Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Доктор технічних наук, професор Геннадій Голуб
(Національний університет біоресурсів і природокористування України).

Доктор технічних наук, професор Савелій Кухарець
(Поліський національний університет)

2024

Лекція 3. ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

1. **Технології виробництва олії та дизельного біопалива.**
2. **Оцінка сировинної бази агропромислового виробництва дизельного біопалива при двохступінчатому віджиманні рослинної олії.**
3. **Технічне забезпечення виробництва дизельного біопалива.**
4. **Теоретичні основи виробництва дизельного біопалива.**
5. **Економічна ефективність виробництва дизельного біопалива.**

Лабораторна робота 3: Ознайомитися з конструкцією гідромеханічної мішалки для виробництва дизельного біопалива та визначити її параметри.

Практична робота 3: Розрахувати вартість олії гарячого віджимання для використання при виробництві дизельного біопалива, а також необхідні обсяги метилату калію (метилового ефіру й гідроокислу калію) та вихід дизельного біопалива із однієї тони олії.

Основні олійні культури в Україні

Ріпак	Соняшник	Соя

ОСНОВНІ ОЛІЙНІ КУЛЬТУРИ (СОНЯШНИК ТА ОЛИВИ) У ТУРЕЧЧИНІ

Соняшник вирощують переважно для виробництва олії та кондитерських виробів. В якості рослинної олії люди віддають перевагу переважно соняшниковій. Більшість площ соняшнику (75%) знаходиться у регіоні Фракія, який знаходиться в європейській частині Туреччини. Хоча соняшник можна було б більше висаджувати в різних регіонах завдяки високій адаптаційній здатності та високому використанню механізації. Але він не вирощується на великих площах через низький дохід виробника та порівняно із більш прибутковими культурами, такими як пшениця, бавовна тощо як у сухих, так і в зрошуваних умовах Туреччини.

Близько 76% оливок переробляються на олію, а решта використовуються як столові оливки. У 2017/18 роках у Туреччині було отримано 2100 тис. тон оливок. Із них спожито 460 тис. тон столових оливок, а із 1640 тис. тон оливок вироблено 263 тис. тон олії. Щоб отримати 1 кг оливкової олії, потрібно приблизно 6,24 кг оливок. Площа оливкових посадок у сезоні 2016/17 становила 846061 га. Загальна кількість дерев становила 174593.

(Дані за даними Турецького статистичного інституту).

Сировина для виробництва дизельного біопалива

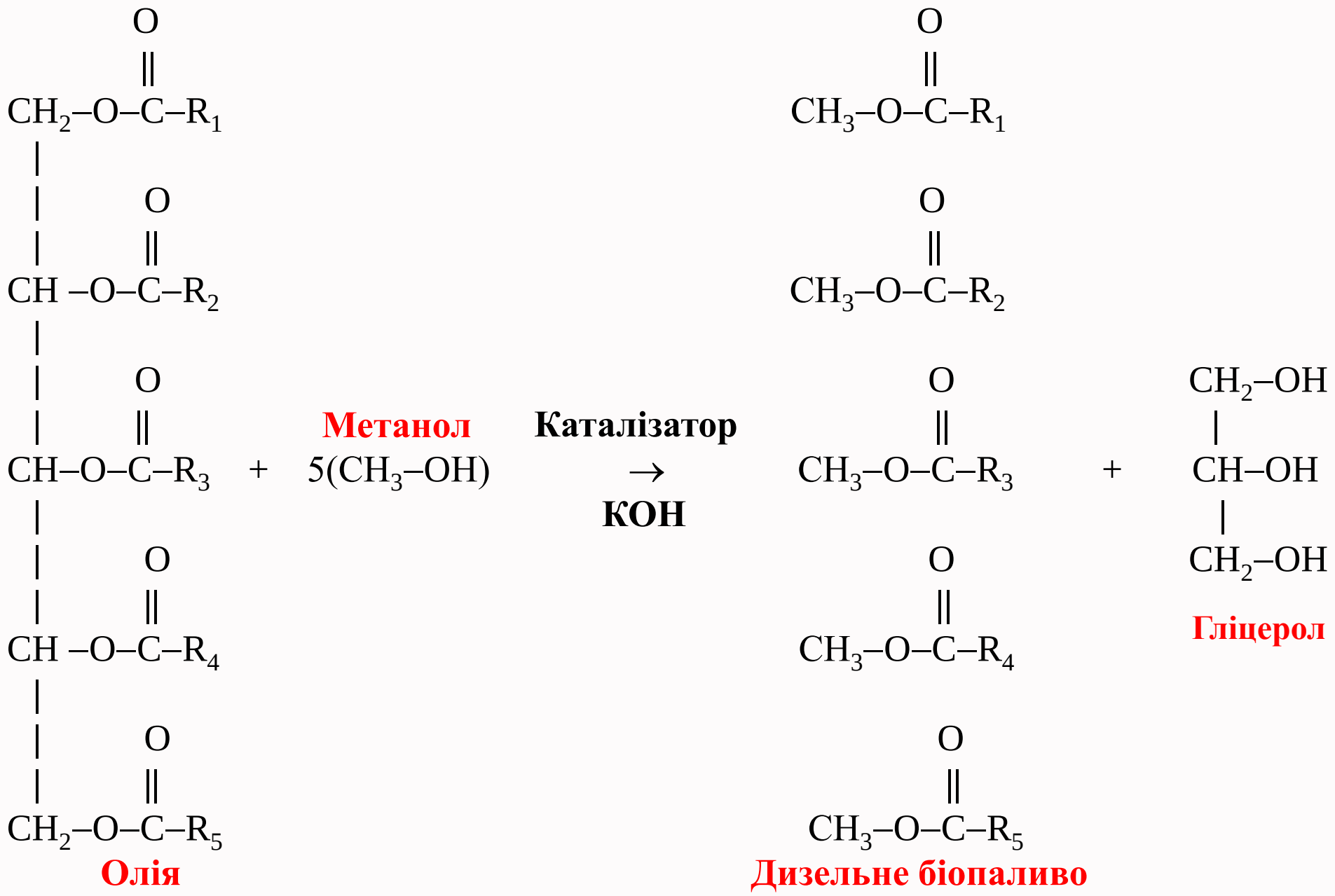
Спрощена формула реакції переетерифікації тригліцеридів (олії):

100 кг олії + 10 кг метилату калію → 100 кг дизельного біопалива + 10 кг гліцеролу (осад)

Метанол, також відомий як **метиловий спирт,** є хімічною речовиною з формулою CH_3OH. Метанол **токсичний** для людини.

Гідроксид калію (90%) – біла тверда речовина у вигляді пластівців.

Реакція переетерифікації олії:



Основні типи ланцюгів жирних кислот рослинних олій і тваринних жирів

(Ю.Г. Сухенко, В.Ю. Сухенко, Л.В. Марцинкевич, О.О. Твердохліб. Технологічні особливості виробництва біодизельного пального з рослинних олій. – Харчова промисловість № 6, 2008. – с. 34-37)

R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 – ланцюги жирних кислот (ланцюжки атомів вуглецю і водню). Вони виглядають наступним чином:

ланцюг пальмітилової кислоти:

$-(CH_2)_{14}-CH_3$, молярна маса 211 кг;

ланцюг стеаринової кислоти:

$-(CH_2)_{16}-CH_3$, молярна маса 239 кг;

ланцюг олеїнової кислоти:

$-(CH_2)_7CH=(CH_2)_7CH$, молярна маса 222 кг;

ланцюг лінолевої кислоти:

$-(CH_2)_7CH=CH-CH_2-CH= CH(CH_2)_4-CH_3$, молярна маса 235 кг;

ланцюг ліноленової кислоти:

$-(CH_2)_7CH=CH-CH_2-CH= CH-CH_2-CH$, молярна маса 191 кг.

Масовий баланс реакції переетерифікації олій:

385 кг олії + 180.202 кг метилату калію (160 кг метанолу + 20.202 кг гідроокису калію) → 1393 кг дизельного біопалива + 172.202 кг осаду (152 кг гліцерол + 20.202 кг гідроокис калію)

Враховуючи, що **гідроксид калію (КОН)** має концентрацію 90%), отримуємо:

1385 кг олії + 182.4467 кг метилату калію (160 кг метанолу + 22.4467 кг гідроокису калію) → 1393 кг дизельного біопалива + 174.4467 кг осаду (152 кг гліцерол + 22.4467 кг гідроокис калію)

Наша справжня формула реакції переетерифікації олії із **6,7% надлишком метилату калію**:

100 кг олії + 14.058 кг метилату калію (12.3284 кг метанолу + 1.7296 кг гідроокису калію) → 100.5776 кг дизельного біопалива + 13.4804 кг осаду (11.7508 кг гліцерол + 1.7296 кг гідроокис калію)

Розрахунок реагентів для переетерифікації олії при виробництві дизельного біопалива (на 1 л олії)

Густина олії	кг/л	0.94
Кількість олії	л	**1.0**
	кг	0.94
Потреба в **метилаті калію** (**1 л метанолу + 100 г гідроксиду калію):** $KOH+CH_3OH=CH_3OK+H_2O$	мл/л олії	150
	л/л олії	0.15
	л/кг олії	0.159574
	кг/кг олії	**0.13885**
Співвідношення метанол/гідроксид калію (КОН)	одиниць	10
	%	**12.62626**
Потреба в **гідроксиді калію (КОН)**	**кг/кг олії**	**0.015566**
	%	1.556611
Потреба в **метанолі**	л/кг олії	0.155661
	кг/кг олії	**0.123284**
	%	**12.32836**

