

## НАУКОВІ ОСНОВИ АЕРОЗОЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ БІОДИЗЕЛЯ

**В. М. Поліщук, С. Є. Тарасенко, кандидати технічних наук**  
**e-mail: polischuk.v.m@gmail.com**

**Анотація.** Встановлена потреба видалення після нейтралізації із дизельного біопалива цитрату калію шляхом водяного промивання та осадження утворених пластинок. Визначені сили, які здійснюють вплив на частинку у шарі біодизеля та проведено моделювання руху цієї частинки при її повільному осадженні. Розглянута математична модель осадження пластинок цитрату калію та встановлена динаміка швидкості їх руху. Встановлена експозиція їх осадження. Визначені раціональні розміри краплин води для промивання біодизеля.

Час осадження пластинок водного розчину цитрату калію при очищенні біодизеля від каталізатора може становити від 0,5 до 40 діб. Тому для пришвидшення цього процесу рекомендується розпилювати в товщі біодизеля краплини води, які приєднують до себе частинки забруднювача і транспортують їх до дна реактора.

Починаючи із діаметра краплин води 1 мм подальше збільшення їх дисперсності суттєво не впливає на швидкість осадження. Тому бажано промивати біодизель шляхом розпилювання в ньому краплин води діаметром 0,5-1 мм. Швидкість осадження таких краплин не перевищує 2 хв. При зменшенні дисперсності краплин швидкість їх осадження суттєво зростає.

**Ключові слова:** критерій Рейнольдса, нейтралізація, біодизель, цитрат калію, краплини, швидкість осадження, сила аеродинамічного опору

**Постановка проблеми.** В результаті нейтралізації біодизеля слабким розчином лимонної кислоти в ньому утворюються солі (цитрати) кальцію. Вони утворюють пластинки діаметром 1,5-3 мм, за формою близькі до форми циліндра. При перемішуванні біодизеля під час нейтралізації ці пластинки розбиваються на дрібніші максимальним діаметром приблизно до 50 мкм. Відношення висоти пластинки солей лимонної кислоти до її діаметру становить приблизно 1/10.

Після нейтралізації цитрат калію необхідно видалити із біодизеля для зниження його лужності. Це здійснюється шляхом їх осадження [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень.** Частинка, яка перебуває в рідині, відчуває дію сил:

– тяжіння [3]:

$$P_g = m_{\text{ч}} \cdot g = V_{\text{ч}} \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot g; \quad (1)$$

– Архімеда [4]:

$$P_A = V_{\text{ч}} \cdot \rho_p \cdot g. \quad (2)$$

де:  $M_{\text{ч}}$  – маса частинки, кг;  $V_{\text{ч}}$  – об'єм частинки, м<sup>3</sup>;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $\rho_{\text{ч}}$ ,  $\rho_p$  – густина частинки і рідини, кг/м<sup>3</sup>.

Якщо  $P_g > P_A$ , частинка починає опускатись в товщі рідини. Сила, яка діє на частинку в цей момент часу, становить:

$$P_g - P_A = V_{\text{ч}} \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot g - V_{\text{ч}} \cdot \rho_p \cdot g = V_{\text{ч}} \cdot g \cdot (\rho_{\text{ч}} - \rho_p). \quad (3)$$

По мірі опускання частинки, на неї починає діяти сила опору, яка протидіє різниці сил  $P_g - P_A$  [3]:

$$P_o = \zeta \cdot S_{\text{ч}} [(\rho_p v_{\text{ч}}^2)/2], \quad (4)$$

де:  $\zeta$  – коефіцієнт опору;  $S_{\text{ч}}$  – площа проекції частинки на горизонтальну площину, м<sup>2</sup>;  $v$  – швидкість руху частинки, м/с.

