

УДК 620.952

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕАКТОРА-РОЗДІЛЮВАЧА

**С.М.Кухарець**, кандидат технічних наук, доцент (докторант)

**Г.А.Голуб**, доктор технічних наук, професор

**В.М.Хрус**, аспірант

*Науково-дослідний інститут техніки і технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України*

*Наведено результати теоретичних досліджень із визначення основних параметрів реактора-розділювача для отримання дизельного пального з рослинної олії*

**Ключові слова:** реактор, розділювач, олія, біодизель, перемішування, потужність

**Постановка проблеми.** Одержують біодизель або метилові ефіри жирних кислот у процесі естерифікації: з тригліцеридів олій при хімічній реакції алкоголізу [1, 2, 3].

Відомо, що реакція алкоголізу найбільш повно (до 98 %) проходить при застосуванні метанолу, а потім знижується із збільшенням молекулярної маси спирту (у етанолу та пентанолу складає всього 35,3 і 11,5 % за масою, відповідно) [4], тому реакцію отримання метилових ефірів жирних кислот можна назвати метанолізом.

Найбільш широкого застосування набув метаноліз олій із лужним каталізатором [5, 6, 7, 8], при якому процес отримання біопалива проходить при температурі 20 – 70°C. При цьому використовують лужні каталізатори NaOH та KOH у кількості від 0,3% до 1,5% за масою тригліцеридів олії.

Після естерифікації відбувається операція розділення гліцеринової та ефірної фаз. Найпростіший та найменш енергозатратний спосіб розділення – це осадження більш важкої фракції.

Враховуючи, що метанол слабо розчиняється у рослинній олії [9], після додавання розчину метилового спирту у олію, рідини розташовуються шарами відповідно значенню їх густин. Відповідно, необхідно виконувати перемішування, що призводить до утворення двофазної системи – емульсії, у якій суцільне середовище – рослинна олія та дисперсійна фаза – розчин метанолу із лужним каталізатором. Очевидно, щоб утримувати емульсію у дисперсійному стані, її необхідно безперервно перемішувати (турбулізувати), [10]. Ефективне проведення процесу турбулізації залежить від гідродинамічних умов [11] і потребує визначення основних параметрів реактора-розділювача.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Чим більша міжфазна поверхня тим швидше проходить естерифікація, так як вона утворює поверхню контакту реагентів. Проте, інтенсивне перемішування призводить, до завчасного руйнування міжфазної поверхні, що в свою чергу не дозволяє відбутися реакції метанолізу в повній мірі. Тому, необхідно спочатку забезпечити рівномірне пошарове перемішування емульсії в області «перемішування», або «утворення дисперсійного стану емульсії» і в подальшому провести проходження реакції естерифікації в умовах меншого рівня турбулізації суспензії в області «проходження реакції» [12, 13].

Процес перемішування характеризується двома основними чинниками: ефективністю перемішування і витратою енергії [10, 11]. Під ефективністю перемішування мають на увазі якість результату, що досягається, за часом, тобто рівномірність розподілу концентрацій середовищ, що перемішуються.

З огляду на ресурсощадність та енергоефективність раціональні параметри технологічного процесу естерифікації повинні відповідати встановленим параметрам: температура 40°C; співвідношення спирту до олії 6:1 моль:моль; кількість каталізатору 1%; інтенсивність перемішування 1,8 Вт/л; тривалість процесу 40 хвилин [14, 15].

**Формулювання цілей статті.** Визначення основних параметрів реактора розділювача для отримання дизельного пального з рослинної олії.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для процесу естерифікації рослинних олій з метою отримання метилового ефіру жирних кислот пропонується циркуляційне перемішування, що здійснюється багатократним перекачуванням рідини по замкненому контуру. До схеми циркуляційного перемішування належать: посудина-гравітаційний розділювач (рис. 1), циркуляційний насос, трубопроводи, запірно-регулююча апаратура.

Завдяки тому, що форсунок встановлений в корпусі гравітаційного розділювача на одному рівні по висоті і орієнтований таким чином, щоб при перекачуванні емульсії утворювати турбулентний круговий потік емульсії у його верхній частині, забезпечується рівномірне пошарове перемішування емульсії в зоні розміщення форсунок. При відкачуванні емульсії з нижньої частини гравітаційного розділювача перемішаний шар емульсії опускається нижче, забезпечуючи проходження реакції естерифікації в умовах меншого рівня турбулізації суспензії і за рахунок цього досягається підвищення якості дизельного біопалива.