ПОТЕНЦІАЛ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ІЗ ОЛІЇ, ВИРОБЛЕНОЇ З ВІДХОДІВ ЗЕРНА В Україні

Олійна культура	Загальне виробництво, тис. т	Вихід:						Осяг виробництва дизельного біопалива
		зернових відходів		олійної маси із зернових відходів		олії із зернових відходів		
		%	тис. т	%	тис. т	%	тис. т	тис. т
Соняшник	11181,1	7	782,7	20	156,5	60	93,9	79,8
Соя	3930,6	3	117,9	20	23,6	60	14,2	12,0
Ріпак	1737,6	3	52,1	20	10,4	60	6,3	5,3
Всього	16849,3		952,7		190,5		114,3	**97,2**

Зерновідходи утворюються під час очищення зерна.
Кількість зерновідходів становить від 3 до 7 відсотків.
Кількість олійної маси із зерновідходів становить 20 відсотків.
Кількість олії від маси олії становить 60 відсотків.
Кількість дизельного біопалива із олії становить 85 відсотків.
Загальне виробництво дизельного біопалива із зерновідходів в Україні може становити близько 100 тис. тон.

Споживання дизельного палива в Україні становить 1 300 000 тон.

Виробництво дизельного біопалива із зернових відходів може закрити потребу в дизельному паливі, яке використовується в аграрному виробництві, на **6-7%**.

ПОТЕНЦІАЛ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ІЗ ОЛІЇ, ВИРОБЛЕНОЇ З ВІДХОДІВ ЗЕРНА В Туреччині

Олійна культура	Загальне виробництво, тис. т	Вихід:						Осяг виробництва дизельного біопалива
		зернових відходів		олійної маси із зернових відходів		олії із зернових відходів		
		%	тис. т	%	тис. т	%	тис. т	тис. т
Соняшник	1800	7	126	20	25.2	60	15.1	12.85
Соя	85	3	2.6	20	0.5	60	0.3	0.26
Ріпак	60	3	1.8	20	0.4	60	0.2	0.18
Всього	1945		130.4		26.1		15.6	**13.29**

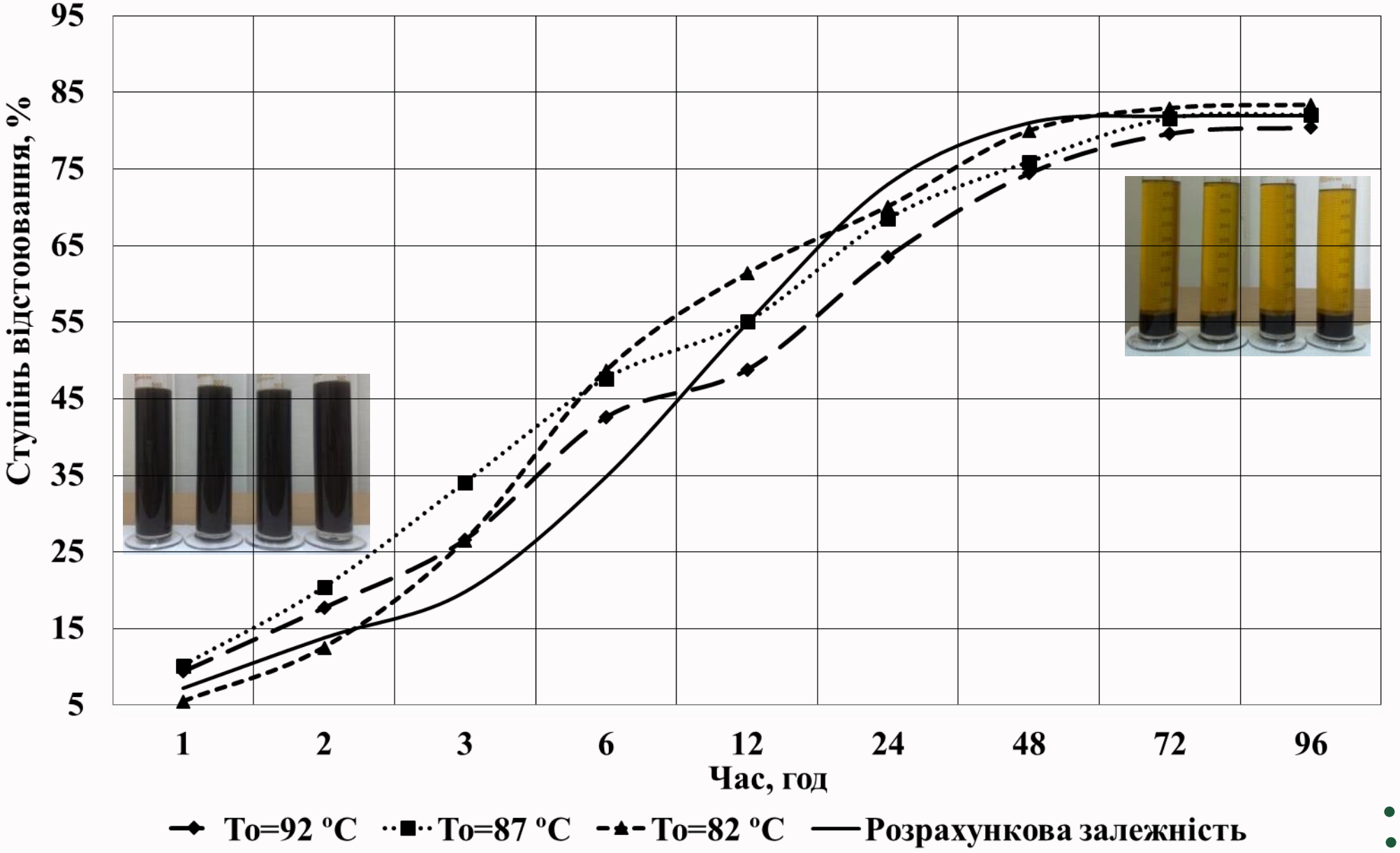
Зерновідходи утворюються під час очищення зерна.
Кількість зерновідходів становить від 3 до 7 відсотків.
Кількість олійної маси із зерновідходів становить 20 відсотків.
Кількість олії від маси олії становить 60 відсотків.
Кількість дизельного біопалива із олії становить 85 відсотків.
Загальний обсяг виробництва дизельного біопалива з відходів зерна в Туреччині може скласти близько 12,5 тис. тонн.

Споживання дизельного біопалива в Туреччині становить 1 096 580 тонн.

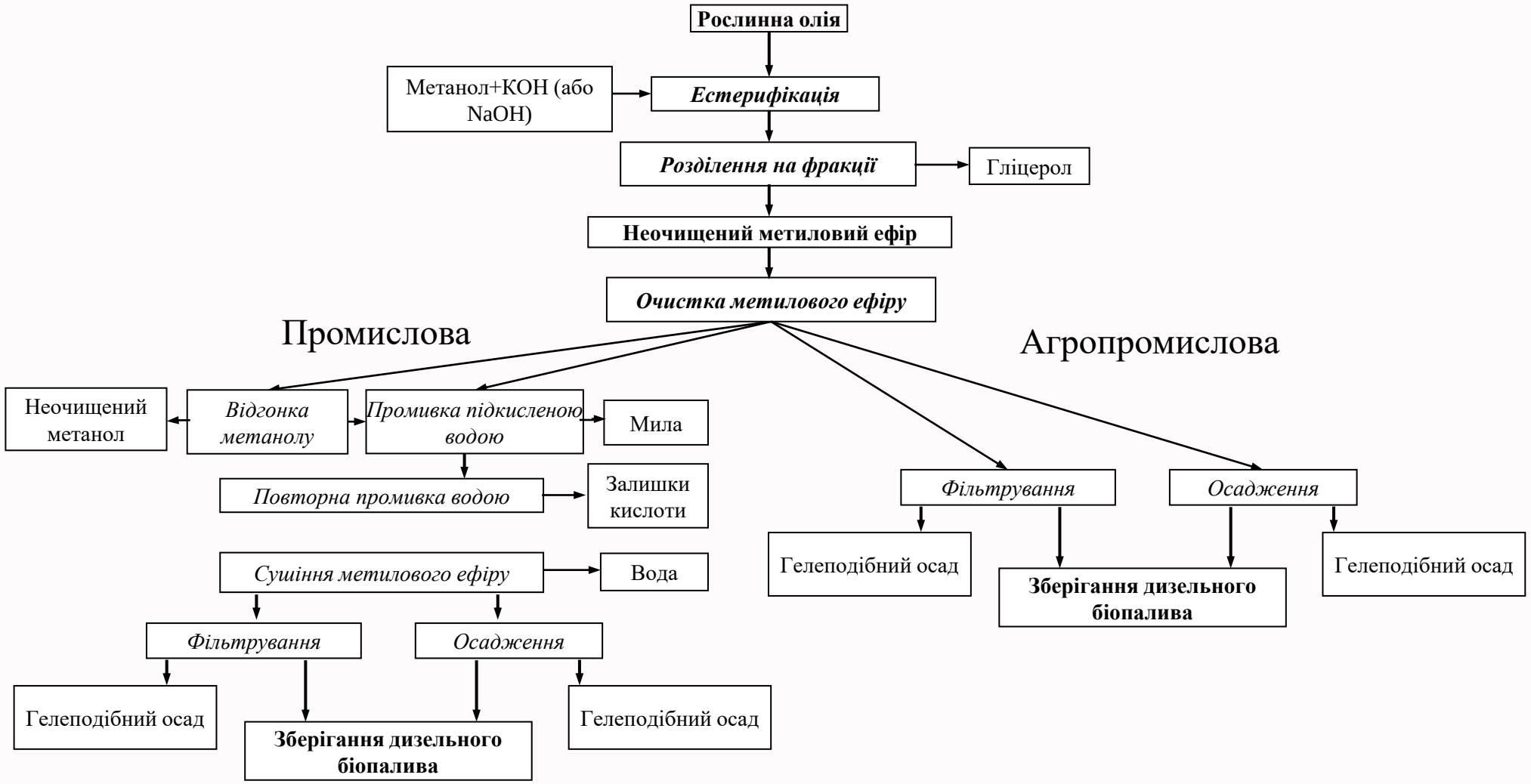
Виробництво дизельного біопалива із зернових відходів може закрити потребу в дизельному паливі, яке використовується в аграрному виробництві, на **1-2%**.

1. ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ ТА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

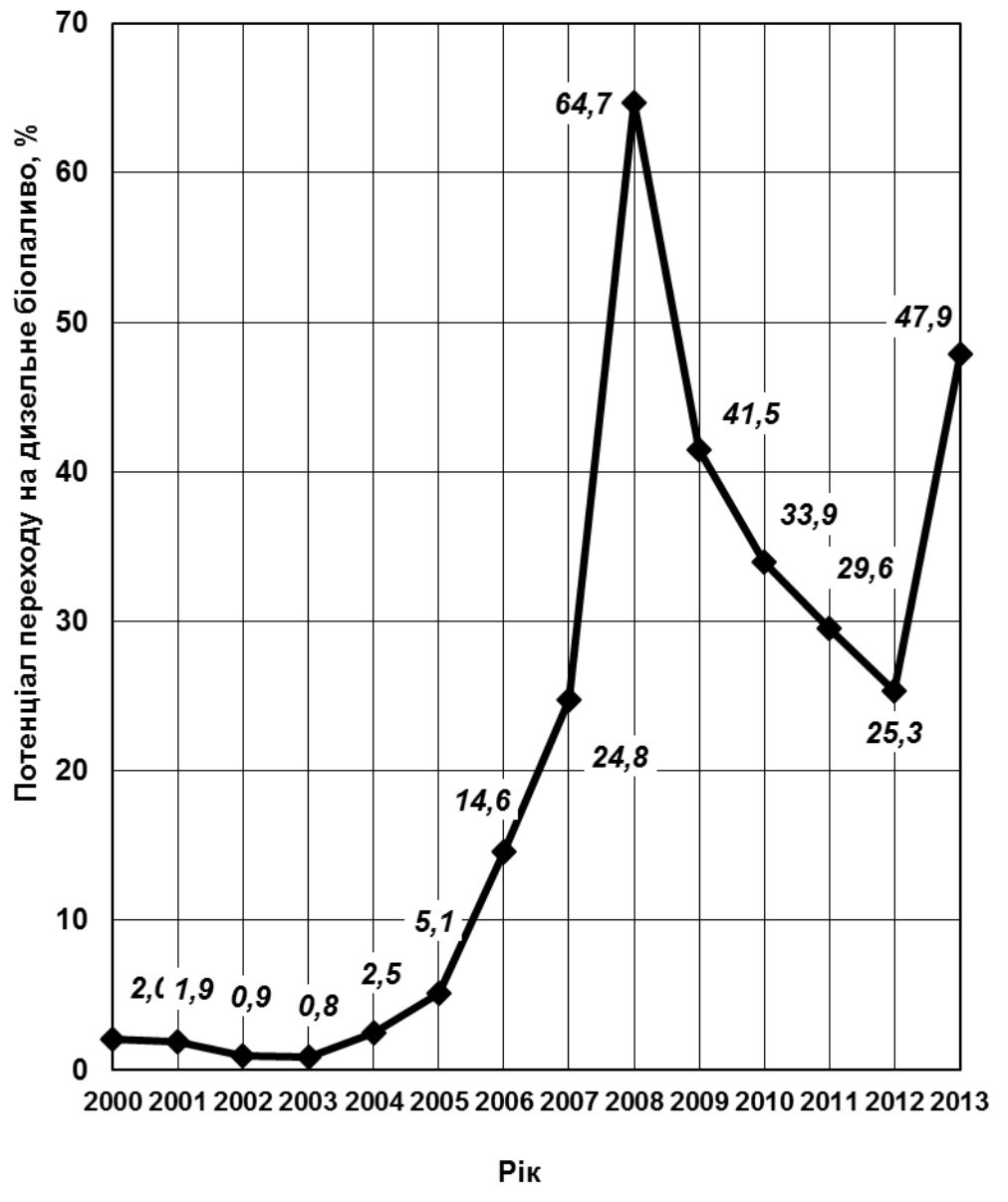
ЗАЛЕЖНІСТЬ ВИХОДУ ОЛІЇ ВІД ЧАСУ ВІДСТОЮВАННЯ

