

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики**

**Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії**

**Кваліфікаційна робота**

**на правах рукопису**

**УДК 631.371: 620.92**

**П'ЯНІКІН Вадим Анатолійович**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Обґрунтування процесу виробництва дизельного біопалива  
в умовах агровиробництва**

**208 “Агроінженерія”**

**Подається на здобуття освітнього ступеня магістр**

**кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело**

\_\_\_\_\_ **В. А. П'янікін**

**Керівник роботи**

**Ярош Я.Д.**

**Доктор технічних наук, доцент**

**Житомир – 2020**

## АНОТАЦІЯ

**П'ЯНІКІН Вадим Анатолійович. Обґрунтування процесу виробництва дизельного біопалива в умовах агровиробництва. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

В роботі встановлено, що при обсягах виробництва дизельного біопалива в умовах агровиробництва до 2000...3500 т/рік доречним є використання спрощеної технології виробництва дизельного біопалива. З метою отримання дешевшої продукції ми плануємо використовувати ворох олійних культур та олійну масу, що отримана в результаті другого, гарячого відтискання.

Також, в технологічному процесі отримання дизельного біопалива ми пропонуємо використовувати реактор-відстійник. Використання цієї установки дозволяє для операцій елульгування, переетерифікації та відстоювання проводити в одній посудині.

Дослідження показують, що найменша питома споживана потужність спостерігається для реакторів об'ємом від 0,8 до 1 м<sup>3</sup>.

Визначено, що використання відходів агровиробництва для отримання дизельного біопалива дозволяє отримати ціну в межах 18500...19700 грн, що є прийнятним для забезпечення аграрного виробництва паливом власного виробництва.

*Ключові слова: біопаливо, реактор, ворох, ефективність, ціна*

## ANNOTATION

**PIANIKIN Vadym. Substantiation of the process of diesel biofuel production in the conditions of agricultural production.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering.  
– Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

It is established that at volumes of production of diesel biofuel in the conditions of agricultural production to 2000 up to 3500 t / year it is appropriate to use the simplified technology of production of diesel biofuel. In order to obtain cheaper products, we plan to use a pile of oilseeds and oil mass obtained as a result of the second, hot pressing.

Also, in the technological process of obtaining diesel biofuel, we propose to use a settling tank reactor. The use of this installation allows for elution, transesterification and settling operations to be carried out in one vessel.

Studies show that the lowest specific power consumption is observed for reactors with a volume of 0.8 to 1 m<sup>3</sup>.

It is determined that the use of agricultural waste to produce diesel biofuel allows to obtain a price in the range of 18500...19700 UAH, which is acceptable for the provision of agricultural production with fuel of own production.

*Key words: biofuel, reactor, heap, efficiency, price*

## Зміст

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА СПОСОБОМ ПЕРЕЕТЕРИФІКАЦІЇ .....	7
Висновки до розділу .....	9
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АГРНОГО ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА .....	10
Висновки до розділу .....	13
РОЗДІЛ 3 ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА В УМОВАХ АГРОПІДПРИЄМСТВ .....	14
Висновки до розділу .....	23
ВИСНОВКИ.....	24
Список використаних джерел .....	26

## ВСТУП

Виробництво дизельного біопалива в аграрних умовах є нерентабельним через значні енергетичні витрати в процесі виготовлення такого палива та високу вартість сировини. Значна частина затрат це вартість сировини, адже вартість олії, яка є сировиною, постійно зростає. Тому для обґрунтування доцільності використання дизельного біопалива необхідно розглянути доречність його виробництва на основі аграрних відходів за спрощеною технологією.

**Мета і завдання дослідження.** Мета дослідження – забезпечити ефективне виробництво дизельного біопалива в аграрних умовах.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі **наукові задачі**:

1. Розглянути особливості виробництва дизельного біопалива способом переестерифікації.
2. Провести обґрунтування технології аграрного виробництва дизельного біопалива.
3. Встановити ефективність виробництва дизельного біопалива в умовах агропідприємств

**Об'єкт дослідження:** технологічний процес виробництва дизельного біопалива.

**Предмет дослідження:** параметри реактора у взаємозв'язку із ефективністю виробництва дизельного біопалива.

**Методи дослідження:** Експериментальні дослідження виконувались згідно положень теорії імовірності та математичної статистики. В процесі проведення досліджень використовувалися стандартні та розроблені нами методики.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати дають змогу обґрунтувати енергетично ефективні параметри реактора для отримання дизельного біопалива.

**Структура та обсяг.** Магістерська робота викладена на 29 сторінках, містить вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел із 26 найменувань, містить 6 рисунків, 4 таблиці.

# РОЗДІЛ 1

## ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИТЦВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА СПОСОБОМ ПЕРЕТЕТЕРИФІКАЦІЇ

Значні викиди парникових газів від спалювання викопного палива (природного газу, дизельного палива, вугілля тощо) спонукають людей перейти на відновлювані джерела енергії [1, 2]. З'явився ряд нових типів обладнання, які використовують біодизель [3]. Виробництво та використання біодизеля може підвищити рівень енергетичної автономності сільськогосподарського виробництва [4]. Біодизель можна отримувати з різних джерел, таких як рослинні олії, тваринний жир [5] та відпрацьоване масло для приготування їжі [6]. Використання біодизеля у виробництві сільськогосподарської продукції зменшує викиди вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) [7], оксидів азоту [8] сполук сірки, сажі та вуглеводнів [9].