При використанні форсунок, струмінь емульсії що витікає із сопла розширюється в напрямку виходу струменя (рис. 2), це викликано наступними чинниками [10, 11]:

1. Потік рідини, що витікає із сопла, штовхає перед собою емульсію, що знаходиться в посудині попереду сопла.

## Сучасні проблеми збалансованого продокористування

2. Прошарки рідини, що знаходяться навколо струменя, за рахунок тангенційних напружень між прошарками емульсії, що рухаються з різними швидкостями, а також турбулентним проникненням елементарних частинок струменя в навколишню рідину, також набувають руху.

Із врахуванням досліджень [11] та приймаючи, що витікання емульсії із сопла описується згідно [16, 17], отримуємо:

$$Q_X = \frac{\pi \mu \xi_{cm} k_\phi d_\phi}{4} (l_X - d_\phi) \sqrt{\frac{2P_\phi}{\rho_o}} \quad (1)$$

де  $Q_X$  – витрата емульсії в перерізі струменя на відстані  $l_X$  від форсунки, м<sup>3</sup>/с;  
 $k_\phi$  – коефіцієнт опору рідині, що витікає із форсунки;  
 $l_X$  – відстань від сопла форсунки до досліджуваного перерізу струменя, м  
 $d_\phi$  – діаметр сопла форсунки, м;  
 $\mu$  – коефіцієнт витрат сопла;  
 $\xi_{cm}$  – коефіцієнт втрат струменя в посудині;  
 $P_\phi$  – тиск емульсії в соплі форсунки, Па;  
 $\rho_o$  – густина емульсії, кг/м<sup>3</sup>.

Для забезпечення інтенсивного перемішування та утворення необхідної площі міжфазної поверхні, в потоці струменя необхідно створити турбулентний режим в області квадратичного опору [10, 11, 18, 19]. Для оцінки режиму течії, згідно із теорією подібності [16, 10, 11, 17, 18] необхідно використати критерій Рейнольдса, який для випадку використання сопел, становитиме:

$$Re = \frac{v_X d_X \rho_o}{\eta_o} > 2320; \quad (2)$$

де  $Re$  – число Рейнольдса;  
 $v_X$  – швидкість струменя на відстані  $l_X$  від форсунки, м/с;  
 $d_X$  – діаметр струменя на відстані  $l_X$  від форсунки, м;  
 $\eta_o$  – динамічна в'язкість емульсії с, м<sup>2</sup>/с.  
 $\rho_o$  – густина емульсії, кг/м<sup>3</sup>.

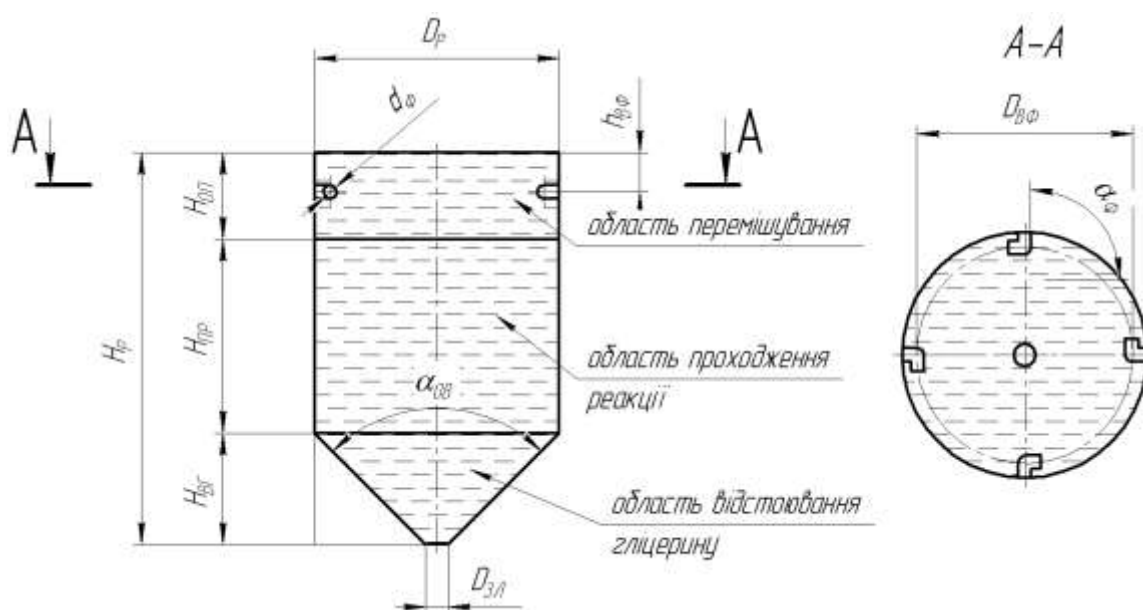


Рис. 1. Розрахункова схема гравітаційного розділювача:

$H_p$  – висота розділювача, м;  $H_{оп}$  – висота області перемішування, м;  
 $H_{пр}$  – висота області проходження реакції, м;  $H_{вг}$  – висота області відстоювання гліцерину, м;  $D_p$  – робочий діаметр розділювача, м;  
 $D_{вф}$  – діаметр встановлення форсунок, м;  $d_\phi$  – діаметр сопла форсунки, м;  
 $h_{вф}$  – висота встановлення форсунок, м;  $D_{зл}$  – діаметр отвору для зливання гліцерину, м;  $\alpha_{об}$  – конусність області відстоювання, рад;  $\alpha_\phi$  – кут встановлення форсунки, рад.

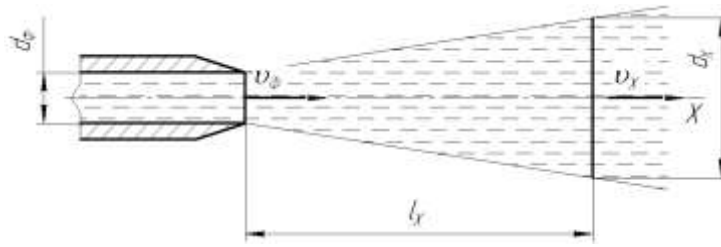


Рис. 2. Схематичне зображення струменя, що витікає із форсунки:  
 $d_\phi$  – діаметр сопла форсунки, м;  $d_X$  – діаметр струменя на відстанні  $l_X$  від форсунки, м;  $v_\phi$  – швидкість витікання емульсії із форсунки, м/с;  $v_X$  – швидкість струменя емульсії на відстані  $l_X$  від форсунки, м/с.

Швидкість струменя в перерізі  $l_X$  із врахуванням закону збереження енергії можна представити, як:

$$v_X = \frac{\varphi_\phi}{\xi_{cm} k_\phi \left( \frac{l_X}{d_\phi} - 1 \right)} \sqrt{\frac{2P_\phi}{\rho_o}}; \quad (3)$$

де  $\frac{\varphi_\phi}{\xi_{cm} k_\phi \left( \frac{l_X}{d_\phi} - 1 \right)} = \varphi_X$  – коефіцієнт швидкості струменя;

- $\varphi_\phi$  – коефіцієнт швидкості форсунки;
- $k_\phi$  – коефіцієнт опору рідині, що витікає із форсунки;
- $l_X$  – відстань від сопла форсунки до досліджуваного перерізу струменя, м;
- $d_\phi$  – діаметр сопла форсунки, м;
- $\xi_{cm}$  – коефіцієнт втрат струменя в посудині;
- $P_\phi$  – тиск емульсії в соплі форсунки, Па;
- $\rho_o$  – густина емульсії, кг/м<sup>3</sup>.

Діаметр струменя, із врахуванням (3) та рівняння нерозривності [16, 17] складе:

$$d_X = \sqrt{\frac{v_\phi d_\phi^2}{v_X}} = \sqrt{d_\phi^2 \xi_{cm} \left( k_\phi \left( \frac{l_X}{d_\phi} - 1 \right) \right)} = \sqrt{d_\phi k_\phi \xi_{cm} (l_X - d_\phi)}; \quad (4)$$

Очевидно, що рівняння (1, 3) та (4) мають фізичний зміст при виконанні умови  $l_X > d_\phi$ .

Коефіцієнт втрат струменя в посудині розділювача  $\xi_{cm}$  можна орієнтовно оцінити, як втрати при повороті русла, так згідно із [20], прийнявши коефіцієнт  $\xi_{cm}$  як коефіцієнт місцевих втрат при плавному повороті русла, та врахувавши що розділювач має циліндричну форму, можна записати:

$$\xi_{cm} = 0,949 - 0,19 \frac{D_P - D_{B\phi}}{D_{B\phi}}; \quad (5)$$

- де  $D_P$  – робочий діаметр розділювача, м;
- $D_{B\phi}$  – діаметр встановлення форсунок, м.