В початковий момент осадження частинка рухається з прискоренням, однак із збільшенням швидкості зростає опір середовища, а отже, зменшується і величина прискорення. Дуже швидко настає рівновага: величина сили опору середовища  $P_o$  зрівноважується силою рухомої частки ( $P_g - P_A$ ). При цьому настає динамічна рівновага:  $P_o = P_g - P_A$ .

Починаючи з цього моменту, частинка буде рухатися рівномірно із постійною швидкістю, яка, називається швидкістю осадження  $v_{\text{oc}}$  і визначається із умови рівності сили, що рухає частку, і сили опору середовища  $P_g - P_A = P_o$  [4]:

$$V_{\text{ч}} \cdot g \cdot (\rho_{\text{ч}} - \rho_p) = \zeta \cdot S_{\text{ч}} [(\rho_p v_{\text{ч}}^2)/2]. \quad (5)$$

Звідси швидкість осадження частинки становить:

$$v_{\text{oc}} = \sqrt{\frac{2 \cdot V_{\text{ч}} \cdot g \cdot (\rho_{\text{ч}} - \rho_p)}{\zeta \cdot S_{\text{ч}} \cdot \rho_p}}. \quad (6)$$

Коефіцієнт опору  $\zeta$  залежить від режиму руху частинки при осадженні  $\zeta = f(\text{Re})$ , який характеризується критерієм Рейнольда, який виражає співвідношення інерційних сил і сил внутрішнього тертя (в'язкості) потоку [4]:

$$\text{Re} = \frac{\rho_p d_{\text{ч}} v_{\text{oc}}}{\mu_p}, \quad (7)$$

де:  $\text{Re}$  – критерій Рейнольда;  $d_{\text{ч}}$  – діаметр частинки, м;  $\mu_p$  – динамічна в'язкість рідини, Па·с.

Критерій Рейнольда  $\text{Re}$  визначає основні властивості потоку.

Сили інерції зумовлюють утворення локальних неоднорідностей у потоці, сили ж в'язкості, навпаки, згладжують неоднорідності, тобто приводять до вирівнювання швидкостей [3].

Існують різноманітні режими осадження частинки, кожному з них відповідає певне значення критерію Рейнольдса  $Re$ .

При ламінарному русі, що спостерігається при невеликих швидкостях і малих розмірах частинок, або при високій в'язкості середовища, частинка оточена граничним шаром рідини і плавно обтікається потоком. Втрата енергії в таких умовах пов'язана в основному лише з переборенням опору тертя. При ламінарному режимі  $Re < 2$  коефіцієнт опору середовища визначається як [4]:

$$\zeta = 24/Re. \quad (8)$$

Підставивши формули (8) і (7) в вираз (4), а також враховуючи, що площа проекції кулі на площину становить  $S = \pi \cdot d_q^2/4$ , опір середовища при русі частинки кулястої форми виражається за формулою, що відображає закон Стокса [6]:

$$P_o = 3 \cdot \pi \cdot d_q \cdot \mu_p \cdot v_q, \quad (9)$$

Згідно закону Стокса, сила опору, що діє на тіло кулястої форми при повільному русі в необмеженому в'язкому середовищі, прямо пропорційна швидкості руху, діаметру тіла і в'язкості середовища. Закон Стокса застосовується лише при ламінарному русі дрібних частинок кулястої форми. Для діаметру часток  $1,6 \cdot 10^{-5}$ – $3,0 \cdot 10^{-5}$  м неточність визначення становить 1%,  $0,16 \cdot 10^{-5}$ – $7,0 \cdot 10^{-5}$  – 10% [5].