Біодизель в основному виробляється в процесі переетерифікації [10] рослинної олії метиловим спиртом [11] з каталізатором [12]. Метиловий спирт, олія та каталізатор утворюють багатофазну емульсію, в якій реакція сповільнюється через малу площу міжфазного контакту компонентів [13]. Для прискорення реакції переетерифікації необхідне утворення емульсії зі збільшеною площею контакту компонентів, що досягається постійним перемішуванням [14]. Завдяки змішуванню можна досягти якості процесу переетерифікації. [15]. Якість реакції переетерифікації залежить від гідродинамічних умов і вимагає змішування з відповідною інтенсивністю [16, 17].

Найбільш широко використовувані реактори для процесу переетерифікації обладнані механічними змішувачами [18]. Розроблена математична модель процесу переетерифікації для виробництва біодизеля на основі теорії нечіткої логіки. [19]. Здійснено моделювання технологічного процесу переетерифікації

рослинних олій у партійних реакторах [19]. Однак у виробництві біодизеля виникають проблеми, пов'язані зі змішуванням емульсійних компонентів у процесі переетерифікації, такі як значна тривалість процесу, руйнування необхідної площі контактної поверхні реагентів та значне споживання енергії.

Для виробництва біодизеля часто використовують установки звичайного [2] та обертового [12] типів, але вони мають низьку продуктивність. Через недостатню ефективність перемішування процес переетерифікації повністю не реалізований, тому застосовуються додаткові операції промивання та очищення [7], які ускладнюють технологічний процес отримання біодизеля в сільськогосподарському виробництві.

У дослідженнях із застосування плівкових [15] та трубчастих змішувачів [16] на основі кавітації [17] або ультразвуку [16] показано, що швидкість процесу переетерифікації збільшується, якщо змішується мала кількість реагуючих речовин. Однак такі технології виробництва біодизеля характеризуються високим питомим споживанням енергії.

Аналогічні результати щодо ефективності процесу перемішування досягаються в реакторах з форсунками [16] та циркуляцією емульсії в замкнутому контурі [16]. При гідравлічному перемішуванні ефективність процесу переетерифікації підтримується, коли в струмі емульсії присутній турбулентний режим [16]. Використання установок з гідравлічним змішуванням та циркуляцією емульсій дозволяє спростити процеси переетерифікації та осадження. Однак під час роботи такого реактора можливо утворення зони застою емульсії. Крім того, питання безпечного видалення біодизеля, отриманого в ході реакції, ще не вирішене.



## **Висновки до розділу**

Аналіз дозволяє зробити висновок, що існуюче та перспективне обладнання для виробництва біодизеля не забезпечує повністю ефективність технологічного процесу в сільськогосподарському виробництві. Необхідно теоретичне обґрунтування та експериментальне вивчення параметрів обладнання для виробництва біодизеля при використанні гідравлічного змішування.

## РОЗДІЛ 2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АГРНОГО ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Тепер в світі розповсюджено багато технологій для виробництва дизельного біопалива методом переестерифікації, проте деякі із них є не ефективними через складність самого процесу. Ці всі технології виробництва можливо поділити на дві групи: промислове виробництво та малотоварне або в нашому випадку аграрне, тобто таке що має спрощений характер та проводиться в умовах сільськогосподарського товаровиробника [20, 21, 23]. Спочатку необхідно виробити олію (рис. 2.1), а потім безпосередньо дизельне біопаливо (рис. 2.2)



Рис. 2.1. Структура технологій виробництва олії [20, 23]