Виходячи із рівнянь (3) та (4) число Рейнольдса можна записати, як:

$$Re = \frac{\varphi_\phi \sqrt{2P_\phi \rho_o d_\phi (l_X - d_\phi)}}{\eta_o \left( \frac{l_X}{d_\phi} - 1 \right) \sqrt{\xi_{cm} k_\phi}} \quad (6)$$

- де  $\varphi_\phi$  – коефіцієнт швидкості форсунки;
- $k_\phi$  – коефіцієнт опору рідині, що витікає із форсунки;
- $P_\phi$  – тиск емульсії в соплі форсунки, Па;
- $\xi_{cm}$  – коефіцієнт втрат струменя в посудині;
- $\rho_o$  – густина емульсії, кг/м<sup>3</sup>;
- $d_\phi$  – діаметр сопла форсунки, м;
- $\eta_o$  – динамічна в'язкість емульсії, м<sup>2</sup>/с;
- $l_X$  – відстань від сопла форсунки до досліджуваного перерізу струменя, м.

## Сучасні проблеми збалансованого продокористування

За числом  $Re$  можна встановити інтенсивність перемішування емульсії в струмені та встановити ефективну довжину струменя  $l_{ef}$ , (рис. 3) що забезпечує необхідну інтенсивність перемішування.

Аналітичне визначення ефективної довжини струменя  $l_{ef}$  можна провести розв'язавши рівняння, отримане в результаті перетворень (6):

$$al_{ef}^2 - bl_{ef} + c = 0; \quad (7)$$

де  $a, b, c$  – коефіцієнти рівняння (табл. 1).

Знаючи  $l_{ef}$  можна визначити, кількість форсунок  $n_\phi$ :

$$n_\phi = \frac{\pi D_{B\phi}}{l_{ef}}; \quad (8)$$

де  $D_{B\phi}$  – діаметр встановлення форсунок, м.

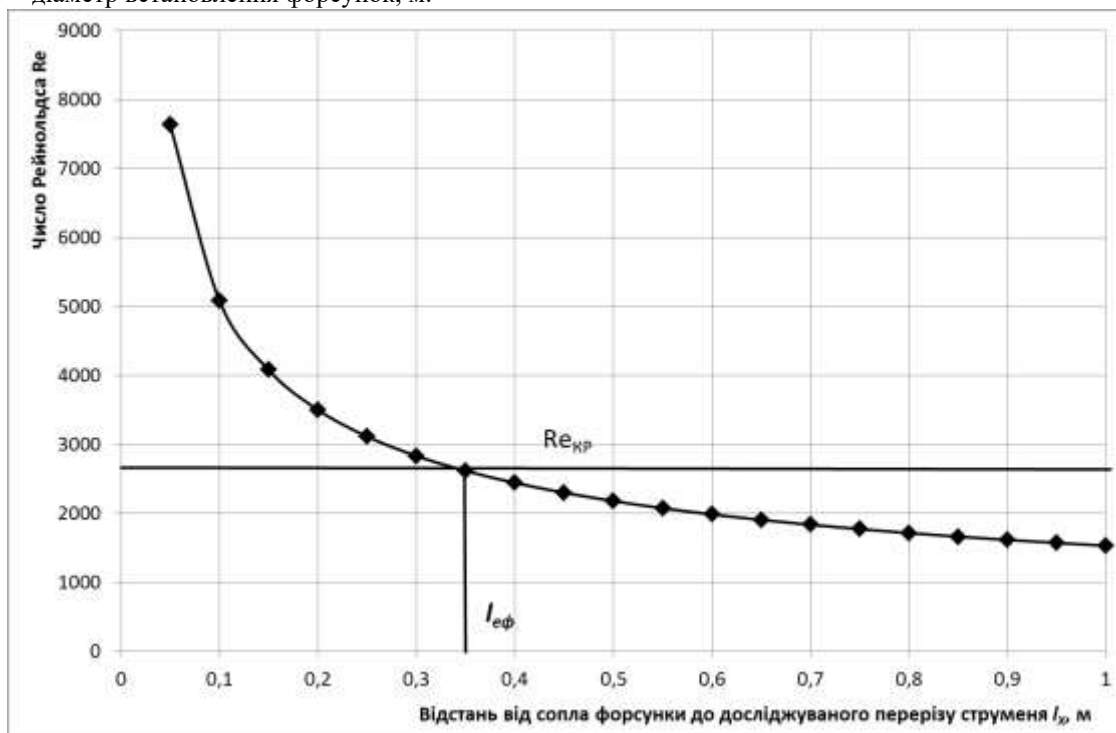


Рис. 3. Графічне визначення ефективної довжини струменя  $l_{ef}$  для емульсії на основі ріпакової олії при температурі  $t=40^{\circ}C$ , тиску в форсунці  $P_\phi=0,02$  МПа, діаметрі сопла форсунки  $d_\phi=10$  мм

