

**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

**МАРЧУК Іван Вікторович**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Обґрунтування параметрів процесу отримання дизельного  
біопалива із вороху олійних культур**

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

\_\_\_\_\_ І.В.Марчук

**Керівник роботи**

Ярош Я.Д.

Доктор технічних наук, доцент

**Житомир – 2020**

## АНОТАЦІЯ

**МАРЧУК Іван Вікторович. Обґрунтування параметрів процесу отримання дизельного біопалива із вороху олійних культур.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

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

В роботі запропоновано в якості сировини для виробництва дизельного біопалива використовувати ворох олійних культур. Виконано оцінку протенціалу виробництва біодизеля із вороху олійних культур. Встановлено, що загальне виробництво біодизеля із вороху олійних культур протягом 2013 – 2019 років, могло б становити 107,7 тис. тон/рік у середньому. Причому цей обсяг перекриває рівень реального виробництва дизельного біопалива в Україні за цей же період часу – 50 тис. тон/рік в середньому.

В процесі виробництва біодизеля доречно використовувати метод переетерифікації.

Для випробувань використовували ріпакову олію в кількості 150 літрів, що перекачувалася гідравлічним агрегатом до реактора да і відбувався процес переетерифікації. Емульсію перемішували при температурі до 40 ° С у композиції ріпакової олії та метанолу у співвідношенні 6:1.

Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що якість біодизеля із вороху олійних культур відповідає показникам стандарту на біодизель

*Ключові слова: реактор, пререетерифікація, соняшник, ріпак, соя.*

## ANNOTATION

**MARCHUK Ivan. Substantiation of parameters of the process of obtaining diesel biofuel from a heap of oilseeds.** – 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.

The paper proposes to use a heap of oilseeds as raw materials for the production of diesel biofuels. The potential of biodiesel production from a heap of oilseeds has been assessed. It is established that the total production of biodiesel from a heap of oilseeds during 2013 - 2019 could be 107.7 thousand tons / year on average. Moreover, this volume covers the level of real production of diesel biofuel in Ukraine for the same period of time - 50 thousand tons / year on average.

In the process of biodiesel production it is appropriate to use the transesterification method.

For the tests, rapeseed oil in the amount of 150 liters was used, which was pumped by a hydraulic unit to the reactor and the transesterification process took place. The emulsion was stirred at a temperature of up to 40 ° C in a composition of rapeseed oil and methanol in a ratio of 6: 1.

The results of research allow us to conclude that the quality of biodiesel from a heap of oilseeds meets the standards for biodiesel

*Key words: reactor, pre-esterification, sunflower, rapeseed, soybean.*

## Зміст

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИДУ СИРОВИНИ ТА СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ .....	7
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ В УКРАЇНІ.....	12
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ БІОДИЗЕЛЯ .....	18
ВИСНОВКИ.....	24
Список використаних джерел .....	26

## ВСТУП

Виробництво біодизеля із відходів вирощування олійних культур – вороху, в аграрному виробництві дозволить отримати паливо – біодизель. Далі із використанням біодизеля можна забезпечити паливом мобільну техніку та зменшити викиди парникових газів в атмосферу.

**Мета і завдання дослідження.** Мета дослідження – забезпечити ефективне виробництво біодизеля шляхом використання вороху олійних культур.

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

- виконати аналіз основних проблем, що виникають в виробництва біодизеля;
- встановити потенціал виробництва біодизеля із вороху олійних культур;
- провести дослідження виробництва біодизеля із олії, що отримана в результаті переробки вороху ріпаку.

**Об'єкт дослідження:** технологічні процеси виробництва біодизеля.

**Предмет дослідження:** параметри біодизеля у взаємозв'язку із конструкційними параметрами реактора переетерифікації, параметрами сировини та процесу роботи.

**Методи дослідження:** Експериментальні дослідження виконувались згідно положень математичної статистики із застосуванням методики Бокса-Бенкіна. В процесі проведення досліджень використовувалися стандартні та розроблені нами методики.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати дають змогу обґрунтувати можливість виробництва якісного біодизеля із вороху олійних культур.

### **Апробація результатів роботи.**

1. Ярош Я.Д., Марчук І.В.. Схема виробництва біодизеля із аграрного вороху. Біоенергетичні системи: матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., 29 трав. 2020 р. Житомир : Вид.-во ПНУ, 2020. С. 147–149.

2. Марчук І.В. Потенціал вороху олійних культур для виробництва біодизеля. Наукові читання–2020: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 157–158.

**Структура та обсяг.** Магістерська робота викладена на 27 сторінках, складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел із 15 найменувань, містить 11 рисунків, 6 таблиць.

# РОЗДІЛ 1

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИДУ СИРОВИНИ ТА СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ

У зв'язку із високою ціною харчової олії виробництво біодизеля із харчової олії не є доцільним через його високу кінцеву вартість [1]. Одним із способів здешевлення виробництва біодизеля є використання вороху зернових олійних культур [2]. Тому метою даного дослідження є встановлення потенціалу вороху, що придатний для виробництва біодизелю.

Для виробництва біодизелю доречним є використання зернового вороху таких культур: соняшник, соя, ріпак. Для оцінки кількості зернового вороху використовувалася такі коефіцієнти: соняшник – 0,07, соя, ріпак – 0,03; для розрахунку отриманої олійної маси – 0,2. Коефіцієнт отриманої олії – 0,6. Коефіцієнт отриманого біодизеля із олії – 0,8 [2, 3].

Розрахунки показують, що обсяг можливого біодизеля складає в 2019 році становив 100 тис. т. Найбільше такого біодизеля можна виробити в Харківській області 9 тис. т або 9% від усього в Україні. В Житомирській області є можливість отримати із вороху олійних культур 2 тис. т (2 % від усього в Україні) .

Із вороха соняшника за даними 2019 року в Україні можна виготовити 78,2 тис. т, біодизеля. В Житомирській із зернового вороху можна отримати 0,6 тис. т.