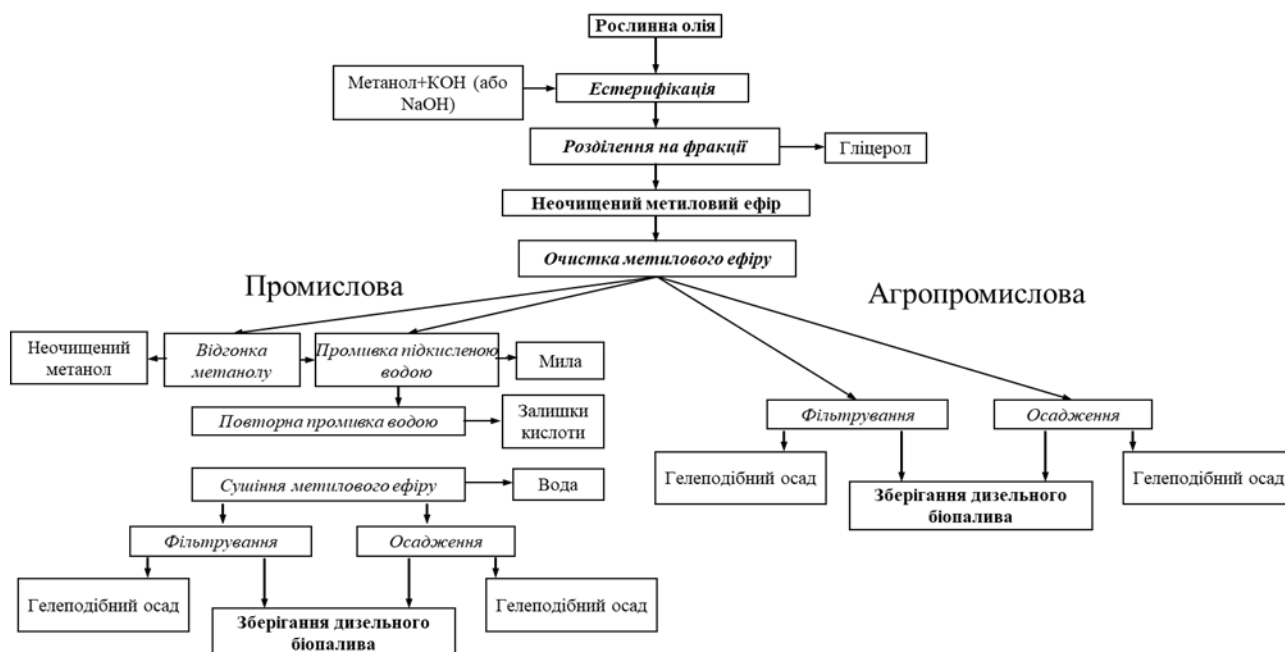


Рис. 2.2. Структура виробництва дизельного біопалива [20, 21, 22, 23]

Структура технології отримання олії містить підготовку зерна (очищення та сортування), вироблення олійної маси (подрібнення, очищення та відтискання). В структуру технології отримання дизельного біопалива додаються технологічні процеси переестерифікації олійної маси та очищення отриманих ефірів.

Структура промислової технології розповсюджена на великих підприємствах чи комбінатах. Вона містить приймання сировини, очищення сировини, сушка сировини, відтискання олії, багатостадійне очищення.

За рахунок багатостадійного очищення отримується висока якість олії та її високий вихід. Проте це все вимагає значних витрат електроенергії та використання складного та потужного обладнання. Ще один недолік такої технології, це неможливість забезпечити високий вміст корисних речовин в олії, через використання гарячого відтискання та рафінації.

В процесі малотоварного (в аграрних умовах ) виробництва використовується менша кількість технологічних операцій, проте отримана олія

придатна для виробництва дизельного біопалива, крім того використовуючи холодне відтискання можна отримати якісну харчову олію.

Щодо структури промислового виробництва дизельного біопалива то вона мстить – сам процес переетерифікації, фракціювання в спеціальній установці, видалення метилового спирту, промивання отриманої продукції, видалення промивочної рідини. Процес переетерифікації детально описано в розділі 1.

Промислову технологію використовують на крупних промислових підприємствах з продуктивністю до 120000 т/рік. Така технологія забезпечує високу якість отриманого палива, недоліками такої технології є значна собівартість отриманого палива через високі витрати електричної енергії та складність обладнання, яке використовується.

При обсягах виробництва дизельного біопалива в умовах агровиробництва до 2000...3500 т/рік доречним є використання структури малотоварного виробництва. Таке виробництво має менші енерговитрати, використовує більш просте обладнання та дає нижчу собівартість обладнання. Проте для отримання якісного палива необхідно використовувати реактори із чітко визначеними параметрами конструкції та процесу, що протікає в них. В якості фільтрування доречним є використання осаджування отриманої емульсії протягом тривалого часу.

## **Висновки до розділу**

В процесі малотоварного (в аграрних умовах ) виробництва використовується менша кількість технологічних операцій, проте отримана олія придатна для виробництва дизельного біопалива, крім того використовуючи холодне відтискання можна отримати якісну харчову олію. При обсягах виробництва дизельного біопалива в умовах агровиробництва до 2000...3500 т/рік доречним є використання структури малотоварного виробництва. Таке виробництво має менші енерговитрати, використовує більш просте обладнання та дає нижчу собівартість обладнання. Проте для отримання якісного палива необхідно використовувати реактори із чітко визначеними параметрами конструкції та процесу, що протікає в них.

### РОЗДІЛ 3

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА В УМОВАХ АГРОПІДПРИЄМСТВ

В умовах агропідприємств, як уже про це було написано в розділі 3, доречним є використання спрощеної технології виробництва дизельного біопалива. З метою отримання дешевшої продукції ми плануємо використовувати ворох оліних культур та олійну масу, що отримана в результаті другого, гарячого відтискання.

Також, в технологічному процесі отримання дизельного біопалива ми пропонуємо використовувати реактор-відстійник, запропонований науковцями Поліського національного університету та Національного університету біоресурсів і природокористування України [24, 25]. Використання цієї установки дозволяє для операцій емульгування, переетерифікації та відстоювання проводити в одній посудині.

Процес в такому реактор-відстійнику відбувається наступним чином: на першому етапі відбувається емульгування, тобто олія перемішується із метиловим спиртом і каталізатором, на другому етапі безпосередньо відбувається процес утворення біодизельного палива – переетерифікації, а на третьому етапі процесу відбувається розділення метилових ефірів, які і є дизельним біопаливом та гліцерину. Далі метилові ефіри надходять в резервуар для зберігання.



Рис. 3.1. Установка для отримання дизельного палива (реактор-відстійник):  
1 – реактор, 2 – відстійник, 3 – станція для забезпечення циркуляції емульсії  
[24, 25].

Необхідно зауважити, що такий реактор пройшов Державні випробовування, які засвідчили його ефективність. В свою чергу ми пропонуємо використовувати реактори різного розміру, та різної продуктивності (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 Основні технічні характеристики реакторів-відстійників для отримання дизельного палива.