Висота області перемішування  $H_{оп}$  буде відповідати діаметру струменя на відстані  $l_{ef}$ :

$$H_{оп} = \sqrt{d_\phi k_\phi \xi_{cm} (l_{ef} - d_\phi)}; \quad (9)$$

а висота встановлення форсунок  $h_{B\phi}$  відповідатиме радіусу струменя на відстані  $l_{ef}$ :

$$h_{B\phi} = \frac{\sqrt{d_\phi k_\phi \xi_{cm} (l_{ef} - d_\phi)}}{2}; \quad (10)$$

Таблиця 1

Формули для визначення коефіцієнтів рівняння (7)

Коефіцієнт	Формула
$a$	$Re_{кр}^2 \eta_O^2 \xi_{cm} k_\phi$
$b$	$2Re_{кр}^2 \eta_O^2 \xi_{cm} k_\phi d_\phi + 2\varphi_\phi^2 P_\phi \rho_O d_\phi^2$
$c$	$Re_{кр}^2 \eta_O^2 \xi_{cm} k_\phi d_\phi^2 + 2\varphi_\phi^2 P_\phi \rho_O d_\phi^4$

де  $Re$  – критичне значення числа Рейнольдса;  
 $\varphi_\phi$  – коефіцієнт швидкості форсунки;  
 $k_\phi$  – коефіцієнт опору рідині, що витікає із форсунки;  
 $P_\phi$  – тиск емульсії в соплі форсунки, Па;  
 $\xi_{ct}$  – коефіцієнт втрат струменя в посудині;  
 $\rho_o$  – густина емульсії, кг/м<sup>3</sup>;  
 $d_\phi$  – діаметр сопла форсунки, м;  
 $\eta_o$  – динамічна в'язкість емульсії, м<sup>2</sup>/с;  
 $l_x$  – відстань від сопла форсунки до досліджуваного перерізу струменя, м.

Діаметр посудини розділювачі  $D_p$  становитиме:

$$D_p = D_{B\phi} + \sqrt{d_\phi k_\phi \xi_{ct} (l_{ef} - d_\phi)}; \quad (11)$$

де  $D_{B\phi}$  – діаметр встановлення форсунок, м;

$\varphi_\phi$  – коефіцієнт швидкості форсунки;

$k_\phi$  – коефіцієнт опору рідині, що витікає із форсунки;

$l_{ef}$  – ефективна довжина струменя, м

$d_\phi$  – діаметр сопла форсунки, м;

$\xi_{ct}$  – коефіцієнт втрат струменя в посудині.

Розв'язок рівняння (7) для параметрів ріпакової олії, дозволив встановити залежність ефективної довжини струменя  $l_{ef}$  від тиску в соплі форсунки та діаметра форсунки (рис. 4), яку можна описати поліноміальним рівнянням другого порядку:

$$l_{ef} = 1,5388 - 4,6085 \cdot 10^{-5} P_\phi - 132,9672 d_\phi + 8,4628 \cdot 10^{-12} P_\phi^2 + \\ + 0,0033 P_\phi d_\phi + 2717,2856 d_\phi^2; \quad (12)$$

Розв'язок рівняння (12) із врахуванням рівнянь (1, 3, 4) та (7) дозволив встановити раціональні параметри гравітаційного розділювача в області перемішування біомаси (табл. 2).