Із вороха ріпаку за даними 2019 року в Україні можна виготовити 8,3 тис. т, біодизеля. В Житомирській із зернового вороху можна отримати 0,3 тис. т.

Із зернового вороху сої в Україні в 2019 можна отримати 13,5 тис. т. В Житомирській області із вороху сої можна отримати 1,1 тис. т

Зміну можливого виробництва дизельного біопалива із вороху можна побачити на рис. 1. Така як зростає виробництво сільськогосподарських культур

та зростає кількість вороху, таким чином зростає і кількість можливого біодизеля із вороху.

Основна частина виробництва біодизеля припадає на соняшник – 82%, далі соя – 11%, найменша частка у ріпаку – 7%.

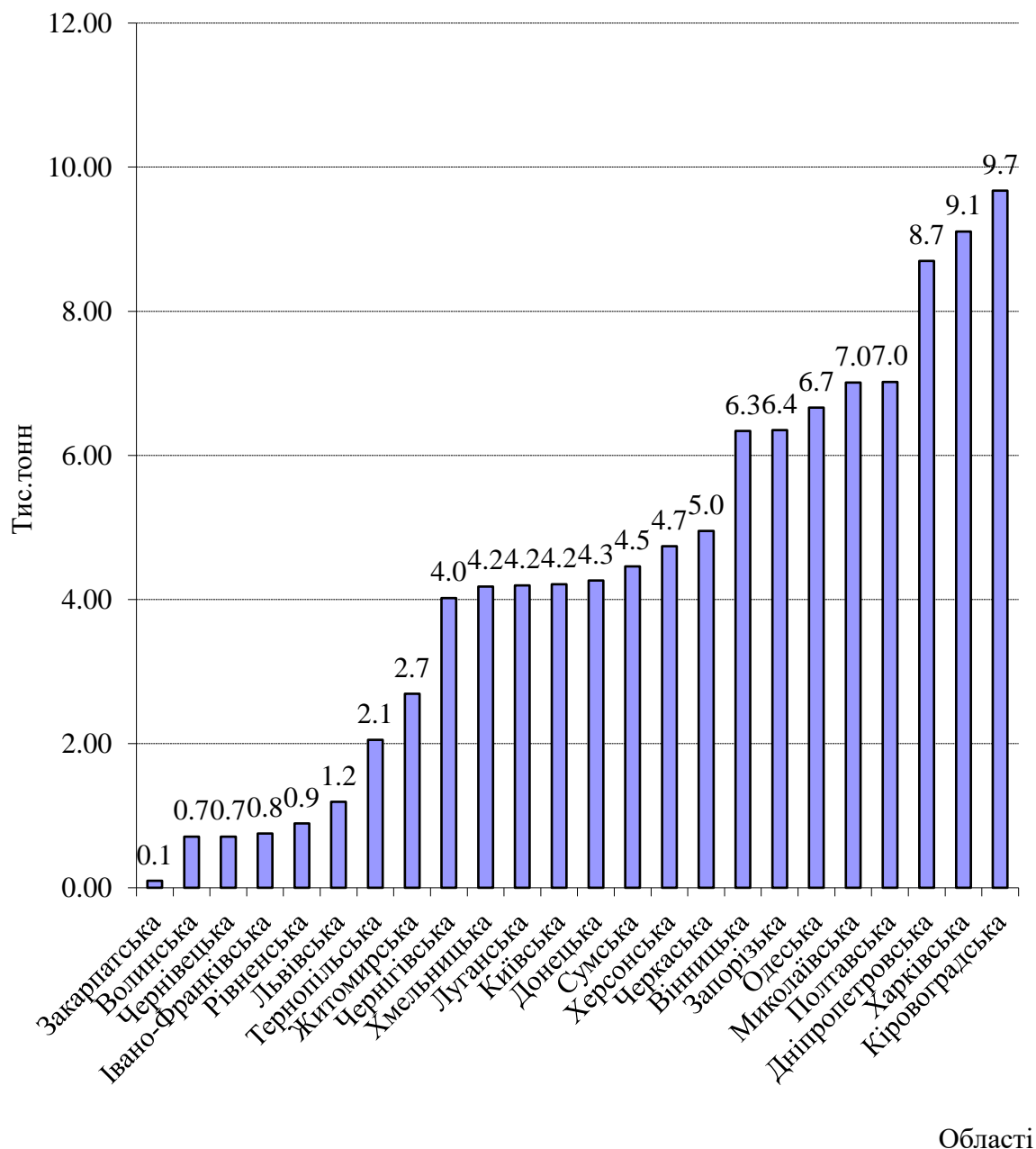


Рис. 1.1. Середня можлива кількість отриманого біодизеля із вороху олійних культур в областях за 2015-2019 роки [3].



В Житомирській найбільший об'єм дизельного біопалива із вороху може дати соняшник – 60%, соя – 32% ріпак – 9 %.

Цікавим є рішення виробляти біодизель із вороху (відходів) олійних культур, як це показано на схемі на рис. 1.2. За цією схемою, згідно публікацій [4, 5], ворох сушать і очищують. Потім отриману масу пресують холодним способом та отримують харчову олію, так званого першого віджиму. Відходи отримані в процесі першого віджиму гріють та повторно віджимають і отримують олію другого віджиму, для технічних потреб [6, 7].

Олія після першого віджимання надходить до подвійного фільтра, виморожувача та випарника, а потім розливається в спеціальні ємкості та надходить на харчові потреби.

Далі в жмих, що триманий в результаті холодного віджимання олії, додається ворох олійних культур. Із цієї маси способом гарячого віджимання отримують олію для виробництва біодизеля. Із отриманої олії біодизель виробляють застосовуючи гідроліз чи переетерифікацію.

Для такого способу виробництва біодизеля доречно використовувати аграрний ворох олійних культур в складі якого знаходиться в основному, пошкоджене та не кондиційне зерно.