З розвитком турбулентності потоку все більшу роль починають відігравати сили інерції. Під дією цих сил граничний шар відривається від поверхні частинки, що приводить до зниження тиску за ним, і до появи без порядкових місцевих завихрень у даному просторі. Перехідна зона характерна при  $Re = 2-500$ , при цьому коефіцієнт опору середовища визначається як [4]:

$$\zeta = 10/Re^{0.5}. \quad (10)$$

Починаючи з деяких значень критерію Рейнольдса, при розвинутій турбулентності потоку при  $500 < Re < 2 \cdot 10^5$ , опором тертя можна знехтувати, оскільки переважною силою стає лобовий опір. Для турбулентної області коефіцієнт опору середовища становить [4]:

$$\zeta = 0,44 = const. \quad (11)$$

При  $Re \geq 2 \cdot 10^5$  настає криза опору, і значення  $\zeta$  різко падає (в 4–5 разів) [6].

Слід зазначити, що наведені значення  $\zeta$  справедливі при русі частинки в формі кулі, діаметр якої значно менший діаметра місткості, в якому частинка рухається.

Для інших тіл правильної геометричної форми (кубики, циліндри, плоскі диски тощо) дослідні значення  $\zeta$  не піддаються точному узагальненню емпіричними формулами; ряд чисельних значень приведений в технічних довідниках.

З деяким наближенням можна розрахувати значення  $\zeta$  для часток неправильної геометричної форми за наведеними вище формулами для кулястих частинок за допомогою коефіцієнта сферичності  $\varphi_c$ , який являє собою відношення поверхні кулі, рівновеликого частинці неправильної форми  $S_e$ , до дійсної поверхні цієї частинки  $S_q$ , тобто [6]:

$$\varphi_c = S_e / S_q . \quad (12)$$

де:  $\varphi_c$  – коефіцієнта сферичності.

Якщо об'єм частинки неправильної форми дорівнює  $V_q$ , то [6]:

$$S_e = \pi \cdot \left( \sqrt{\frac{6 \cdot V_q}{\pi}} \right)^2 = 4,87 \cdot V_q^{2/3} . \quad (13)$$

Величину  $S_q$  дуже рідко можна виміряти напряму, тому вона найчастіше визначається експериментально шляхом зіставлення перепадів тиску при ламінарному русі рідини через нерухомі шари сферичних та досліджуваних частинок. Тому коефіцієнт сферичності приймається із довідкової літератури. Коефіцієнти сферичності частинок циліндричної форми для діапазону  $h=(1/2) \cdot d \dots (1/30) \cdot d$  наведені в [7]. Їх можна апроксимувати виразом:

$$\varphi_c = (0,2233 \cdot \ln(a) + 0,9869) \text{ при } R^2=0,9993. \quad (14)$$

де:  $a$  – множник в межах від 1/2 до 1/30.

Для ламінарного режиму коефіцієнт опору несферичної частинки становить [6]:

$$\zeta = \frac{28,47}{\text{Re}_e \cdot \lg\left(\frac{\varphi_c}{0,065}\right)} . \quad (15)$$

де:  $\text{Re}_e$  – еквівалентний критерій Рейнольдса.

Еквівалентний критерій Рейнольдса визначається як:

$$\text{Re}_e = \frac{\rho_p d_e v_{oc}}{\mu_p} , \quad (16)$$

де:  $d_e$  – еквівалентний діаметр рівновеликої кулі, м; встановлюється із виразу [6]:

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}} . \quad (17)$$

Для турбулентного режиму коефіцієнт опору несферичної частинки визначається як [6]:

$$\zeta = 5,31 - 4,87 \cdot \varphi_c . \quad (18)$$

В області перехідного режиму для несферичних частинок рекомендуються використовувати значення  $\zeta$ , наведені [6], які можна апроксимувати виразом:

$$\zeta = 19,848 \cdot \text{Re}_e^{-0,3858} \text{ при } R^2=0,899. \quad (19)$$

Однак на практиці формулою (6) скористатись важко, оскільки в її склад входить коефіцієнт опору, який залежить від числа Рейнольдса і режиму руху частинки. В той же час, режим руху частинки і число Рейнольдса, в свою чергу, залежать від швидкості осадження.

Тому **метою наших досліджень** є розробка такої математичної моделі осадження пластинок водного розчину цитрату калію, яка дозволить встановити та оптимізувати швидкість і час їх осадження.