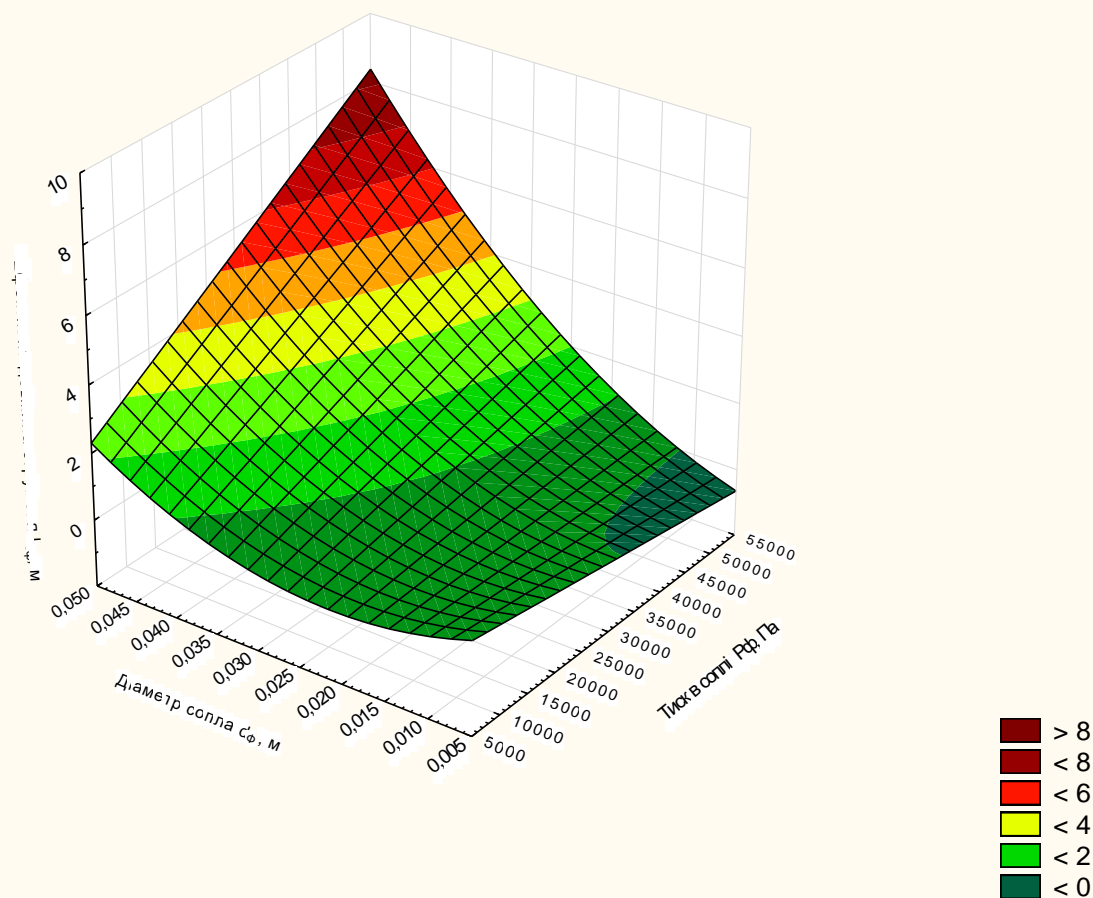


Рис. 4. Залежність ефективної довжини струменя  $l_{ef}$  від тиску в соплі форсунки  $P_\phi$  та діаметра сопла форсунки  $d_\phi$  для емульсії на основі ріпакової олії при температурі метанолізу  $t=40^\circ\text{C}$

Проведенні дослідження дозволяють стверджувати, що при круговому циркуляційному перемішуванні потоку емульсії при температурі 40<sup>0</sup> у складі ріпакової олії та метилового спирту у співвідношенні 6:1 моль:моль (кількість каталізатору КОН – 1%), необхідна ефективність перемішування досягається при створенні в струмені емульсії турбулентного режиму. Турбулентний режим у струмені емульсії забезпечується в діапазоні параметрів гідродинамічного розділювача: тиск у форсунці від 0,01 МПа до 0,05 МПа, діаметр сопла форсунок від 20 до 35 мм, кількість форсунок – 4, теоретичний діаметр посудини розділювача від 0,49 м до 3,77 м, час перемішування до 111 с.

Таблиця 2

Основні теоретичні параметри гравітаційного розділювача в області перемішування

Внутрішній діаметр посудини $D_p$ , м	Діаметр встановлення форсунок $D_{вф}$ , м	Діаметр сопла форсунки $d_{ф}$ , мм	Висота області перемішування $H_{ол}$ , мм	Висота встановлення форсунок $h_{вф}$ , м	Кількість форсунок $n_{ф}$ , шт.	Тиск у форсунці $P_{ф}$ , МПа	Подача насоса $Q_{нас}$ , м <sup>3</sup> /с	Теоретична потужність насоса $W_T$ , Вт
0,49	0,45	25	42	21	4	0,01	0,0043	42,6
0,81	0,75	30	60	30	4	0,01	0,0061	61,3
1,26	1,18	35	82	41	4	0,01	0,0083	83,4
0,50	0,46	20	38	19	4	0,02	0,0039	77,1
0,92	0,87	25	59	30	4	0,02	0,0060	120,4
1,56	1,48	30	86	43	4	0,02	0,0087	173,4
0,71	0,66	20	46	23	4	0,03	0,0047	141,6
1,36	1,29	25	73	36	4	0,03	0,0074	221,2
2,31	2,20	30	105	53	4	0,03	0,0106	318,6
0,93	0,88	20	54	27	4	0,04	0,0054	218,0
1,78	1,69	25	84	42	4	0,04	0,0085	340,6
3,03	2,92	30	121	61	4	0,04	0,0123	490,5
1,14	1,08	20	60	30	4	0,05	0,0061	304,6
2,21	2,11	25	94	47	4	0,05	0,0095	476,0
3,77	3,64	30	136	68	4	0,05	0,0137	685,5