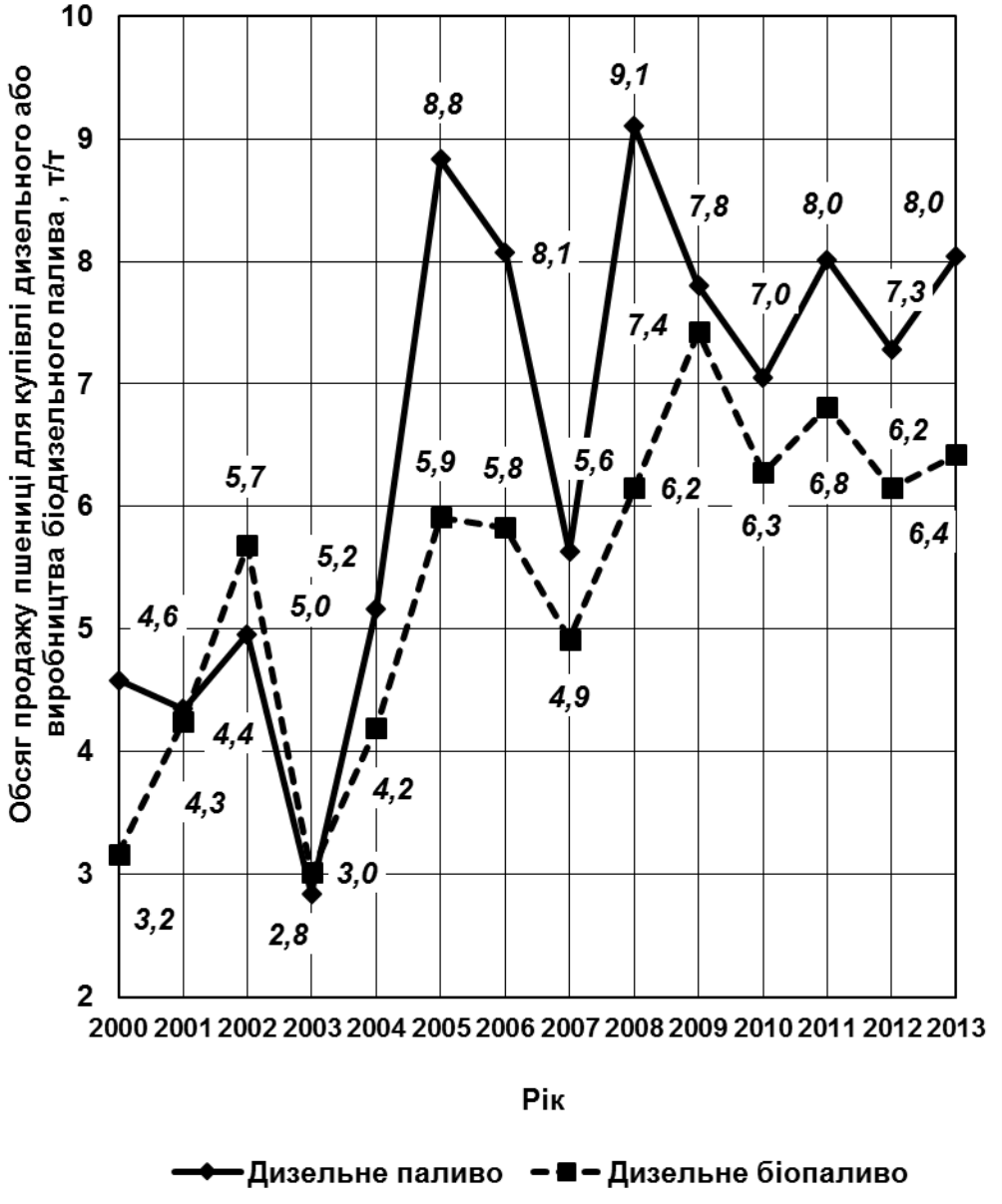


ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА



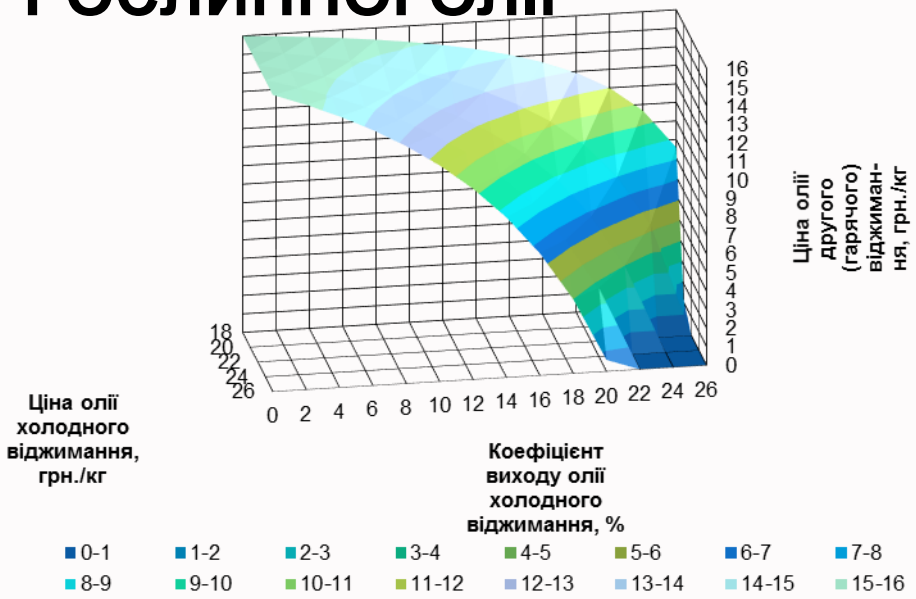
МОЖЛИВИЙ ПОТЕНЦІАЛ ПЕРЕХОДУ І ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

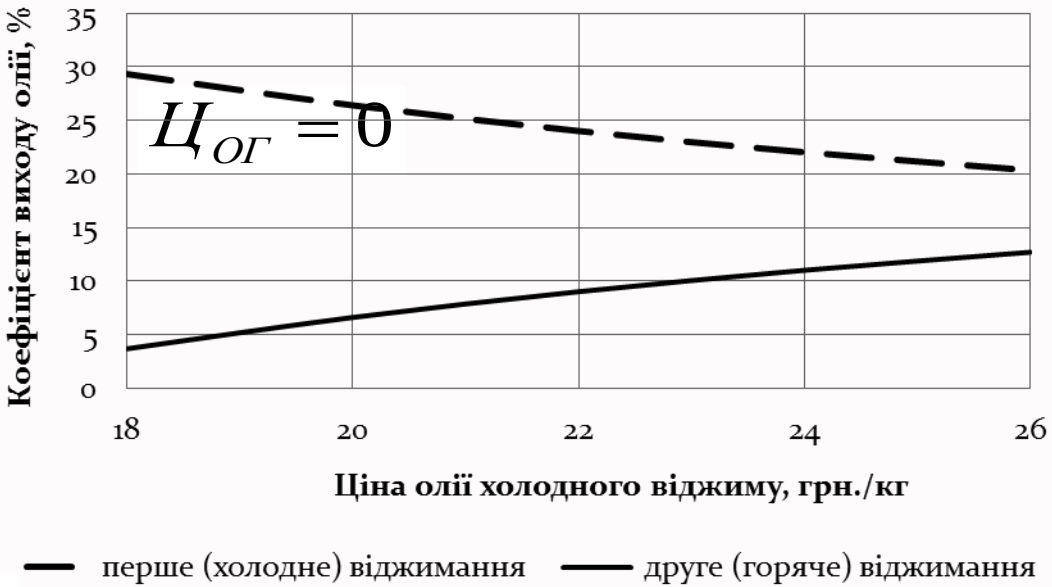


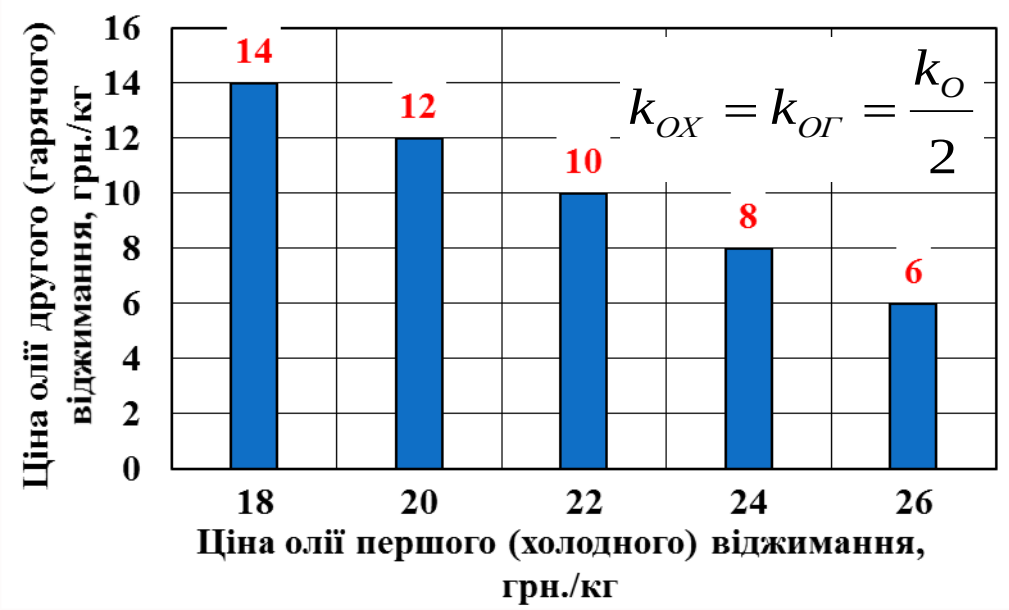


ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ПО ЕКВІВАЛЕНТУ ЗЕРНА РІПАКУ

2. ОЦІНКА СИРОВИННОЇ БАЗИ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ПРИ ДВОХСТУПІНЧАТОМУ ВІДЖИМАННІ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ



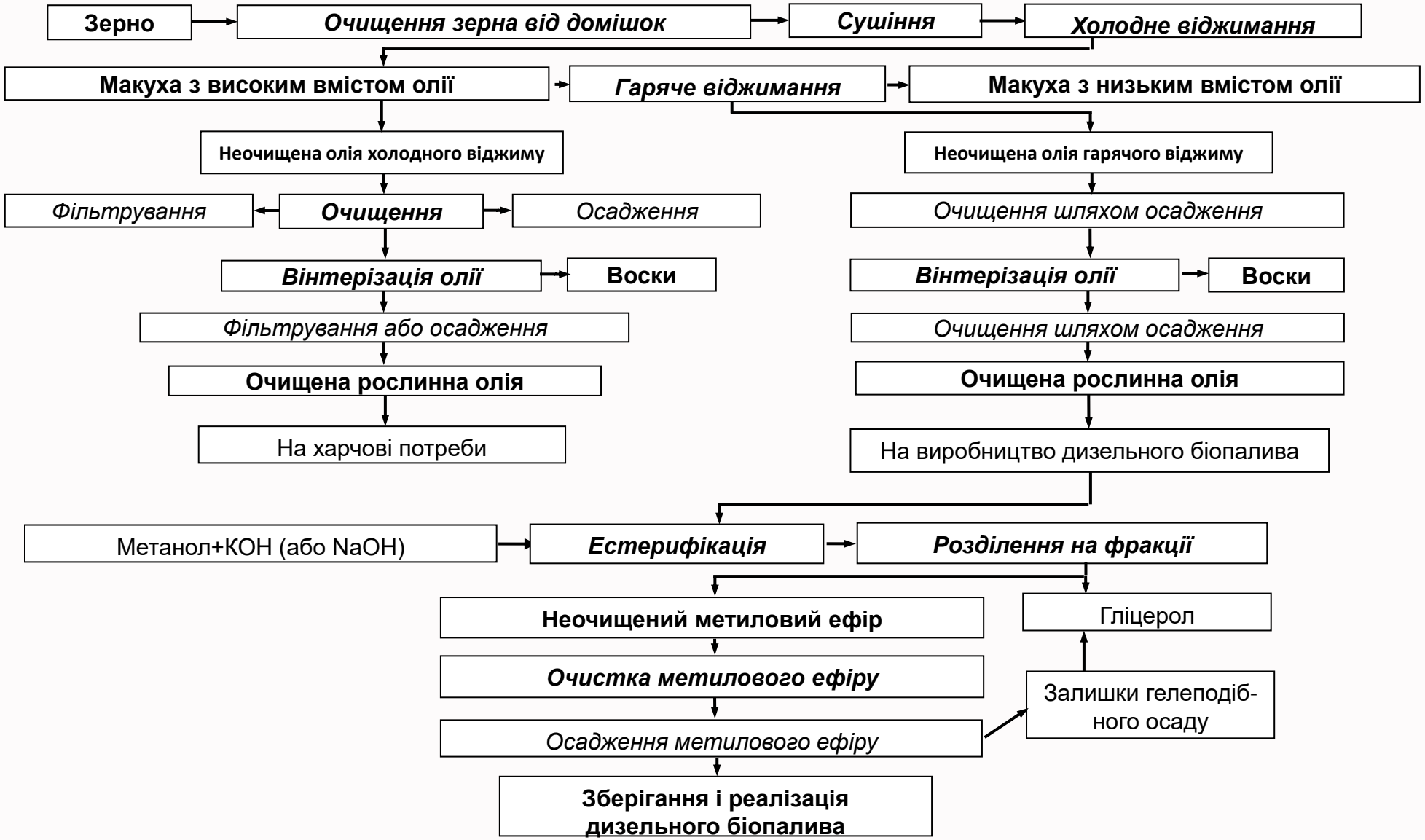




При загальній ціні олії 16 грн./кг та однакових коефіцієнтах виходу олії першого (холодного) та другого (гарячого) віджимання та при ціні олії першого (холодного) віджимання 18 грн./кг, ціна олії другого (гарячого) віджимання складе 14 грн./кг, аналогічно, при ціні олії першого (холодного) віджимання 26 грн./кг, ціна олії другого (гарячого) віджимання складе 6 грн./кг.