**Результати досліджень.** В зв'язку із трудностю застосування формули (6), осадження частинок в товщі рідини доцільно розглянути в динаміці.

Згідно [3], рівняння руху частинки в товщі рідини можна записати через систему диференційних рівнянь:

$$\begin{cases} m_{\text{ч}} \frac{dv_{\text{ч}}}{dt} = P_o - (P_g - P_A) \\ \frac{dl_{\text{к}}}{dt} = v_{\text{ч}} \end{cases} \quad (20)$$

де:  $l_{\text{к}}$  – довжина каналу (відстань, що проходить частинка при осадженні в товщі біодизеля), м.

Підставивши в вираз (20) формули (3) і (4), отримаємо систему диференційних рівнянь, яка описує осадження частинок в товщі нерухомої рідини, яка розміщена в каналі діаметром  $D_{\text{к}}$ :

$$\begin{cases} \frac{dv_{\text{ч}}}{dt} = \frac{\zeta \cdot S_{\text{ч}} \cdot \rho_p \cdot v_{\text{ч}}^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{d_{\text{ч}}}{D_{\text{к}}}\right)^2\right)}{2 \cdot m_{\text{ч}}} - \frac{V_{\text{ч}} \cdot g \cdot (\rho_{\text{ч}} - \rho_p)}{m_{\text{ч}}} \\ \frac{dl_{\text{к}}}{dt} = v_{\text{ч}} \end{cases} \quad (21)$$

У випадку руху рідини необхідно також враховувати дію на частинку двох бокових сил:  $P_1$ , що викликається наявністю градієнта швидкості потоку, і сили Магнуса  $P_2$ .

Шляхом вирішення системи рівнянь (21), отримана динаміка зміни в часі швидкості осадження частинки, її числа Рейнольдса та час осадження.

Динаміка зміни швидкості осадження пластинок водного розчину цитрату калію в часі наведена на рис. 1. Як видно із табл. 1, пластинки з діаметром від 10 мкм до 100 мкм осаджуються в ламінарному режимі, оскільки  $\text{Re} < 2$ .

# 1. Показники осадження пластинок водного розчину цитрату калію в товщі біодизеля

Показник	Діаметр пластинки, мкм		
	10	50	100
Re	$2,39 \cdot 10^{-13}$	$7,47 \cdot 10^{-10}$	$2,39 \cdot 10^{-8}$
$V_{oc}$ , м/с	$3,125 \cdot 10^{-7}$	$7,82 \cdot 10^{-6}$	$3,125 \cdot 10^{-5}$
$t_{oc}^*$ , діб	37	1,48	0,37

\*час осадження пластинок цитрату калію в товщі біодизеля висотою 1 м.