Висоту області проходження ходження реакції  $H_{пр}$ , (м); висоту області відстоювання гліцерину  $H_{вг}$ , (м) можна визначити, виходячи із встановлених типорозмірів корпусів вертикальних апаратів з конічним днищем з кутом при вершині конуса  $\alpha_{ов}=120^0$  [21, 22] (таблиця 3).

Основні параметри ряду гідродинамічних розділювачів

Внутрішній діаметр посудини $D_p$ , м	Номинальний об'єм $V_p$ , м <sup>3</sup>	Діаметр встановлення форсунок $D_{вф}$ , м	Діаметр сопла форсунки $d_f$ , мм	Висота розділювача $H_p$ , м	Висота встановлення форсунок $h_{вф}$ , м	Кількість форсунок $n_f$ , шт.	Тиск у форсунці $P_f$ , МПа	Подача насоса $Q_{нас}$ м <sup>3</sup> /с	Теоретична потужність насоса $W_T$ , Вт	Питома потужність насоса $w_T$ , Вт/м <sup>3</sup>	Час одного циклу $\tau_{ц}$ , с	Висота області перемішування $H_{ол}$ , м	Висота області проходження реакції $H_{пр}$ , м	Висота області відстоювання гліцерину $H_{вг}$ , м
0,40	0,04	0,36	25	0,40	21	4	0,01	0,0043	42,6	1065,0	9,3	0,04	0,24	0,12
0,80	0,40	0,74	30	0,95	30	4	0,01	0,0061	61,3	153,3	65,6	0,06	0,66	0,23
1,20	1,00	1,12	35	1,12	41	4	0,01	0,0083	83,4	83,4	120,5	0,08	0,69	0,35
0,50	0,10	0,46	20	0,61	19	4	0,02	0,0039	77,1	771,0	25,6	0,04	0,42	0,14
0,90	0,40	0,84	25	0,80	30	4	0,02	0,0060	120,4	301,0	66,7	0,06	0,48	0,26
1,40	2,00	1,31	30	1,57	43	4	0,02	0,0087	173,4	86,7	229,9	0,09	1,08	0,40
0,70	0,25	0,65	20	0,78	23	4	0,03	0,0047	141,6	566,4	53,2	0,05	0,54	0,20
1,20	1,00	1,13	25	1,12	36	4	0,03	0,0074	221,2	221,2	135,1	0,07	0,70	0,35
2,20	10,00	2,09	30	3,05	53	4	0,03	0,0106	318,6	31,9	943,4	0,11	2,31	0,64
0,80	0,40	0,75	20	0,95	27	4	0,04	0,0054	218,0	545,0	74,1	0,05	0,67	0,23
1,80	5,00	1,72	25	2,31	42	4	0,04	0,0085	340,6	68,1	588,2	0,08	1,71	0,52
3,00	50,00	2,88	30	7,65	61	4	0,04	0,0123	490,5	9,8	4065,0	0,12	6,66	0,87
1,00	0,63	0,94	20	0,99	30	4	0,05	0,0061	304,6	483,5	103,3	0,06	0,65	0,29
2,20	10,00	2,11	25	3,05	47	4	0,05	0,0095	476,0	47,6	1052,6	0,09	2,32	0,64
3,20	63,00	3,06	30	8,45	68	4	0,05	0,0137	685,5	10,9	4598,5	0,14	7,39	0,92

Параметри розділювачів наведені в таблиці 3 забезпечують необхідну ефективність перемішування емульсії в реакторі із мінімальними питомими енерговитратами.

#### Висновки з даного дослідження

Проведенні дослідження дозволяють стверджувати, що необхідна ефективність перемішування досягається при створенні в струмені емульсії турбулентного режиму. Цей режим забезпечується в діапазоні наступних значень параметрів гідродинамічного розділювача: тиск у форсунці від 0,1 МПа до 0,5 МПа, діаметр сопла форсунок від 20 до 35 мм, кількість форсунок – 4, раціональний діаметр посудини розділювача від 0,4 м до 3,2 м. Проведенні дослідження дозволять спроектувати реактори для отримання дизельного пального із сировини рослинного походження при використанні їх у складі потокових ліній.