Отримана із такого зерна олія не використовується для харчових потреб, але із неї можна виробляти чудовий біодизель. Як уже сказано було вище, при цьому ворох сушиться, чиститься та потім пресується гарячим способом. Потім отримана олійна маса відстоюється і з неї безпосередньо виготовляється біодизель. Необхідно зауважити, що під час процесу отримання біодизеля використовують в незначних дозах метиловий спирт та каталізатор процесу КОН або NaOH [6].

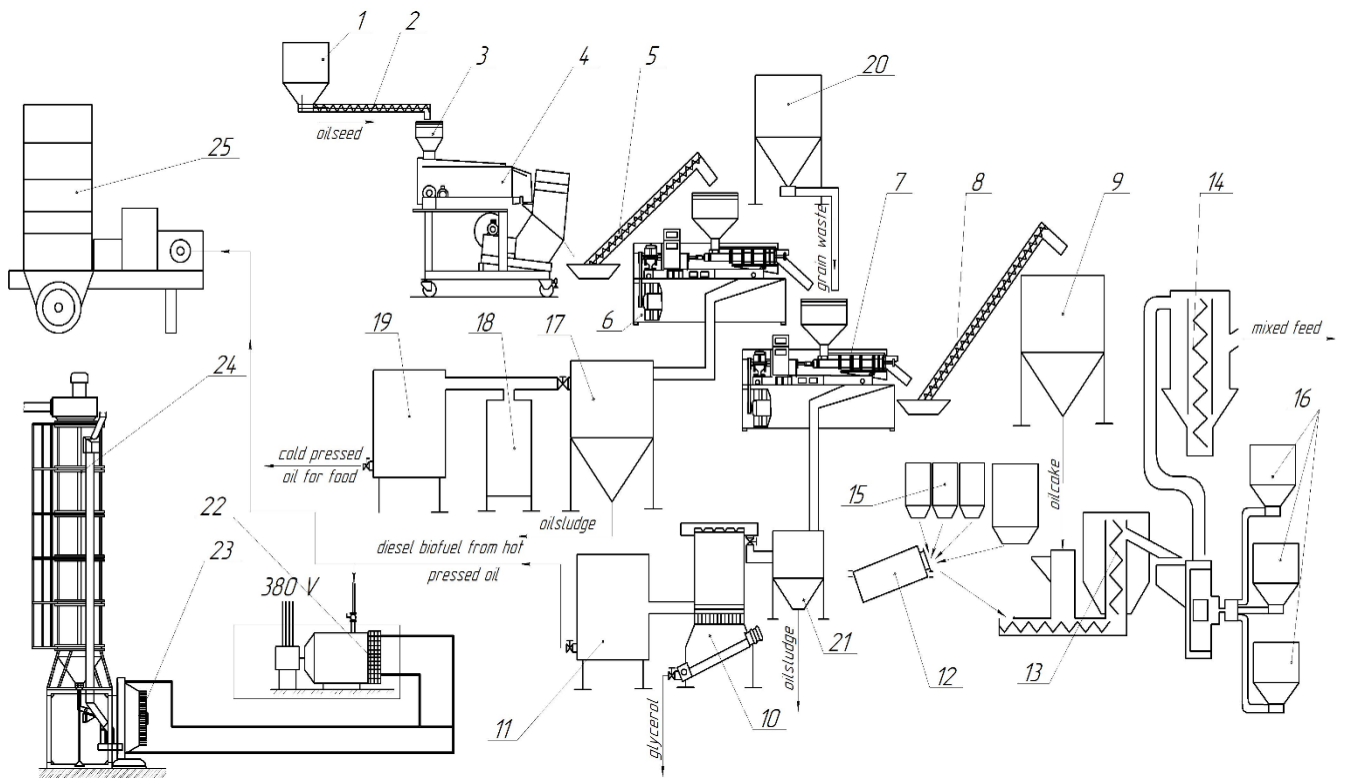


Рис 1.2. Виробництво біодизеля із вороху олійних культур: 1, 3, 9, 16 – ємкості чи бункери для вихідної сировини; 2 – шнекові транспортувальні пристрої; 4 – машина для очистки насіння чи зерна; 5, 8 – конвеєрні транспортувальні пристрої; 6, 7 – пресуючі машини; 10 – установка для переестерифікації олії; 11, 15, 19, 20 – ємкості для отриманої продукції; 12 – змішувальний пристрій; 13, 14 – вертикальний змішувач барабан; 17, 21 – пристрої для відстоювання; 18 – фільтрувальні пристрої; 22 – когенератор; 23 – теплообмінник; 24 – машина для сушки зерна; 25 – мобільна машина для сушки зерна [4, 5, 6, 7]

Після проходження процесу переестерифікації біодизель надходить в фільтри, та після фільтрування надходить на зберігання у спеціальні ємкості.

В подальшому біодизель використовують як паливо для сушильних установок чи дизельних двигунів тракторів та автомобілів [6].

Для встановлення площі та обсягу вирощування олійних культур, необхідних для виробництва біодизеля, науковці [1, 6, 7] пропонують використати рівняння:

$$s_{bd} = \frac{\sum_{k=1}^l n_{bd} v_k - N_{BDW}}{k_{ubd} k_{bd} u_{bd}}, \quad (1.1)$$

де:  $N_{BDW}$  – обсяг біодизеля, який можливо отримати із вороху; т

$s_{bd}$  – площа під відповідною культурою, га;

$u_{bd}$  – урожайність відповідної культури т/га;

$n_{bd}$  – норма витрати рідкого палива (дизельного), т/га, (т/год, т/т);

$l$  – вид роботи на який витрачається дизельне паливо;

$v_k$  – об'єм відповідної роботи, га, год, т;

$k_{ubd}$  – коефіцієнт втрат в процесі збирання культур, т/т

$k_{bd}$  – коефіцієнт втрат у виробництві біодизеля; т/т

В результаті використання вороху аграрних олійних культур для процесу виробництва біодизеля значно знизить витрати на його виготовлення.