Параметр	Робочий діаметр, м					
	0,5	0,75	1	1,25	1,5	2
Об'єм, м <sup>3</sup>	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
Зовнішній діаметр розприскувача емульсії, м	0,3	0,35	0,4	0,5	0,55	1,2
Внутрішній зазор в розприскувачі, мм	3	3	3	3	3	3
Робоча висота, м	0,4	0,4	0,45	0,45	0,50	0,55
Загальна висота, м	1,6	1,6	1,7	1,7	2	2,5
Продуктивність станції для забезпечення циркуляції емульсії, м <sup>3</sup> /с	0,00035	0,0004	0,0005	0,0005	0,0006	0,0010
Споживана потужність, Вт	300	360	540	640	800	1200
Питома споживана потужність, Вт/м <sup>3</sup>	1500	900	900	800	800	1000

Нами проведено дослідження, щодо встановлення найбільш ефективного розміру реактора, що наведено на рис. 3.2



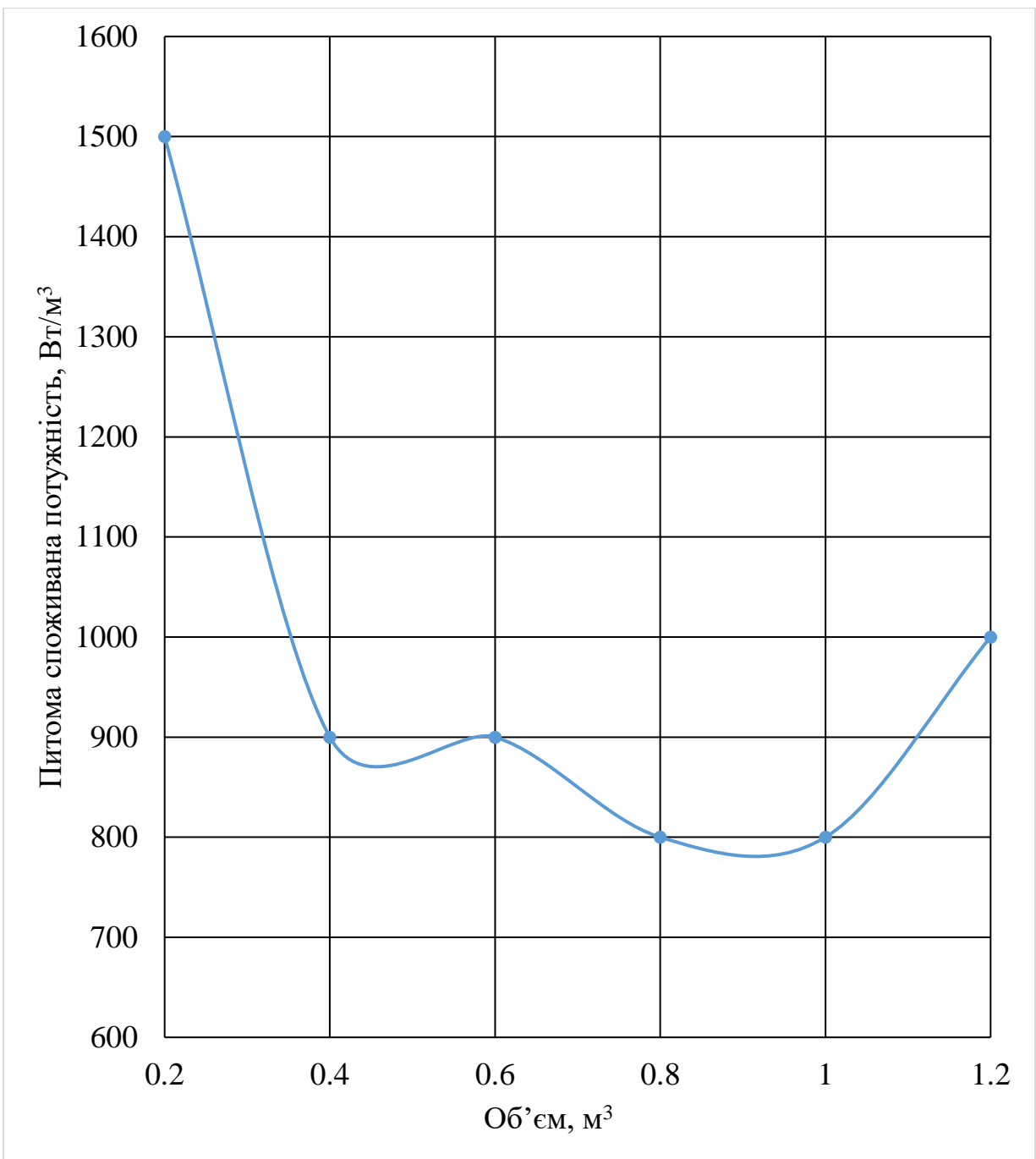


Рис. 3.2. Питома потужність реактора

Дослідження показують, що найменша питома споживана потужність спостерігається для реакторів об'ємом від 0,8 до 1 м<sup>3</sup>.