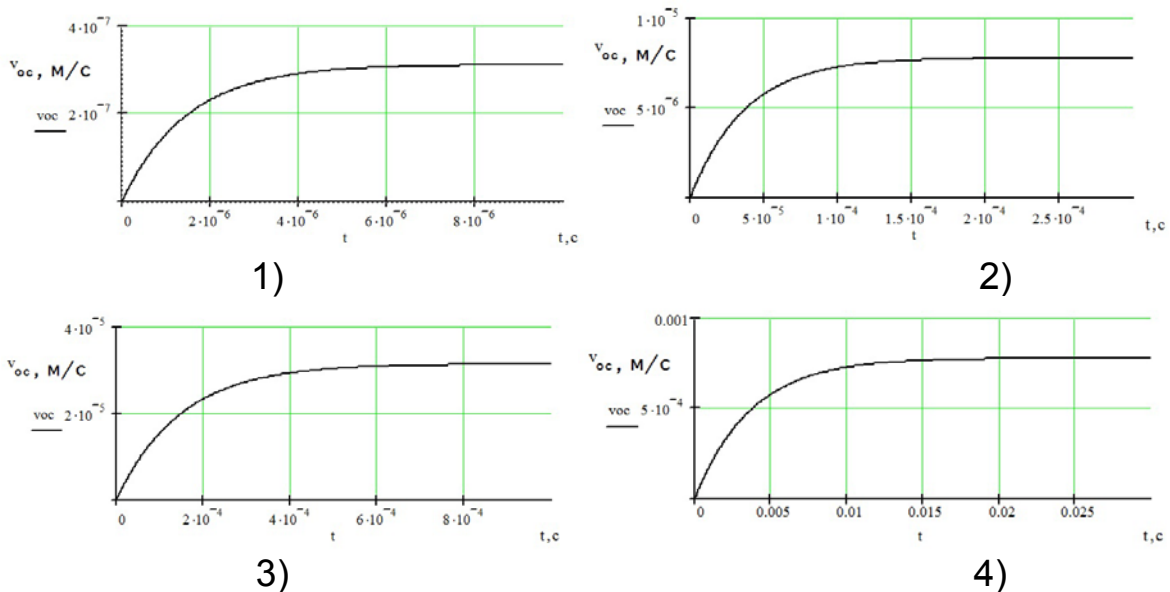


Рис. 1. Швидкість осадження пластинок (відношення висоти до діаметра 1/10) водного розчину цитрату калію в товщі біодизеля при діаметрі пластинки: 1 – 10 мкм; 2 – 50 мкм; 3 – 100 мкм; 4 – 500 мкм.

Швидкість осадження пластинок водного розчину цитрату калію зростає поступово, як видно із рис. 1. Після зупинки мішалки сила тяжіння, що діє на пластинку, поступово починає перевищувати архімедову силу і силу опору, при цьому швидкість осадження зростає по закону, близькому до лінійного. Однак починаючи з деякого моменту часу в зв'язку із зростанням сили опору прискорення пластинки уповільнюється і в певний момент, коли сила тяжіння урівноважується архімедовою силою і силою опору, швидкість осадження стабілізується. Якби пластини водного розчину цитрату калію зберігали той розмір, який вони утворюють при нейтралізації біодизеля водним розчином лимонної кислоти (0,5–1,5 мм), час осадження в товщі біодизеля висотою 1 м займав би від 2 до 20 хв. Однак при нейтралізації утворені пластинки розбиваються механічною мішалкою на дрібніші, час осадження яких суттєво зростає. І якщо час осадження пластинок діаметром 100 мкм становить близько 10 год, то вже пластинки діаметром 50 мкм осаджуються протягом 1,5 діб, а діаметром 10 мкм – до 40 діб.

Ситуація ускладнюється тим, що існує широка полідисперсність частинок водного розчину цитрату калію в біодизелі після його нейтралізації, що призводить до неповного його очищення від гідроксиду калію.