**Висновки.** Розрахунки показують, що обсяг можливого біодизеля складає в 2019 році становив 100 тис. т. Найбільше такого біодизеля можна виробити в Харківській області 9 тис. т або 9% від усього в Україні. В Житомирській області є можливість отримати із вороху олійних культур 2 тис. т (2 % від усього в Україні).

## РОЗДІЛ 2

### ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЯ В УКРАЇНІ

Визначимо як змінювався потенціал сировини для виробництва біодизеля із вроху олійних культур. Для цього використаємо статистичні данні [8-10].

Отримані данні за олійними культурами наведемо в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Валовий збір олійних культур в Україні (для господарств усіх категорій), тис. тон

Культура	Рік						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Соняшник	10941.2	10133.8	11181.1	13626.9	12235.5	14165.2	15254.1
Соя	2740.7	3881.9	3930.6	4277	3899.4	4460.8	3698.7
Ріпак та кольза	2335.3	2198	1737.6	1153.9	2194.8	2750.6	3280.3

Данні таблиці 2.1. можна представити і у графічному вигляді (рис. 2.1 та рис. 2.2).

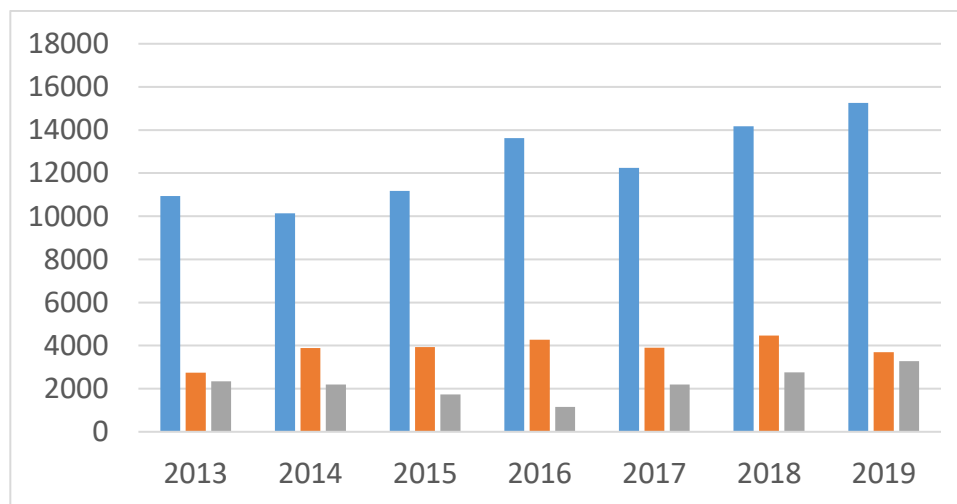


Рис. 2.1. Валовий збір олійних культур в Україні (для господарств усіх категорій), тис. тон

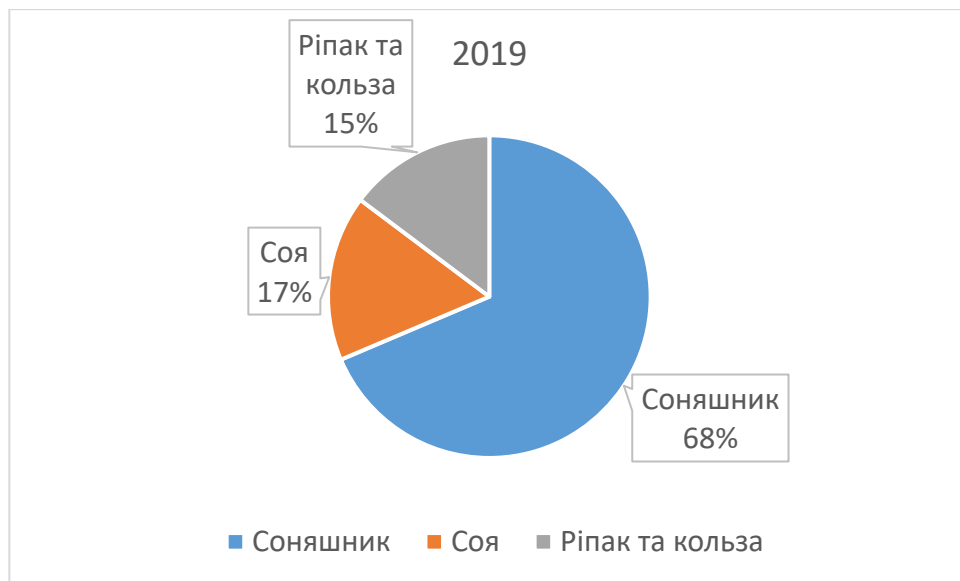


Рис. 2.2. Структура валового збору олійних культур в 2019 р.

Як видно із графіка на рис. 2.2 найбільшу питому вагу у структурі валового збору олійних культур займає соняшник – у 2019 році 68%.

За валовим збором можна оцінити обсяги отриманого врожаю (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2. Обсяг врожаю олійних культур в Україні (для господарств усіх категорій), тис. тон

Культура	Рік						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Соняшник	765.9	709.4	782.7	953.9	856.5	991.6	1067.8
Соє	82.2	116.5	117.9	128.3	117.0	133.8	111.0
Ріпак та кольза	70.1	65.9	52.1	34.6	65.8	82.5	98.4

Данні таблиці 2.2 можна представити у графічному вигляді (рис. 2.3 та 2.4).