Крім того, було проведено дослідження кількості циркуляцій сировини на якість отриманого дизельного біопалива, яка наведена в таблиці 3.2

Таблиця 3.2. Результати дослідження кількості циркуляцій

Параметр	Кількість циркуляцій			
	1	2	3	4
Період протікання процесу, с	60	120	180	240
Обсяг ріпакової олії, м <sup>3</sup>	1	1	1	1
Об'єм метилата калія, мл	120	120	120	120
Об'єм біодизеля, м <sup>3</sup>	0,976	0,977	0,979	0,971
Об'єм гліцерину, м <sup>3</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
Термін осадження гліцерину, хв	60	45	41	41
В'язкість, мм <sup>2</sup> /с	4,7	4,7	4,7	4,7

Аналіз таблиці 3.2 дозволяє зробити висновок, що достатньо одного перекачування (циркуляції) сировини для отримання якісного дизельного біопалива, яке відповідає параметрам, що наведенні в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Параметри палива

Назва культури, олія якої використана	Назва показника					
	Густина, кг/м <sup>3</sup>		В'язкість, мм <sup>2</sup> /с		Температура спалаху, град	
	Отримано	За ДСТУ 6081	Отримано	За ДСТУ 6081	Отримано	За ДСТУ 6081
Ріпак озимий	878	850...880	3,8	3,3...4,5	97	110
Соняшник	878	850...880	3,6	3,3...4,5	104	110
Дизель	860...865	-	3,5	-	110	-

Виходячи із необхідної кількості біодизельного палива в агровиробництві можна обрати раціональний об'єм реактора (табл. 3.4) для конкретного виробництва.

Таблиця 3.4. Підбір необхідного об'єму реактора-відстійника

Площа оброблювана, га	Норматив витрати пального кг/га	Необхідно палива, всього т	об'єм необхідного палива, м <sup>3</sup>	Раціональний об'єм реактора, м <sup>3</sup>	Продуктивність реактора, м <sup>3</sup> /ГОД	Річний термін роботи, год
100	75	7,5	9	0,8	1,8	5
150	75	11,25	13,5	0,8	1,8	8
200	75	15	18	0,8	1,8	10
250	75	18,75	22,5	0,8	1,8	13
300	75	22,5	27	0,8	1,8	15
350	75	26,25	31,5	0,8	1,8	18
400	75	30	36	1	2,1	17
450	75	33,75	40,5	1	2,1	19
500	75	37,5	45	1	2,1	21
550	75	41,25	49,5	1	2,1	24
600	75	45	54	1	2,1	26
650	75	48,75	58,5	1	2,1	28
700	75	52,5	63	1	2,1	30
750	75	56,25	67,5	1	2,1	32

З аналізу таблиці 3.4 походить, що реактор необхідно підбирати за продуктивністю.

За загальними методами, можна розрахувати витрати, що виникають в результаті виробництва дизельного біопалива:

$$C_{\text{БД}} = (1 + \kappa_1 + \kappa_2) (\kappa_3 (C_1 + C_2 + C_3)) + C_4, \quad (3.1)$$

де:  $C_{\text{БД}}$  – загальнорічні затрати, грн.;

$C_1$  – заробітна платня, грн.;

$C_2$  – витрати на обладнання, грн.;

$C_3$  – витрати на енергресурси, грн.;

$C_4$  – витрати на сировину, грн.;

$\kappa_1, \kappa_2$  – показники зростання загальногосподарських та загальновиробничих витрат;

$\kappa_3$  – показник зростання витрат у зв'язку із ремонтом обладнання.

Будемо вважати що із 1 м<sup>3</sup> олії отримується 0,98 м<sup>3</sup> дизельного біопалива із щільністю 878 кг/м<sup>3</sup>. Показники зростання загальногосподарських та загальновиробничих витрат приймемо 1,05, а показник зростання витрат у зв'язку із ремонтом обладнання 1,15. Ринкова вартість тони олії в 2020 році на осінь становила 30790 грн тону, вартість літра метилового спирту 200 грн., вартість одного кіловата електроенергії 1,48 грн [27]. Для порівняння вартість тони палива 22000 грн.

Результати моделювання ціни дизельного біопалива та його порівняння із вартістю дизеля наведено на рис. 3.3.