$$Ц_{ОГ} = 2Ц_O - Ц_{OX}$$

СХЕМА АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ ХОЛОДНОГО ВІДЖИМУ ТА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ІЗ ОЛІЇ ГАРЯЧОГО ВІДЖИМУ



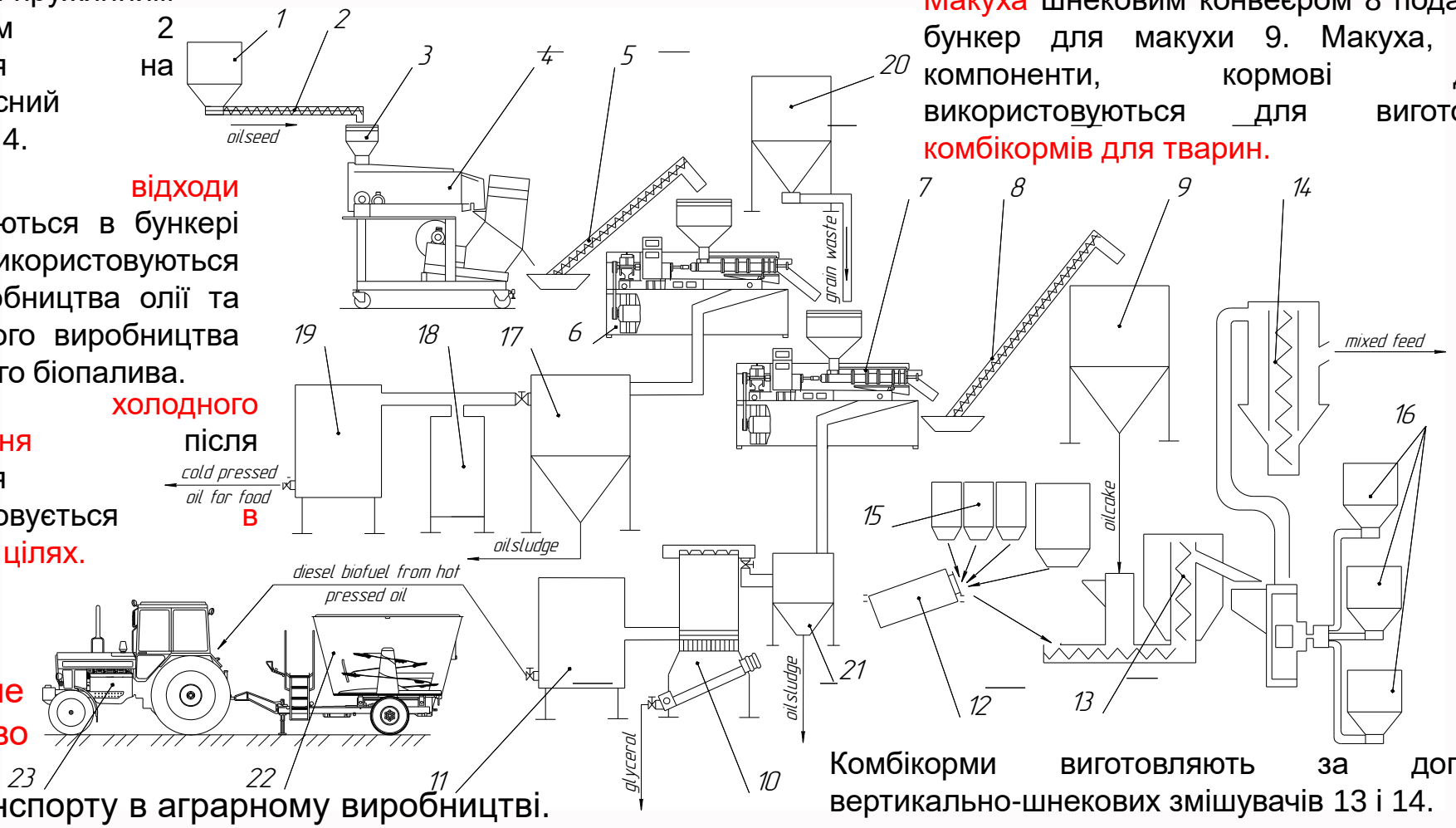
ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ОЛІЇ, КОМБІКОРМІВ ТА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Олійне зерно із бункера 1 пружинним конвеєром 2 подається на зерноочисний комплекс 4.

Зернові відходи накопичуються в бункері 20 і використовуються для виробництва олії та подальшого виробництва дизельного біопалива.

Олія холодного віджимання після очищення використовується в харчових цілях.

Макуха шнековим конвеєром 8 подається в бункер для макухи 9. Макуха, зернові компоненти, кормові добавки використовуються для виготовлення комбікормів для тварин.

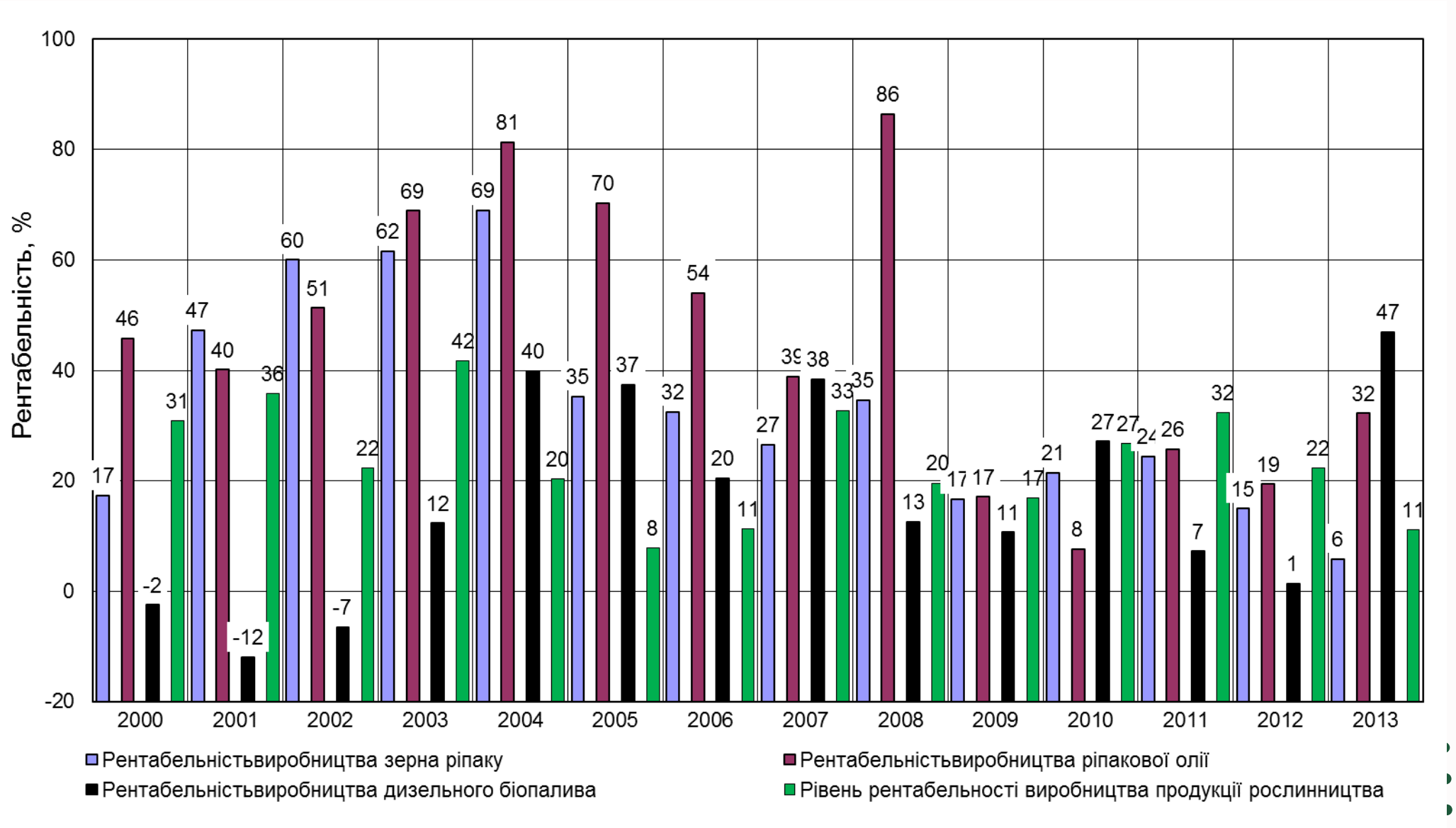


Дизельне біопаливо для транспорту в аграрному виробництві.