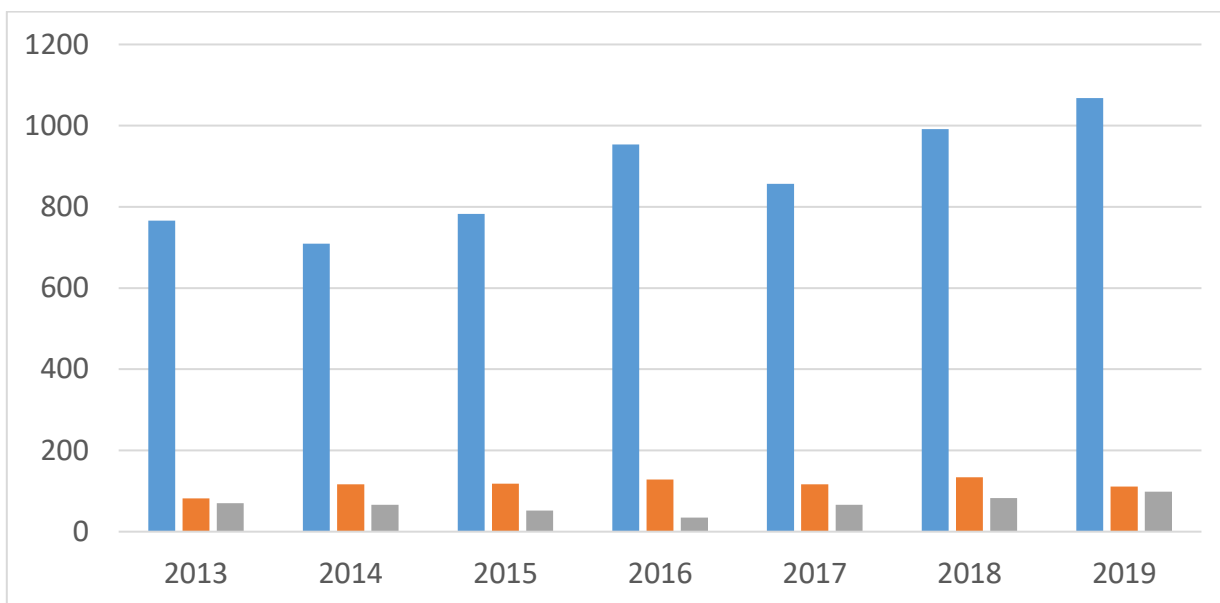


Рис. 2.3. Обсяг вроху олійних культур в Україні (для господарств усіх категорій), тис. тон



Рис. 2.4. Структура вроху олійних культур в 2019 р.

У структурі обсягу вроху олійних культур частка соняшнику досягає вже 89%.

Врахувавши, що із вороху можна отримати 20% олійної маси та 60% олії, а також врахувавши вихід біодизеля із олії (для соняшникової олії – 85%, для соєвої – 84,5%, а для ріпакової – 84%) [12] можна отримати обсяги можливого виробництва біодизеля (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. Теоретичні обсяги виробництва біодизеля із вороху олійних культур в Україні (для господарств усіх категорій), тис. тон

Культура	Рік							В середньому
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Соняшник	78.1	72.4	79.8	97.3	87.4	101.1	108.9	89.3
Соя	8.3	11.8	12.0	13.0	11.9	13.6	11.3	11.7
Ріпак та кольза	7.1	6.6	5.3	3.5	6.6	8.3	9.9	6.8
Разом	93.5	90.8	97.0	113.8	105.9	123.0	130.1	107.7

Данні таблиці 2.3 можна представити у графічному вигляді (рис. 2.5 та 2.6).

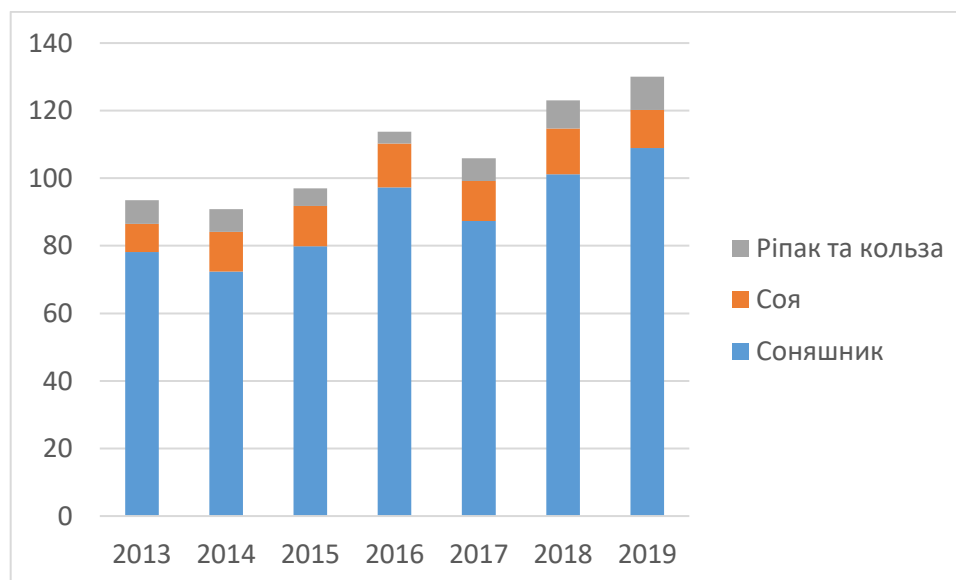


Рис. 2.5. Теоретичні обсяги виробництва біодизеля із вороху олійних культур в Україні (для господарств усіх категорій), тис. тон



Рис. 2.6. Структура теоретичного потенціалу виробництва біодизеля із вроху олійних культур в середньому 2013 – 2019 рр.

У структурі теоретичного потенціалу виробництва біодизеля соняшник має найбільшу питому вагу – 83% у середньому за період 2013 – 2019 рр.