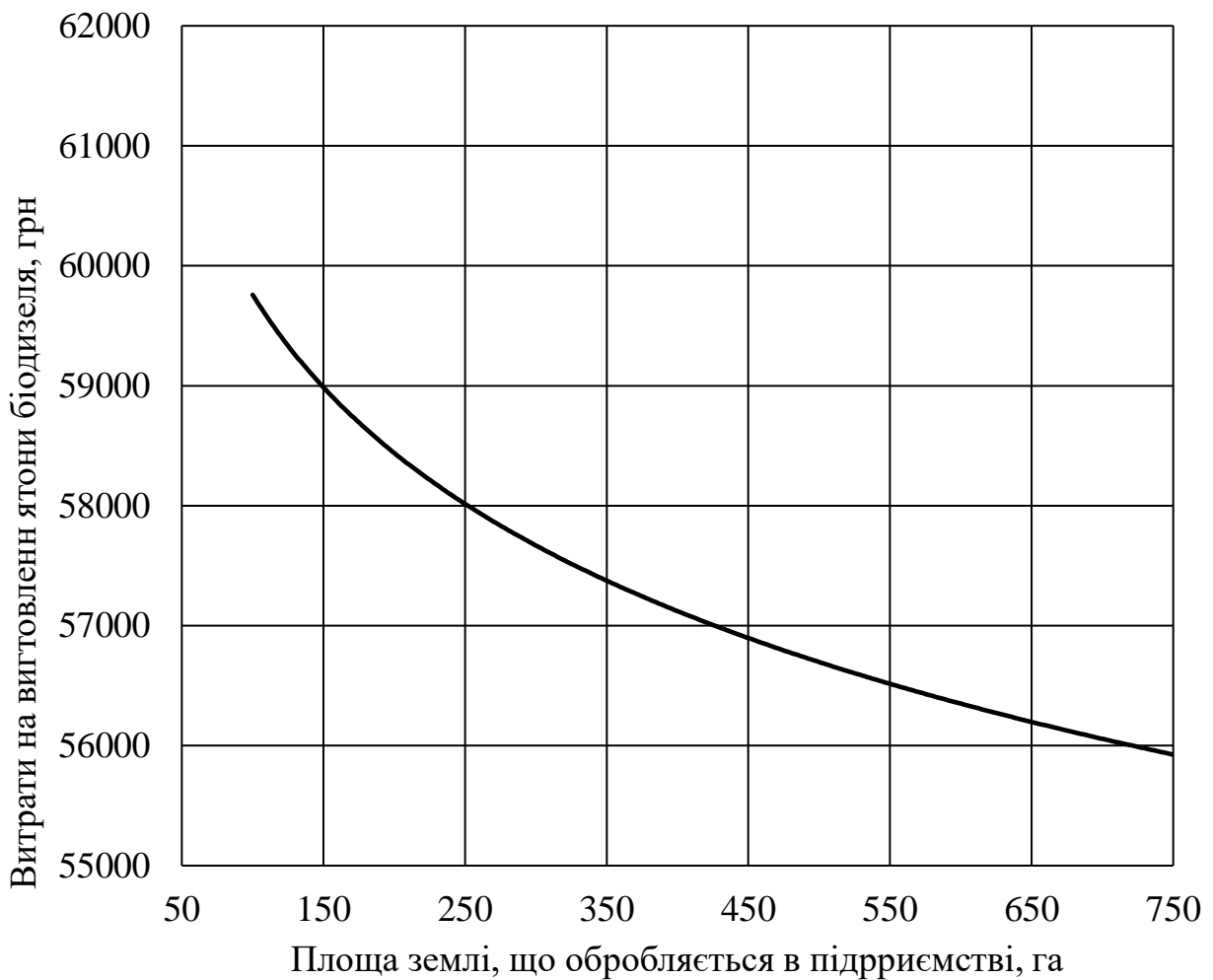


Рис. 3.3. Моделювання ціни дизельного палива, що вироблено із харчової олії

Із рисунка 3.3 походить, що ціна тони дизельного біопалива виробленого із соняшникової олії буде лежати в межах від 55000 грн до 56000, що є невиправдано дорого. Тому виробництво дизельного біопалива із харчової олії є недоцільним в сучасних економічних умовах.

Для зниження ціни на дизельне біопаливо є доречним використання відходів аграрного виробництва, а саме вороху олійних культур.

Моделювання ціни на біодизель, що виготовлений із використанням вороху, наведено на рис. 3.4.