Комбікорми виготовляють за допомогою вертикально-шнекових змішувачів 13 і 14.

1, 3, 9, 16 – бункери для насіння олійних культур, макухи та зернових компонентів; 2 – пружинний транспортер; 4 – зерноочисний комплекс; 5, 8 – шнекові транспортери; 6, 7 – шнекові прес-екструдери холодного та гарячого пресування; 10 – обладнання для виробництва дизельного біопалива; 11, 15, 19, 20 – ємності для зберігання дизельного біопалива, кормових добавок, олії харчової та зернових відходів; 12 – змішувач мікродобавок; 13, 14 – вертикально-шнековий змішувач добавок і комбікормів; 17, 21 – відбірник олії; 18 – кристалізатор

РЕНТАБЕЛЬНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА, ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА, РІПАКОВОЇ ОЛІЇ ТА ЗЕРНА РІПАКУ



3. ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД УСТАНОВКИ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ПРОДУКТИВНІСТЮ 1000 Т/РІК УВМЕ-1000

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА УБ-ТР-20 ПРОДУКТИВНІСТЮ 5 Л/ГОД.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ЕКО-БІО ПРОДУКТИВНІСТЮ 100 Л/ГОД

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ЛВБД-ЕКО-БІО ПРОДУКТИВНІСТЮ 300 Т/РІК

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД РЕАКТОРА-ВІДСТІЙНИКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ПРОДУКТИВНІСТЮ 45 Л/ГОД.

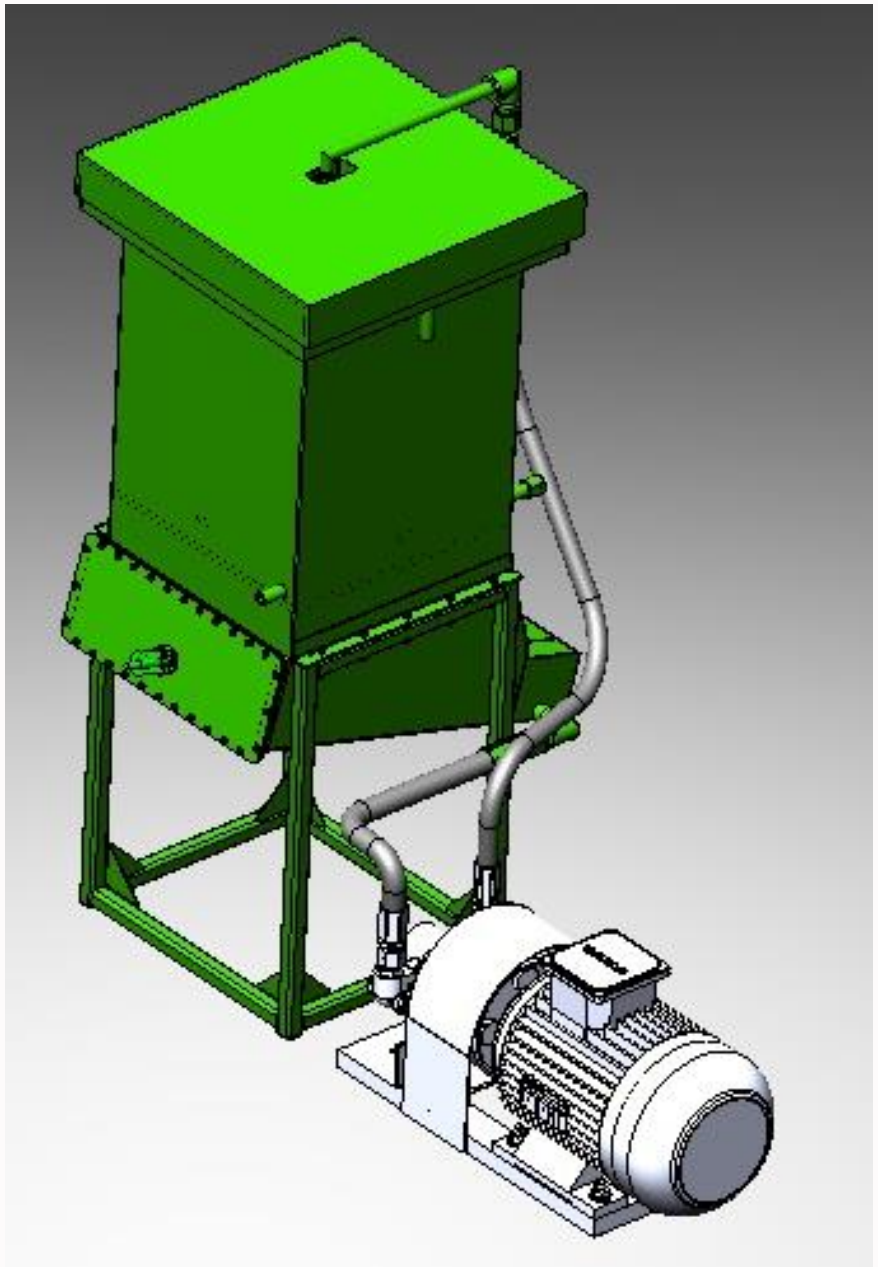
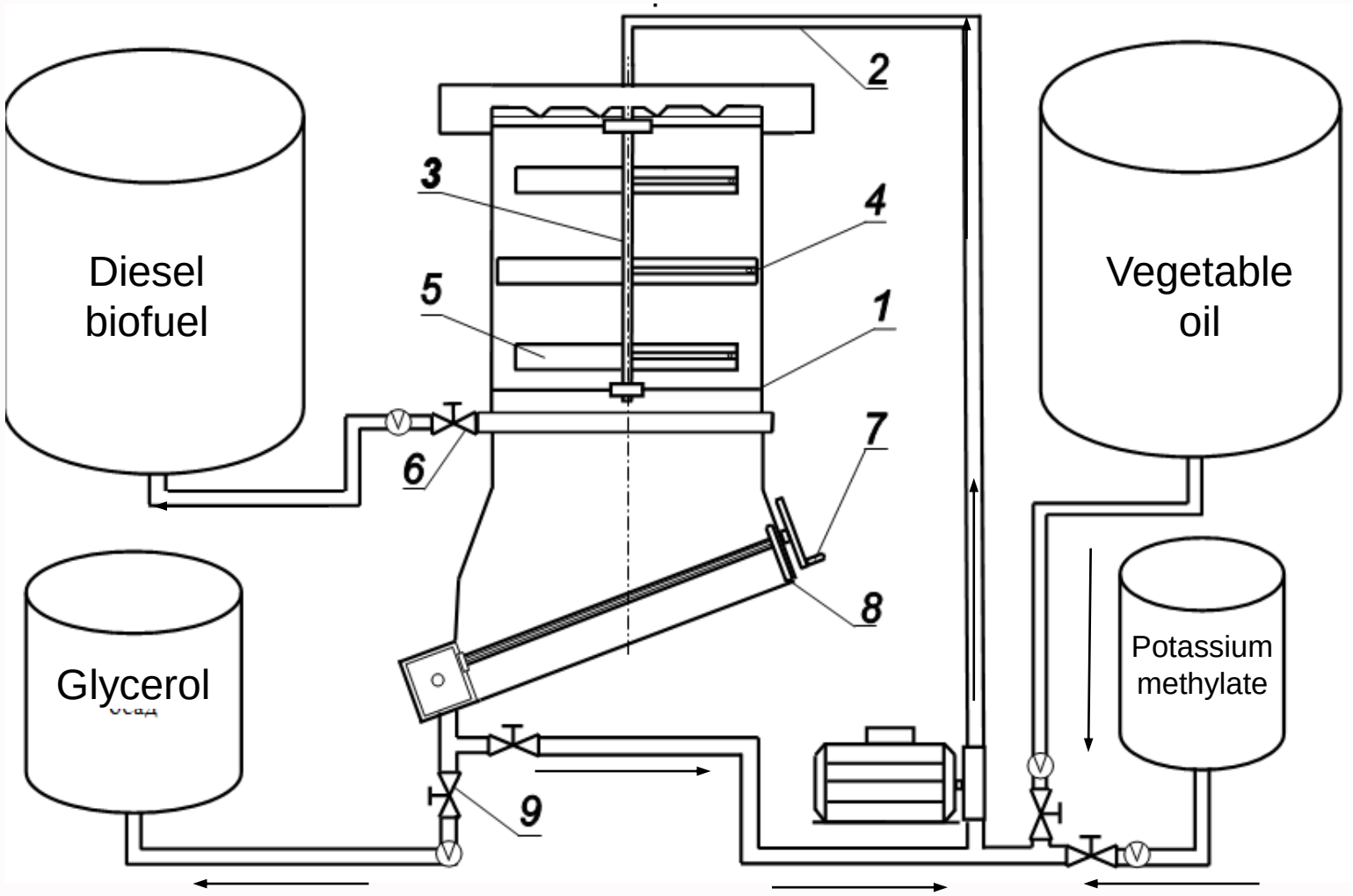
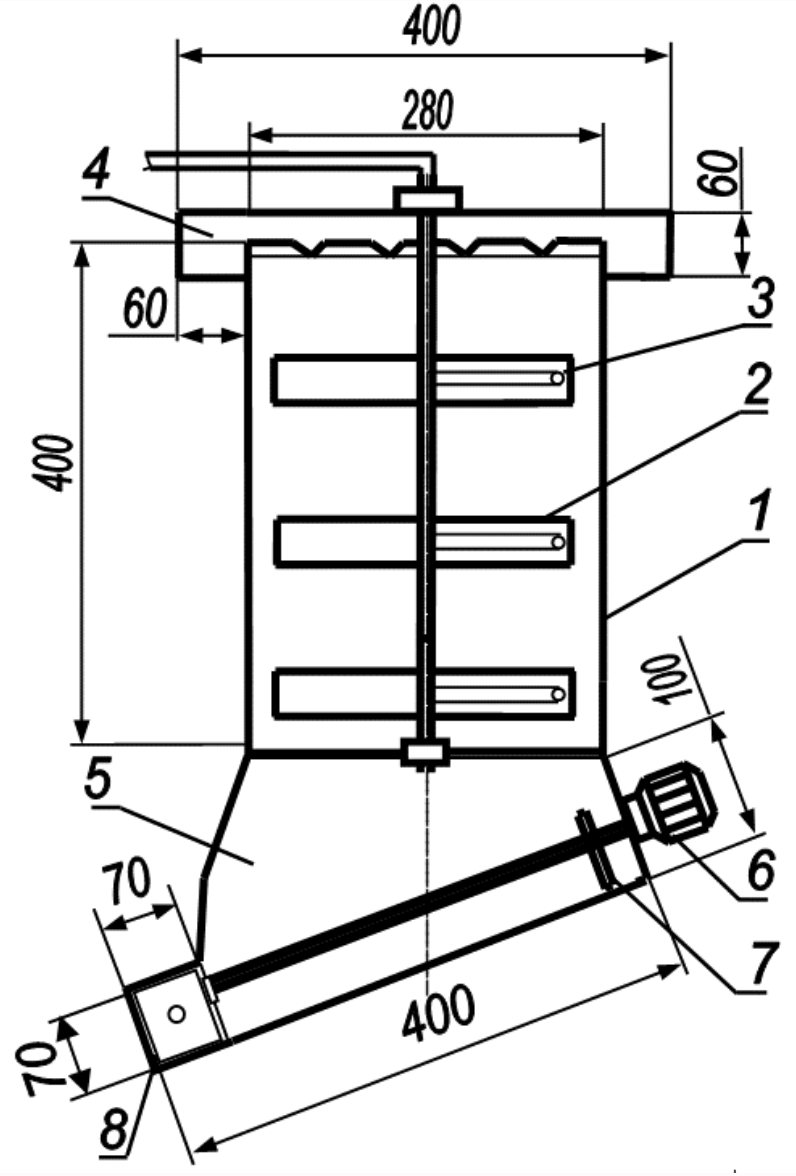