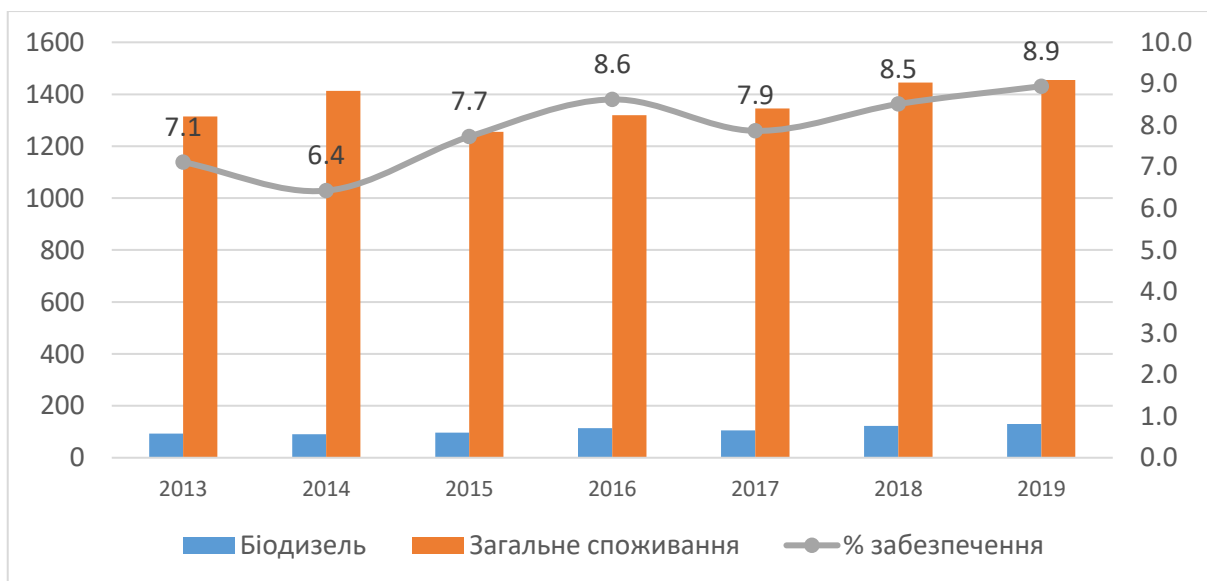


Рис. 2.7. Порівняння теоретичного рівня виробництва біодизеля із вроху олійних культур із споживанням дизельного палива в сільському господарстві



Як впливає із аналізу отриманих результатів теоретичного потенціалу виробництво біодизеля із вроху олійних культур могло б забезпечити від 6.4% до 8.9% потреби дизельного біопалива в сільському господарстві.

**Висновки.** Найбільшу питому вагу у структурі валового збору олійних культур займає соняшник – у 2019 році 68%. У структурі обсягу вроху олійних культур частка соняшнику досягає вже 89%. Як впливає із аналізу отриманих результатів теоретичного потенціалу виробництво біодизеля із вроху олійних культур могло б забезпечити від 6.4% до 8.9% потреби дизельного біопалива в сільському господарстві. Загальне виробництво біодизеля із вроху олійних культур протягом 2013 – 2019 років, могло б становити 107,7 тис. тон/рік у середньому. Причому цей обсяг перекриває рівень реального виробництва дизельного біопалива в Україні за цей же період часу – 50 тис. тон/рік в середньому.

### РОЗДІЛ 3

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОТРИМАННЯ БІОДИЗЕЛЯ

В процесі виробництва біодизеля використовують метод переетерифікації [13, 14], причому олію додають невелику кількість метилового спирту та для прискорення хімічного процесу додають КОН чи NaOH [6].

Для проведення досліджень, використаємо установку, що детально описана в працях [13, 15].

Експериментальна установка, складалася з спеціального реактора 1 для проведення процесу переетерифікації рослинної олії, гідравлічного блоку 4, 5, 7 (рис. 3.1) та вимірювального обладнання, інвертора частоти 8, аналізатора енергоспоживання 9, тахометра 6. Для реєстрації отриманих даних використовували ноутбук. Установка була розроблена для дослідження енергоефективності змішувачів.

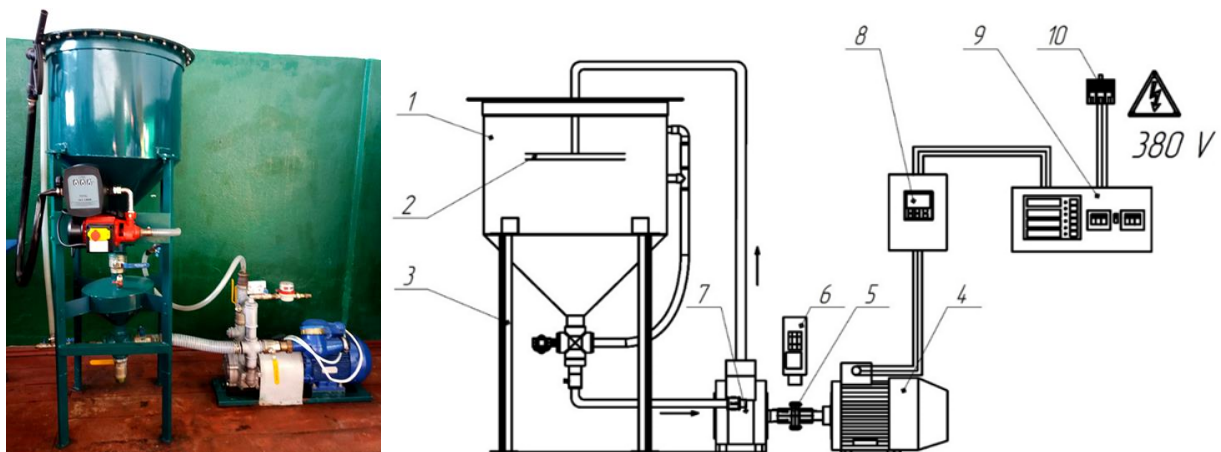


Рис. 3.1. Експериментальна установка для отримання біодизеля  
(позначення у тексті)

Для випробувань використовували ріпакову олію в кількості 150 літрів, що перекачувалася гідравлічним агрегатом до реактора да і відбувався процес переетерифікації. Емульсію перемішували при температурі до 40 ° С у композиції ріпакової олії та метанолу у співвідношенні 6:1.