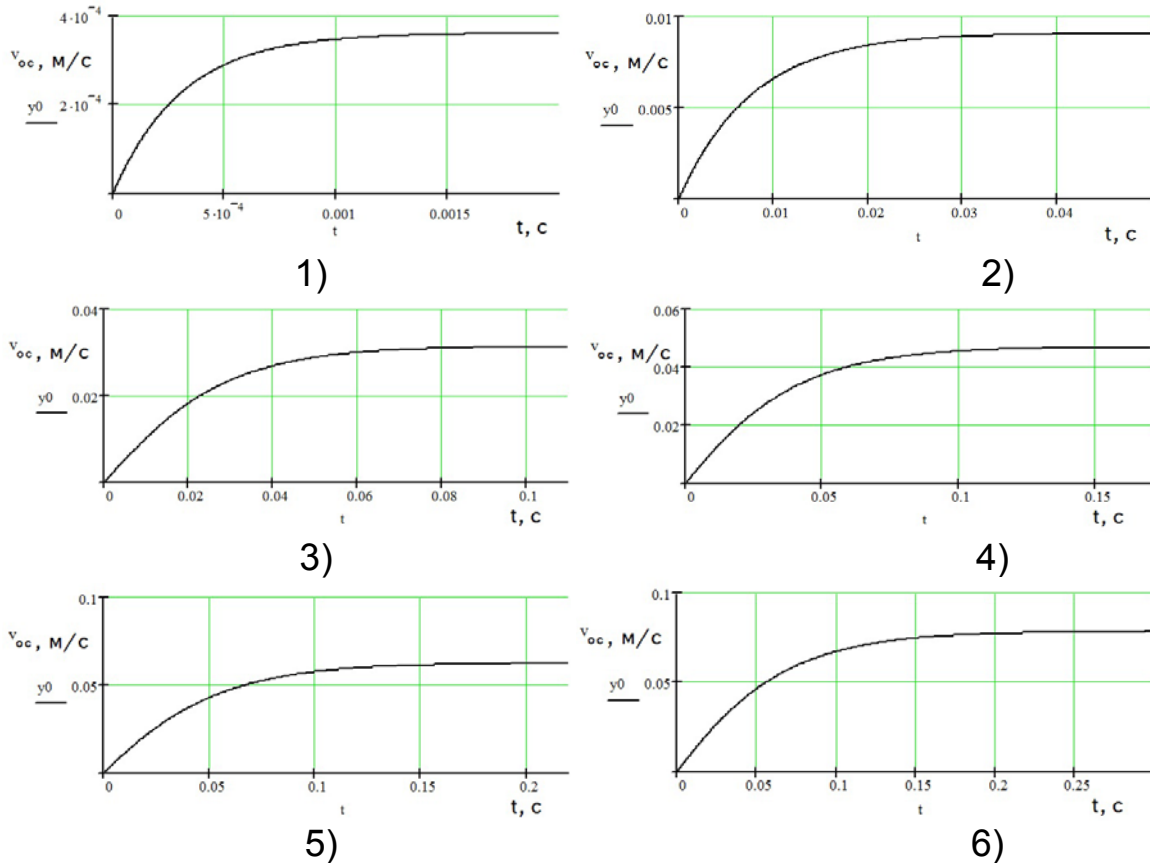


Рис. 2. Швидкість осадження в товщі біодизеля краплин води при їх діаметрі: 1 – 100 мкм; 2 – 500 мкм; 3 – 1000 мкм; 4 – 1500 мкм; 5 – 2000 мкм; 6 – 2500 мкм.

Одним із способів підвищення ефективності очищення біодизеля є промивання його водою шляхом розбризування її над поверхнею біодизеля із наступним рухом краплин води до дна місткості.

## 2. Показники осадження краплин води в товщі біодизеля

Показник	Діаметр пластинки, мкм					
	100	500	1000	1500	2000	2500
Re	$3,2 \cdot 10^{-6}$	0,01	0,24	0,8	1,9	3,7
$v_{oc}$ , м/с	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$	0,031	0,047	0,062	0,078
$t_{oc}^*$ , хв.	46,3	1,8	0,54	0,35	0,27	0,21

\*час осадження краплин води в товщі біодизеля висотою 1 м.

Під час руху, краплини рідини з'єднуються із пластинками забруднювачів, і захоплюють їх із собою. Динаміка зміни швидкості

осадження краплин води в часі при відсутності початкової швидкості наведена на рис. 2. Як видно із табл. 2, краплини з діаметром від 2 мм осаджуються в ламінарному режимі ( $Re < 2$ ), при збільшенні діаметра краплин понад 2000 мкм їх осадження здійснюється в перехідному режимі.

Механізм дій сил тяжіння, Архімеда і опору на краплину аналогічний до дій цих сил на пластинку циліндричної форми, що описаний вище.

### Висновки

1. Час осадження пластинок водного розчину цитрату калію при очищенні біодизеля від каталізатора може становити від 0,5 до 40 діб. Тому для пришвидшення цього процесу рекомендується розпилювати в товщі біодизеля краплини води, які приєднують до себе частинки забруднювача і транспортують їх до дна реактора.