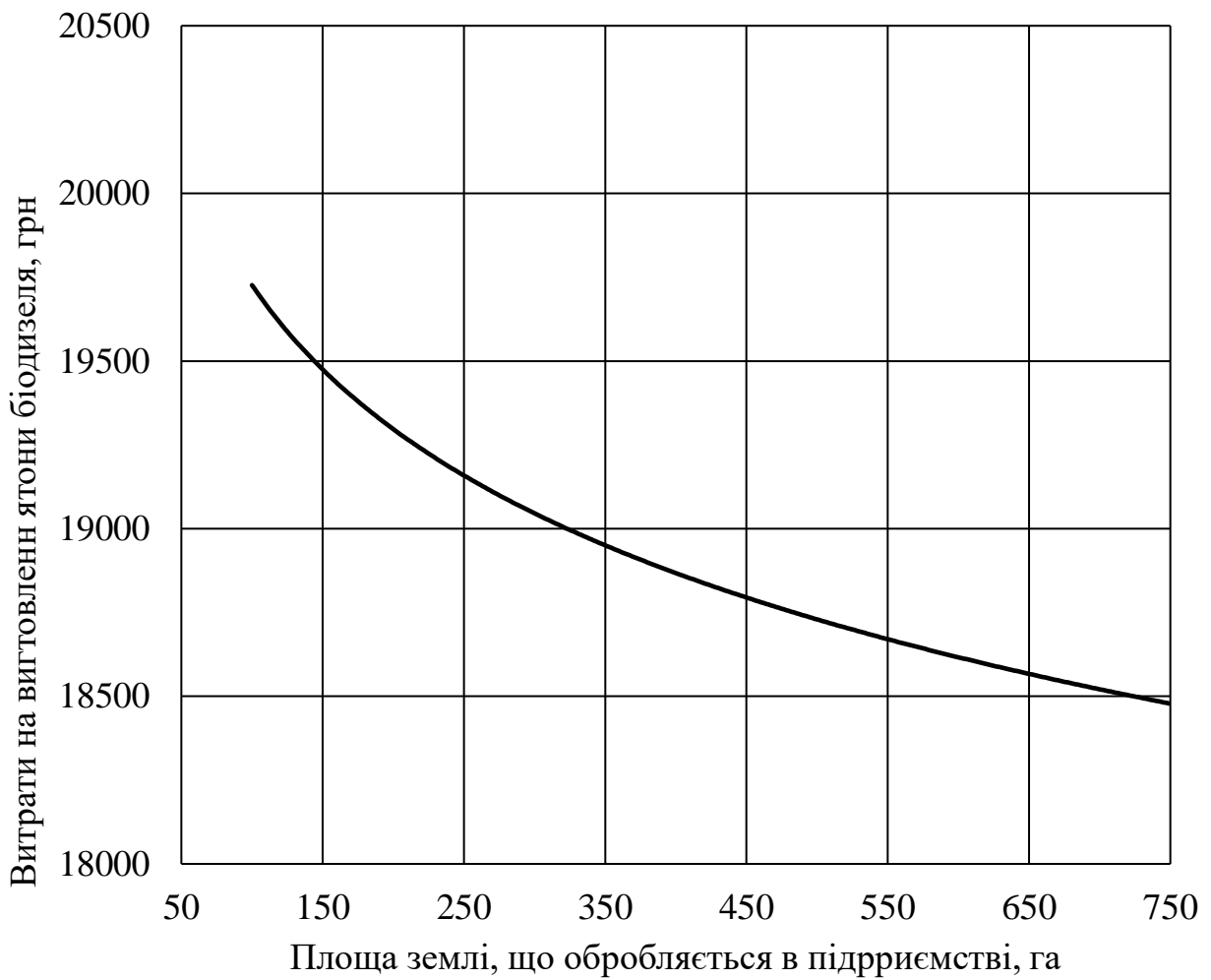


Рис. 3.4. Моделювання ціни дизельного палива, що вироблено із відходів агровиробництва

Використання відходів агровиробництва для отримання дизельного біопалива дозволяє отримати ціну в межах 18500...19700 грн, що є прийнятним для забезпечення аграрного виробництва паливом власного виробництва.

## Висновки до розділу

В умовах агропідприємств доречним є використання спрощеної технології виробництва дизельного біопалива. З метою отримання дешевшої продукції ми плануємо використовувати ворох оліних культур та олійну масу, що отримана в результаті другого, гарячого відтискання.

Також, в технологічному процесі отримання дизельного біопалива ми пропонуємо використовувати реактор-відстійник, запропонований науковцями Поліського національного університету та Національного університету біоресурсів і природокористування України. Використання цієї установки дозволяє для операцій елульгування, переетерифікації та відстоювання проводити в одній посудині.

Дослідження показують, що найменша питома споживана потужність спостерігається для реакторів об'ємом від 0,8 до 1 м<sup>3</sup>.

Ціна тони дизельного біопалива виробленого із соняшникової олії буде лежати в межах від 55000 грн до 56000, що є невиправдано дорого. Тому виробництво дизельного біопалива із харчової олії є недоцільним в сучасних економічних умовах.

Використання відходів агровиробництва для отримання дизельного біопалива дозволяє отримати ціну в межах 18500...19700 грн, що є прийнятним для забезпечення аграрного виробництва паливом власного виробництва.

## ВИСНОВКИ

В процесі малотоварного (в аграрних умовах ) виробництва використовується менша кількість технологічних операцій, проте отримана олія придатна для виробництва дизельного біопалива, крім того використовуючи холодне відтискання можна отримати якісну харчову олію. При обсягах виробництва дизельного біопалива в умовах агровиробництва до 2000...3500 т/рік доречним є використання структури малотоварного виробництва. Таке виробництво має менші енерговитрати, використовує більш просте обладнання та дає нижчу собівартість обладнання. Проте для отримання якісного палива необхідно використовувати реактори із чітко визначеними параметрами конструкції та процесу, що протікає в них.

В умовах агропідприємств доречним є використання спрощеної технології виробництва дизельного біопалива. З метою отримання дешевшої продукції ми плануємо використовувати ворох оліних культур та олійну масу, що отримана в результаті другого, гарячого відтискання.

Також, в технологічному процесі отримання дизельного біопалива ми пропонуємо використовувати реактор-відстійник, запропонований науковцями Поліського національного університету та Національного університету біоресурсів і природокористування України. Використання цієї установки дозволяє для операцій елульгування, переетерифікації та відстоювання проводити в одній посудині.

Дослідження показують, що найменша питома споживана потужність спостерігається для реакторів об'ємом від 0,8 до 1 м<sup>3</sup>.

Ціна тони дизельного біопалива виробленого із соняшникової олії буде лежати в межах від 55000 грн до 56000, що є невиправдано дорого. Тому



виробництво дизельного біопалива із харчової олії є недоцільним в сучасних економічних умовах.

Використання відходів агровиробництва для отримання дизельного біопалива дозволяє отримати ціну в межах 18500...19700 грн, що є прийнятним для забезпечення аграрного виробництва паливом власного виробництва.

## Список використаних джерел

1. Виробництво і використання біопалив в агроєкосистемах. Механіко-технологічні основи : монографія / Голуб Г.А., Кухарець С.М., Чуба В.В., Марус О.А. Київ : НУБіП України, 2018. 254 с.
2. Скидан О.В., Голуб Г.А., Кухарець С.М. Ярош О.Д., Чуба В.В., Медведський О.В., Цивенкова Н.М., Соколовський О.Ф., Кухарець В.В. Відновлювана енергетика в аграрному виробництві. За ред. О.В. Скидана і Г.А. Голуба. Київ, НУБіП України. 2018. 338 с.
3. S. Dewang, Suriani, S. Hadriani, Diana, E.S. Lestari, and Bannu, Viscosity and calorie measurements of biodiesel production from *Callophyllum Inophyllum* L using catalyst and time variations for stirring in transesterification process, 2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), , San Diego, pp. 734-738, 5-8 November 2017.
4. Виробництво та використання дизельного біопалива на основі рослинних олій / [Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко, В. В. Чуба, С. М. Кухарець]. К. : НУБіП України, 2015. 119 с.
5. Біодизель та біоеталон. Модуль. / [В.А.Дубровін, Г.А.Голуб, В.М.Поліщук, К.М.Сера, О.А.Марус, С.В.Драгнев, М.Ю.Павленко, В.В.Чуба, С.М.Кухарець]. – UNIDO, 2015. – 54 с.
6. Дослідження енергетичної ефективності циркуляційних реакторів-розділювачів / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець, О. Ю. Осипчук, М. Ю. Павленко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України / ДНУ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2015. – Вип. 19. – С. 276–282.
7. R. Sakthivel, K. Ramesh, R. Purnachandran, and P. Mohamed Shameer, A review on the properties, performance and emission aspects of the third generation