СХЕМА РЕАКТОРА-ЕСТЕРИФІКАТОРА ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ



1 – корпус гравітаційного розділювача; 2 – патрубок підведення емульсії; 3 – гідромеханічна мішалка; 4 – форсунка; 5 – лопатка; 6 – кран для відведення дизельного біопалива; 7 – механізм видалення гліцеринового осаду; 8 – скребок для видалення гліцеринового осаду; 9 – кран для видалення гліцеринового осаду

Схема експериментальної моделі гідромеханічного змішувача



1 – корпус реактора; 2 – гідромеханічний змішувач; 3 – форсунки; 4 – кришка реактора; 5 – камера для накопичення осаду; 6 – електродвигун; 7 – скребок; 8 – камера для видалення осаду

Визначення реактивної сили потоку

$d(m_A v_A) = F_R dt$ –другий закон Ньютона

де m_A – маса, кг; v_A – швидкість, м/с;
F_R – реактивна сила, Н; t – час, с;
dm_A – зміна маси, кг; dt – зміна часу, с.

Якщо $v_A = const, v_A dm_A = F_R dt,$ тоді $F_R = \frac{dm_A}{dt} v_A$

$\frac{dm_A}{dt} = q_A = const$ – зміна потоку маси через форсунки, кг/с.

У нашому випадку $F_R = \frac{dm_A}{dt} v_A = q_A v_A = \rho q_V \frac{q_V}{S} = \rho \frac{q_V^2}{S}$

де ρ – густина рідини, кг/м^3;
q_V – об'ємний потік рідини через форсунки, м^3/с;
S – загальна площа перерізу форсунок, м^2.

Реактивна сила потоку з використанням шестерінчастого масляного насоса

У випадку використання шестерінчастого масляного насоса $q_V = \frac{q_P n_P}{60} 10^{-6}$,

де q_P – питома продуктивність шестерінчастого масляного насоса, см^3 за оберт;

n_P – частота обертання шестерінчастого масляного насоса, об/хв.

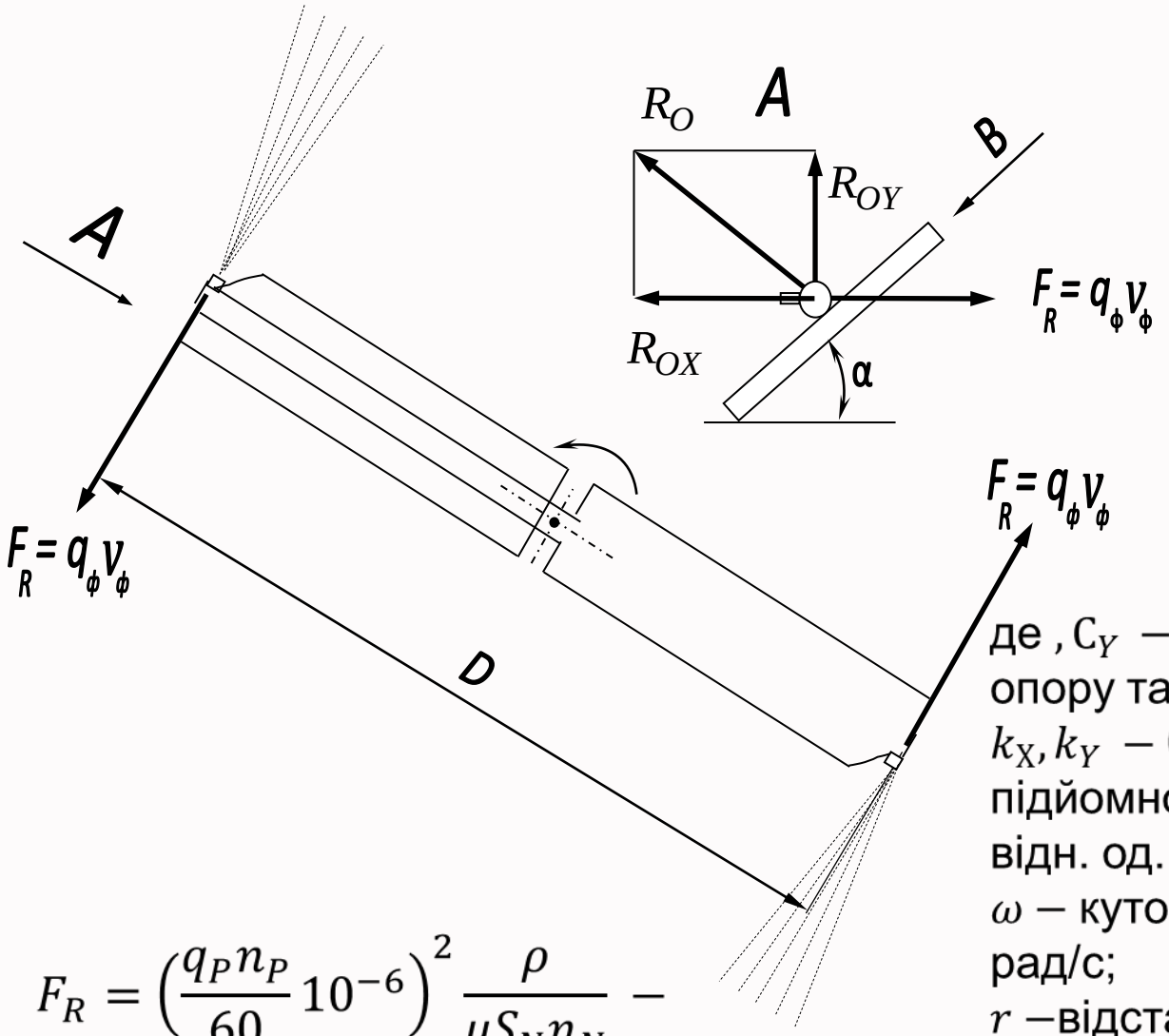
Загальний переріз форсунок $S = \mu S_N n_N$,

де μ – редукційний фактор перерізу форсунки, відн. од.;

S_N – фактична площа перерізу форсунки, м^2;

n_N – кількість форсунок, шт.