#### Бібліографічний список:

1. Артамонов П.А. Переэтерификация жиров. Обзор / П.А. Артамонов. – М., 1962. – 71 с.
2. Гринберг Г. Модифицированные жиры / Г. Гринберг, Г. Щепанская. – М., 1973. – 152 с.
3. Загальна хімія: підручник для студентів вищих навчальних закладів / [Карнаухов О.І., Копілевич В.А., Мельничук Д.О. та ін.] – К.: Фенікс, 2005. – 840 с.
4. Хімія жирів: [підручник] / [Тютюнников Б.Н., Бухштаб З.І., Гладкий Ф.Ф., та ін.] За редакцією Гладкого Ф.Ф.– Харків: НТУ „ХПІ”, 2002. – 452 с.
5. Семенов В.Г. Biodiesel паливо: стан і перспективи розвитку / В.Г. Семенов //Автошляховик України. - 2007. - № 2. - С. 13 - 15.
6. Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України / [Забарний Г.М., Кудря С.О., Кондратюк Г.Г., Четверик Г.О.]. – К.: Інститут відновлюваної енергетики, 2006. – 226 с.
7. Jon Van Gerpen Biodiesel processing and production. //Fuel Processing Technology – Volume 86 – 2005 – P. 1097-1107.
8. The Biodiesel Handbook / Editors G. Knothe, J.V. Gerpen, J. Krahl – Champaign, Illinois: AOCS Press, 2005. – 304 p.
9. J.Van Gerpen, B.Shanks, R.Pruszko, D.Clements, G.Knothe Biodiesel Production Technology. - National Renewable Energy Laboratory subcontractor report NREL/SR-510-36244, 2004. – 110 p.
10. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Стренк Ф.; пер. с польского под редакцией И.А. Щупляка – Л.: Химия, 1975. – 384 с.

## Сучасні проблеми збалансованого продокористування

11. Штербачек З. Перемешивание в химической промышленности / Штербачек З., Тауск П.; пер. с чешского. Под. ред. И.С. Павлушенко – Л.: Госхимиздат, 1963. – 416 с.
12. Голуб. Г.А. Ефективність виробництва дизельного біопалива із ріпакової олії / Г.А.Голуб // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 6. – С. 33-36.
13. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроєкосистеми / Г.А. Голуб// Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – 417 с. – С. 303-312.
14. Дубровін В.О. Розробка технологічної схеми лінії виробництва біодизельного палива з рослинних олій «холодного» віджиму / Дубровін В.О., Драгнев С.В., Даценко М.С. // Науковий вісник Національного аграрного університету - К.: НАУ, 2007, вип. 107 (ч. 1) – С. 270-278
15. Дубровін В.А. Технологии и технические средства производства биодизельного топлива из растительных масел /Дубровин В.А., Драгнев С.В.// Аграрна техніка та обладнання. – №1(2), 2008. - С. 67-73.
16. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. Підручник / [Дідур В.А, Савченко О.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І. ] – К.: «Аграрна освіта», 2008. – 577 с., іл.
17. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов / Т.М.Башта, С.С.Руднев, Б.Б.Некрасов и др. – М.:Машиностроение, 1982. – 423 с.
18. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Лойцянский Л.Г. – М.: Наука, 1978. – 736 с.
19. Лаврентьев М.А. Проблемы гидродинамики и их математические модели / М.А.Лаврентьев, Б.В.Шабат – М.: Наука, 1973 – 417 с.
20. Некрасов Б.Б. Гидравлика, насосы и гидроприводы /Б.Б.Некрасов - Минск, 1985 – 420 с.
21. Васильцов Э.А. Аппараты для перемешивания жидких сред: Справочное пособие / Э.А. Васильцов, В.Г. Ушаков. – Л.: Машиностроение, 1979. – 272 с.
22. Гидромеханические машины и аппараты в химической промышленности / В.Ф. Харин, Г.П. Кабанов, В.Н. Щербаков, В.И. Ганчуков, Л.Г. Деянова. – Красноярск: Сибирский технологический институт, 1978. – 125 с.

### ANALYSIS OF OBTAINING BIODIESEL AND JUSTIFICATION OF BASIC PARAMETERS REACTOR-SEPARATOR

The results of theoretical studies of the determination of the main parameters of the reactor-separator to produce diesel fuel from vegetable oil are given.

### АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БИОДИЗЕЛЯ И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА-РАЗДЕЛИТЕЛЯ

Приведены результаты теоретических исследований по определению основных параметров реактора-разделителя для получения дизельного топлива из растительного масла.