2. Починаючи із діаметра краплин води 1 мм подальше збільшення їх дисперсності суттєво не впливає на швидкість осадження. Тому бажано промивати біодизель шляхом розпилювання в ньому краплин води діаметром 0,5–1 мм. Швидкість осадження таких краплин не перевищує 2 хв. При зменшенні дисперсності краплин швидкість їх осадження суттєво зростає.

### Список літератури

1. *Поліщук В. М.* Застосування біопалив для дизельних двигунів / *В. М. Поліщук, С. В. Драгнєв, І. І. Убоженко, М. Ю. Павленко, О. В. Поліщук* // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К., 2008. – Вип. 125. – С. 315–319.
2. *Поліщук В. М.* Технології виробництва біодизеля (огляд) / *В. М. Поліщук, С. Є. Тарасенко, І. Д. Гуменюк, М. М. Яструб, О. В. Поліщук* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 3. – С. 354–359.
3. *Зуев Ф. Г.* Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях / *Ф. Г. Зуев.* – М.: Колос, 1976. – 344 с.
4. *Шалугін В. С.* Процеси та апарати промислових технологій / *В. С. Шалугін, В. М. Шмандій.* – К: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.
5. *Ветошкин А. Г.* Теоретические основы защиты окружающей среды / *А. Г. Ветошкин.* – Пенза: Изд-во ПГАСА, 2002. – 290 с.
6. *Гальперин Н. И.* Основные процессы и аппараты химической технологии / *Н. И. Гальперин.* – В двух книгах. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
7. *Свойства сыпучих материалов* // Prosushka.ru / 2016 / Режим допуска к журн.: <http://www.prosushka.ru/53-svoystva-sypuchix-materialov.html>. Дата допуска: 10/01/2016.

### References

1. *Polishchuk, V. M., Drahnyev, S. V., Ubozhenko, I. I., Pavlenko, M. Yu., Polishchuk, O. V.* (2008). Zastosuvannya biopalyv dlya dyzel'nykh dvyhunyv [Application of biofuels for diesel engines]. Scientific Bulletin of National Agrarian University, K., Vyp. 125, 315–319.
2. *Polishchuk, V. M., Tarasenko, S. Ye., Humenyuk, I. D., Yastrub, M. M., Polishchuk, O. V.* (2010). Tekhnolohiyi vyrobnytstva biodyzelya (ohlyad) [Technology



of biodiesel production (review)]. Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energetics AIC, K., Vyp. 144, ch. 3, 354–359.

3. Zuev, F. H. (1976). Pnevmatycheskoe transportyrovanye na zernopererabativayushchykh predpriyatyakh [Pneumatic transport on grain-processing enterprises]. M.: Kolos, 344.

4. Shaluhin, V. S., Shmandiy, V. M. (2008). Protsesy ta aparaty promyslovykh tekhnolohiy [Processes and devices of industrial technologies]. K: Tsentr uchbovoyi literatury, 392.

5. Vetoshkyn, A. H. (2002). Teoretycheskye osnovi zashchyti okruzhayushchey sredi [Theoretical bases of environmental protection]. Penza: Yzd-vo PHASA, 290.

6. Hal'peryn, N. Y. (1981). Osnovnie protsessy y apparaty khymycheskoy tekhnolohyy [Basic processes and devices of chemical technology]. M.: Khymyya, 812.

7. Svoystva sipuchykh materyalov [Properties of bulk materials]. Prosushka.ru. (2016). Rezhym dopuska k zhurn.: <http://www.prosushka.ru/53-svoystva-sypuchix-materialov.html>. Data dopuska: 10/01/2016.

