манзий, В.А. Закревский, В.С. Шевчук**

**ПРОЦЕС МЫТЬЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ОЧИСТИТЕЛЯ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОЮЩИМИ СРЕДСТВАМИ**

Национальный авиационный университет

**гравитационный очиститель, загрязнение, моющие средства, осадительные пластины, промывание, трение скольжения, трение качения**

Эффективность работы очистителя с накоплением загрязнений понижается и может быть восстановлена очисткой поверхности осадительных пластин очистителя. Условием промывки очистителя от загрязнений является превышения стоксовской силы над силой трения скольжения и величиной, характеризующей трение качения. Составлены и решены неравенности для всех найденных значений стоксовской силы относительно потерь некоторых моющих средств. Эффективность процесса промывки гравитационного очистителя зависит от коэффициента кинематической вязкости моющего средства.

**Sergiy O. Puzik, Volodymyr S. Manzii, Valentyn O. Zakrevskiy, Vitalii S. Schevchuk**

**THE PROCESS OF FLUSHING THE GRAVITATIONAL CLEANER FROM POLLUTION CLEANSERS**

National Aviation University

**gravitational cleaner, detergent, kinetic friction, rolling friction, pollution, precipitate plate, washing**

During the dirt accumulation the operating efficiency of the cleaners is decreasing and can be restored by cleaning the surface of sedimental plates cleaner. The condition of washing cleaner from pollution is excess of stokes forces on sliding friction force and size that characterizes the roll friction. Inequalities for all computed values of stoke strength were arranged and solved relative to waste of certain cleaning fluids. Thus: the flushing gravity cleaner with considered detergents is possible, more efficient process is to wash with detergent that has higher kinematic viscosity coefficient.