Основні параметри реатора були визначені в результаті теоретичних та експериментальних досліджень, та наведені в (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Раціональні параметри реактора

Parameter	Діаметр робочої частини реактора					
	0,8	1,2	1.4	2.2	3.0	3.2
Вміст, м <sup>3</sup>	0,4	1	2	10	50	65
Діаметр розпилювача, м	0,74	1,12	1.31	2.09	2.88	3.06
Тиск у форсунці, МПа	0,01	0,01	0.02	0.03	0.04	0.05
Потужність насоса, Вт	61,3	83,4	173.4	318.6	490.5	685.5
Питома потужність насоса, Вт/м <sup>3</sup>	153,3	83,4	86.7	31.9	9.8	10.9
Тривалість циклу, с	65,6	120,5	229.9	943.4	4065	4598.5
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	0,03	0,08	0.16	0.81	4.05	5.10

В аграрному виробництві доцільно розділити виробництво біодизеля на три основні фази: виробництво олії, виробництво біопалива, зберігання біопалива. Для зменшення кількості виробничих операцій, необхідно поєднувати зберігання біодизеля та видалення метанолу.

Обладнання для виробництва біодизеля працює наступним чином (рис. 3.2): реактор 4 наповнений рослинною олією. Метоксид калію з ємності для каталізатора 5 подається в реактор 4. Гідравлічний блок 7 відкачує олію з дна реактора 4. Потім олія подається до форсунок, робота яких забезпечує необхідну інтенсивність перемішування. Після переетерифікації емульсія знаходиться у змішувачі до повного поділу на фракції гліцерину та метилового ефіру. Рівень

осаду гліцерину контролюється спеціальним пристроєм. Біодизель відкачується гідравлічним блоком 8 через туж саму форсунку, за допомогою якої виконувалася операція перемішування.

Біодизель зберігається в резервуарі 9, обладнаному пристроєм для видалення метанолу. Запропоноване обладнання зменшує споживання енергії на перемішування та спрощує конструкцію обладнання. Якість отриманого біодизеля відповідає нормативним стандартам.

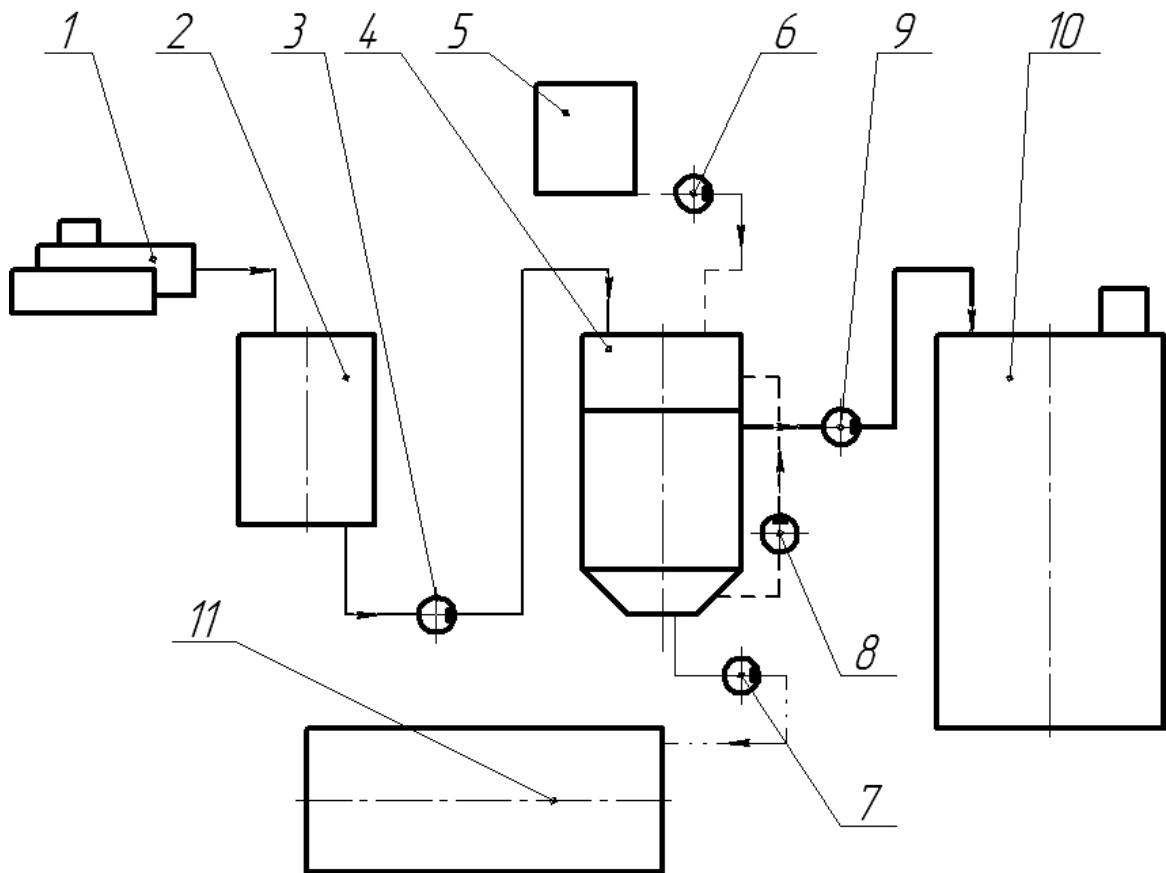


Рис. 3.2. Схема обладнання для виробництва біодизеля (позиції в тексті)

Цікавими є експериментальні випробування, щодо впливу кількості циркуляцій олії в реакторі на параметри отриманого біодизеля (таблиця 3.2.)

Таблиця 3.2. Вплив кількості циркуляцій олії в реакторі на параметри отриманого біодизеля

Показник	Гідравлічне перемішування, кількість повних циркуляцій емульсії					Механічне перемішування
	1	2	3	4	5	
Період перемішування, с	30	60	90	120	150	1800
Обсяг олії, л	1	1	1	1	1	1
Обсяг метоксиду калію, мл	120	120	120	120	120	120
Отримано біодизеля із 1 л олії, мл	946	945	950	950	940	950
Отримано гліцерину із 1 л олії, мл	185	180	180	185	195	180
Період осадження, хв	50	45	39	39	38	40
В'язкість отриманого біодизеля, мм <sup>2</sup> /с	4,89	4,8	4,7	4,8	4,8	4,7

Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що якість біодизеля відповідає показникам стандарту на біодизель після одної повної циркуляції, проте найкращий біодизель трьохкратної циркуляції. Подальше підвищення кількості циркуляцій не призводить до суттєвого поліпшення показників якості біодизеля.