## **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ АЭРОЗОЛЬНОГО ОЧИСТКИ БИОДИЗЕЛЯ**

***В. Н. Полищук, С. Е. Тарасенко***

**Аннотация.** Установлена необходимость удаления после нейтрализации с дизельного биотоплива цитрата калия путем водой промывки и осаждения образованных пластинок. Определены силы, которые оказывают влияние на частицу в слое биодизеля и проведено моделирование движения этой частицы при ее медленном осаждении. Рассмотрена математическая модель осаждения пластинок цитрата калия и установлена динамика скорости их движения. Установлена экспозиция их осаждения. Определены рациональные размеры капель воды для промывки биодизеля.

Время осаждения пластинок водного раствора цитрата калия при очистке биодизеля от катализатора может составлять от 0,5 до 40 суток. Поэтому для ускорения этого процесса рекомендуется распылять в толще биодизеля капли воды, которые присоединяют к себе частицы загрязнителя и транспортируют их до дна реактора.

Начиная с диаметра капель воды 1 мм дальнейшее увеличение их дисперсности существенно не влияет на скорость осаждения. Поэтому желательно промывать биодизель путем распыления в нем капель воды диаметром 0,5-1 мм. Скорость осаждения таких капель не превышает 2 мин. При уменьшении дисперсности капель скорость их осаждения возрастает.

**Ключевые слова:** критерий Рейнольдса, нейтрализация, биодизель, цитрат калия, капли, скорость осаждения

## **SCIENTIFIC BASIS OF AEROSOL BIODIESEL PURIFICATION**

***V. M. Polischuk, S. Ye. Tarasenko***

**Abstract.** Determining the need for removal of biodiesel after neutralization salts citric acid by washing it with subsequent deposition of

these salts plates. The established forces acting on the particle in the bulk liquid and mathematical modeling of the velocity of the particle during its deposition. Considered the dynamics of deposition plates aqueous solution of potassium citrate and water droplets in the bulk of biodiesel. Chosen their deposition. Rational size droplets of water for washing biodiesel.

The deposition time records of an aqueous solution of potassium citrate in the purification of biodiesel from the catalyst may be from 0.5 to 40 days. Therefore, to accelerate this process, it is recommended to spray in the thickness of the biodiesel drops of water that are attached to the particles of pollutant and transport you them to the bottom of the reactor. Since the diameter of water droplets of 1 mm to further increase their dispersion does not significantly affect the deposition rate. Therefore, it is desirable to wash the biodiesel by spraying it water droplets with a diameter of 0.5-1 mm. the Rate of deposition of such droplets does not exceed 2 min with a decrease of the dispersity of the droplets, the rate of deposition increases.

**Keywords:** reynolds, neutralization, biodiesel engine, potassium citrate, drops, rate of sedimentation

УДК 631.348:662.767.2

## **АНАЛІЗ ТИПІВ РОЗПИЛЮВАЧІВ ДЛЯ АЕРОЗОЛЬНОГО ПРОМИВАННЯ БІОДИЗЕЛЯ**

**В. М. Поліщук, кандидат технічних наук**

**Н. І. Козак, інженер**

**e-mail: polischuk.v.m@gmail.com**

**Анотація.** Обґрунтована необхідність очищення біодизеля від лужного каталізатора, яке може проводитись його шляхом аерозольного промивання. Проведений аналіз можливості використання відомих типів розпилювачів для аерозольного промивання біодизеля. Встановлено, що для розпилення води над шаром біодизеля в реакторі найбільш доцільно застосовувати відцентрові повноконусні розпилювачі.

Вироблений за традиційною технологією біодизель містить лужний каталізатор, який негативно впливає на сам двигун. Для звільнення біодизеля від каталізатора проводиться його нейтралізація слабким водним розчином лимонної кислоти, в результаті чого утворюються солі кальцію, дрібні пластинки яких (діаметром до 100 мкм) осаджуються досить довгий час (10 год. і більше залежно від діаметру пластинки). Для звільнення біодизеля

© В. М. Поліщук, Н. І. Козак, 2016