biodiesels, Renewable and Sustainable Energy Reviews, DOI: 10.1016/j.rser.2017.10.037, vol. 52, part 3, pp. 2970-2992.

8. J. E. M. Pham, D. Zhao, Y. Deng, D. Le, W. Zuo, H. Zhu, T. Liu, Q. Peng, and Z. Zhang, Effect of different technologies on combustion and emissions of the diesel engine fueled with biodiesel: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.250, vol. 80, pp. 620-647.

9. Y. Cheng, S. Li, J. Liggio, K. Hayden, Y. Han, C. Stroud, T. Chan, and M. Poitras, The effects of biodiesels on semivolatile and nonvolatile particulate matter emissions from a light-duty diesel engine, Environmental Pollution, DOI: 10.1016/j.envpol.2017.06.014, vol. 230, pp. 72-80, November 2017.

10. Голуб Г. Эффективность использования оборудования для производства дизельного биотоплива / Г. Голуб, М. Павленко, С. Кухарец // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. 2016. Vol. 17, No 3. P. 11–16.

11. Анализ процесса получения биодизельного горючего и обоснование основных параметров реактора-разделителя / Г. Голуб, С. Кухарец, О. Осыпчук, В. Кухарец // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. 2015. Vol. 17, № 9. P. 149–155.

12. Взаємозв'язок потужності насоса для перемішування рослинної олії та параметрів дискового змішувача / Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко, В. В. Чуба, С. М. Кухарець, О. Ю. Осипчук // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. - 2016. Вип. 240. С. 343-348.

13. Перспективи використання обладнання з циркуляційним перемішуванням при виробництві дизельного біопалива / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець, М. Ю. Павленко // Наук. вісн. НУБіП України. Сер. Техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 240. С. 377–382.

14. Rationale for the parameters of equipment for production and use of biodiesel in agricultural production / G. Golub, S. Kukharets, V. Chuba [et all] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 2/1 (86). P. 28-33.

15. Пат. 116032 Україна, МПК C10L 1/00, C10L 1/08, C11C 3/04, B01J 14/00. Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г. А., Павленко М. Ю., Кухарець С. М., Осипчук О. Ю. Чуба В. В.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № а201602328; заявл. 11.03.2016; опубл. 25.01.2018; Бюл. №2.

16. Golub G., Kukharets S., Yarosh Y., Chuba V., Medvedskyi O. Modeling of the Disk Nozzle Parameters in Biodiesel Production. International Journal of Renewable Energy Research, Vol.8, No.4, 2018, pp. 2096-2105

17. Пат. 119306 Україна, МПК (2006) C10L 1/00, C11C 3/04 (2006.01), B01J 14/00 Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г. А., Ярош Я.Д., Кухарець С. М., Чуба В. В.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201807833; заявл. 13.07.2018; опубл. 10.04.2019; Бюл. №10.

18. Yarosh Y., Kukharets S., Tsyvenkova N. The determination of parameter of a reactor-mixer with a disk injector. Відновлювана енергетика. 2018. № 2 (53). С. 78–87.

19. Драгнєв С. В. Обґрунтування конструктивних параметрів періодичного реактора етерифікації рослинних олій. Наук. вісн. НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». 2010. Вип. 144, Ч. 4. С. 190–197.

20. Эффективность производства дизельного биотоплива в условиях фермерских хозяйств / Геннадий Голуб, Максим Павленко, Светлана Осауленко // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin, 2014. Vol. 16. № 4. С. 263-268.

21. Технологічна схема виробництва комбікормів та дизельного біопалива / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко, О.М. Ачкевич // Вісник ЖНАЕУ. 2015. №2 (50), т 1. С. 364-368.
22. Економічна ефективність виробництва дизельного біопалива в умовах фермерських господарств / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко, С.В. Осауленко // Вісник ЖНАЕУ. 2014. №2 (45), т 4. ч II. С. 272-278.
23. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві: навчальний посібник / [Голуб Г.А., Кухарець С.М. Марус О.А. та ін.], К.: НУБіП України, 2017. 229 с.
24. Дослідження швидкості потоку емульсії в циркуляційних реакторах / Ярош Я. Д., Кухарець М. М., Овдіюк В. М., Кухарець В. В. Наукові горизонти. 2018. № 12 (73). С. 30–36.
25. Пат. 133384 Україна, МПК (2006) С10L 1/00, С11С 3/04 (2006.01), В01J 14/00 Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г. А., Ярош Я.Д., Кухарець С. М., Чуба В. В. – № u201807833; заявл. 13.07.2018; опубл. 10.04.2019; Бюл. №7.
26. <https://landlord.ua/news/tsiny-na-soniashnykovu-oliiu-zrosly-do-770-zatonu/>