Отриманий, в процесі переестерифікації біодизель в пропонованих реакторах (на основі ріпакової олії) набув наступних параметрів (таблиця 3.3)

Таблиця 3.3. Параметри біодизеля

№ з/п	Вид палива	Назва показника					
		Густина при 15С, кг/м <sup>3</sup>		Вязкість при 15С, мм <sup>2</sup> /с		Температура спалаху, °С	
		Отримано	За ДСТУ 6081	Отримано	За ДСТУ 6081	Отримано	За ДСТУ 6081,
1	Біодизель	874	860-900	4,4	3,5-5,0	182	120
2	Дизельне паливо	860	-	4,0	-	40	-
Метод дослідження параметра		Згідно ГОСТ 3900		Згідно ДСТУ ГОСТ 33		Згідно ГОСТ 6356	

Таким чином, одержаний в дослідному реакторі біодизель за якісними параметрами: в'язкість, густина та температура спалаху відповідає ДСТУ 6081 на дизельні палива. Таким чином отриманий біодизель можна використовувати в дизельних двигунах тракторів та автомобілів.

**Висновки.** В процесі виробництва біодизеля використовують метод переестерифікації, причому в олію додають метиловий спирт, у невеликій кількості та каталізатор КОН або NaOH.

Для випробувань використовували ріпакову олію в кількості 150 літрів, що перекачувалася гідравлічним агрегатом до реактора да і відбувався процес

переестерифікації. Емульсію перемішували при температурі до 40 ° С у композиції ріпакової олії та метанолу у співвідношенні 6:1.

Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що якість біодизеля відповідає показникам стандарту на біодизель після одної повної циркуляції в дослідному реакторі, проте найкращий біодизель трьохкратної циркуляції. Подальше підвищення кількості циркуляцій не призводить до суттєвого поліпшення показників якості біодизеля.

## ВИСНОВКИ

Розрахунки показують, що обсяг можливого біодизеля складає в 2019 році становив 100 тис. т. Найбільше такого біодизеля можна виробити в Харківській області 9 тис. т або 9% від усього в Україні. В Житомирській області є можливість отримати із вороху олійних культур 2 тис. т (2 % від усього в Україні).

Найбільшу питому вагу у структурі валового збору олійних культур займає соняшник – у 2019 році 68%. У структурі обсягу вороху олійних культур частка соняшнику досягає вже 89%. Як впливає із аналізу отриманих результатів теоретичного потенціалу виробництва біодизеля із вороху олійних культур могло б забезпечити від 6.4% до 8.9% потреби дизельного біопалива в сільському господарстві. Загальне виробництво біодизеля із вороху олійних культур протягом 2013 – 2019 років, могло б становити 107,7 тис. тон/рік у середньому. Причому цей обсяг перебиває рівень реального виробництва дизельного біопалива в Україні за цей же період часу – 50 тис. тон/рік в середньому.

В процесі виробництва біодизеля використовують метод переетерифікації, причому в олію додають метиловий спирт, у невеликій кількості та каталізатор КОН або NaOH..

Для випробувань використовували ріпакову олію в кількості 150 літрів, що перекачувалася гідравлічним агрегатом до реактора да і відбувався процес переетерифікації. Емульсію перемішували при температурі до 40 ° С у композиції ріпакової олії та метанолу у співвідношенні 6:1.

Результати досліджень дозволяють зробити висновок, що якість біодизеля відповідає показникам стандарту на біодизель після одної повної циркуляції в



дослідному реакторі, проте найкращий біодизель трьохкратної циркуляції. Подальше підвищення кількості циркуляцій не призводить до суттєвого поліпшення показників якості біодизеля.

## Список використаних джерел

1. Голуб Г.А., Кухарець С.М. Марус О.А. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві. Київ : НУБіП України, 2016. 229 с.
2. Ярош Я.Д. Обґрунтування механіко-технологічних особливостей використання дизельного біопалива в аграрному виробництві. Наукові горизонти. 2018. №4(67). С. 17-23.
3. Ярош Я. Д., Кухарець М. М. Оцінка потенціалу сировини рослинного походження для теплових потреб в Україні за 2018. Наукові горизонти. 2019. № 3 (76). С. 38–47.
4. 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.
5. Ярош Я. Д. Встановлення раціональних параметрів змішувача із дисковою форсункою для отримання дизельного біопалива. Сільськогосподарські машини: зб. нук. ст 2017. Вип. 36. С. 194–203.
6. Ярош Я.Д., Марчук І.В.. Схема виробництва біодизеля із аграрного вороху. Біоенергетичні системи: матеріали IV Міжн. наук.-практ. конф., 29 трав. 2020 р. Житомир : Вид.-во ПНУ, 2020. С. 147–149.
7. Марчук І.В. Потенціал вороху олійних культур для виробництва біодизеля. Наукові читання–2020: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики, 5-6 березня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 157–158.
8. Рослинництво України 2019. Статистичний збірник. Державна служба статистики України. Київ, 2020. 183 с.

9. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ. 2014. №7. 33 с.

10. Ярош Я.Д., Кухарець М.М., Кухарець В.В. Моніторинг потенціалу побічної біомаси зернових культур для енергетичних потреб в Україні. Наукові горизонти. 2019. №9(82). с. 64-72

11. Кухарець С. М., Ярош Я. Д., Ярош С. В. Оцінка потенціалу сировини рослинного походження для теплових потреб у Житомирській області. Вісник ЖНАЕУ. 2017. № 1 (58), т. 1. С. 230–240.

12. 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.

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

14. Modelling of the hydro-mechanical mixer parameters / Golub G. A., Kukharets S. M., Chuba V. V., Pavlenko M. Y., Yarosh Y. D. INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, No. 1. P. 105–112.

15. 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.