Схема взаємодії лопатей гідромеханічного змішувача з емульсією в процесі перемішування



$$F_R = \left(\frac{q_P n_P}{60} 10^{-6}\right)^2 \frac{\rho}{\mu S_N n_N} -$$

реактивна сила

Складові повної аеродинамічної сили з урахуванням обертального руху лопатей можна записати так:

$$R_{OX} = k_X C_X \frac{\rho v^2}{2} A = k_X C_X \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} A$$

$$R_{OY} = k_Y C_Y \frac{\rho v^2}{2} A = k_Y C_Y \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} A$$

де , C_Y – коефіцієнти відповідно лобового опору та підйомної сили лопатки, відн. од.;

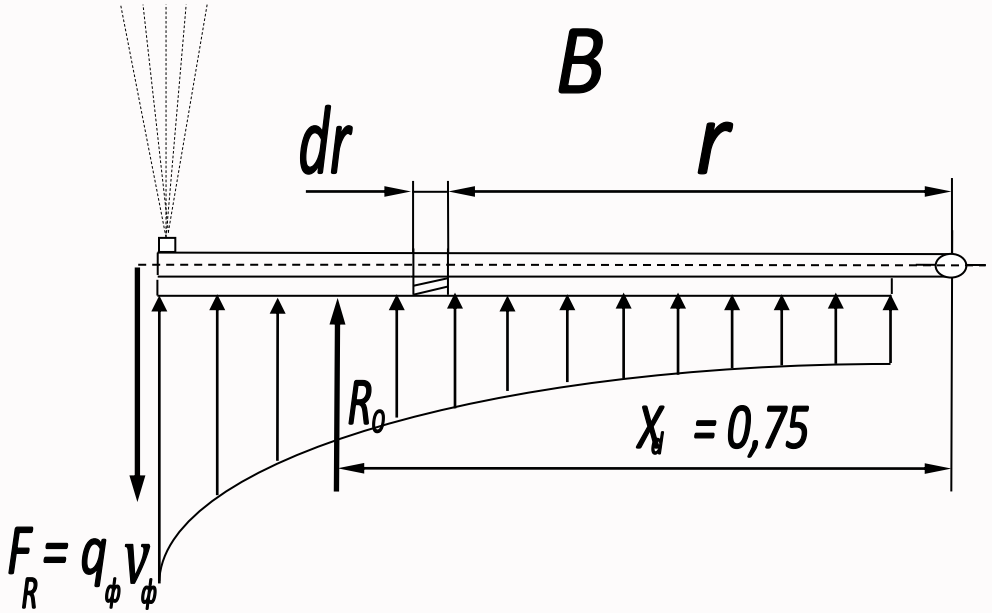
k_X, k_Y – безрозмірні коефіцієнти зміни підйомної сили лопатки та лобового опору, відн. од.;

ω – кутова швидкість обертання лопаток, рад/с;

r –відстань від центру обертання до точки прикладення сил, м;

A –площа лопатки, м^2.

Динаміка гідромеханічного лопатевого змішувача



Значення моменту опору в залежності від радіуса обертання лопаті:

$$M_R = C_X k_X \frac{\rho\omega^2}{8} h r_{\max}^4$$

де r_{max} – максимальний радіус лопатки, м;
h –ширина лопаток, м.

Маємо можливість скласти диференціальне рівняння, яке описує динаміку гідромеханічного лопатевого змішувача і має такий вигляд:

$$J\frac{d\omega}{dt} = \left(\frac{q_H n_H}{60}10^{-6}\right)^2 \frac{\rho}{\mu S_\Phi n_\Phi}\sum_{i=1}^{n} r_{\Phi i} - C_X k_X \frac{\rho\omega^2}{8} h \sum_{i=1}^{n} r_{\max i}^4$$

де J – момент інерції гідромеханічної лопатевої мішалки, кг м^2;
r_{Ai} –радіус установки *i*-ої форсунки, м; t – час перемішування, с.

Кутова швидкість обертання гідромеханічної лопатевої мішалки

Розв’язок диференціального рівняння дозволив отримати рівняння для визначення динаміки зміни кутової швидкості обертання гідромеханічного лопатевого змішувача у такому вигляді:

$$\omega = \sqrt{\frac{a}{b}} \frac{\left[\frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}\omega_{\Pi}}{\sqrt{a} - \sqrt{b}\omega_{\Pi}} \exp\left(2t\sqrt{ab}\right) - 1 \right]}{\left[1 + \frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}\omega_{\Pi}}{\sqrt{a} - \sqrt{b}\omega_{\Pi}} \exp\left(2t\sqrt{ab}\right) \right]}.$$

де w_{Π} – початкова кутова швидкість обертання лопаток, рад/с;

$$a = \frac{1}{J}\left(\frac{q_H n_H}{60} 10^{-6}\right)^2 \frac{\rho}{\mu S_{\Phi} n_{\Phi}} \sum_{i=1}^{n} r_{\Phi i}$$ – відношення крутного моменту до моменту інерції гідромеханічної мішалки;

$$b = \frac{1}{J} C_X k_X \frac{\rho}{8} h \sum_{i=1}^{n} r_{\max i}^4$$ – відношення моменту опору до моменту інерції гідромеханічної мішалки.

Криві прискорення гідромеханічного лопатевого змішувача в залежності від частоти обертання насоса при куті лопатей 60º

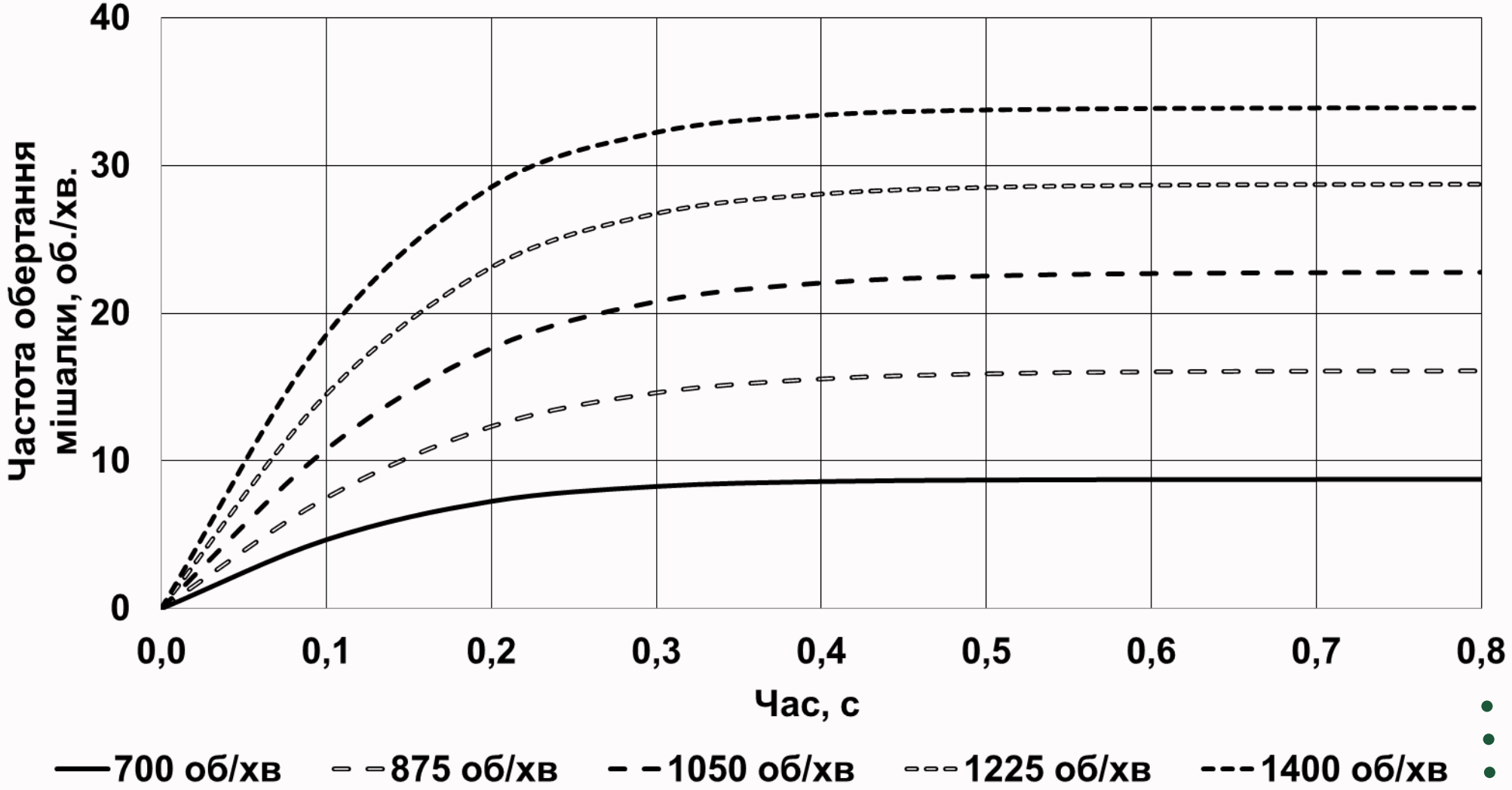
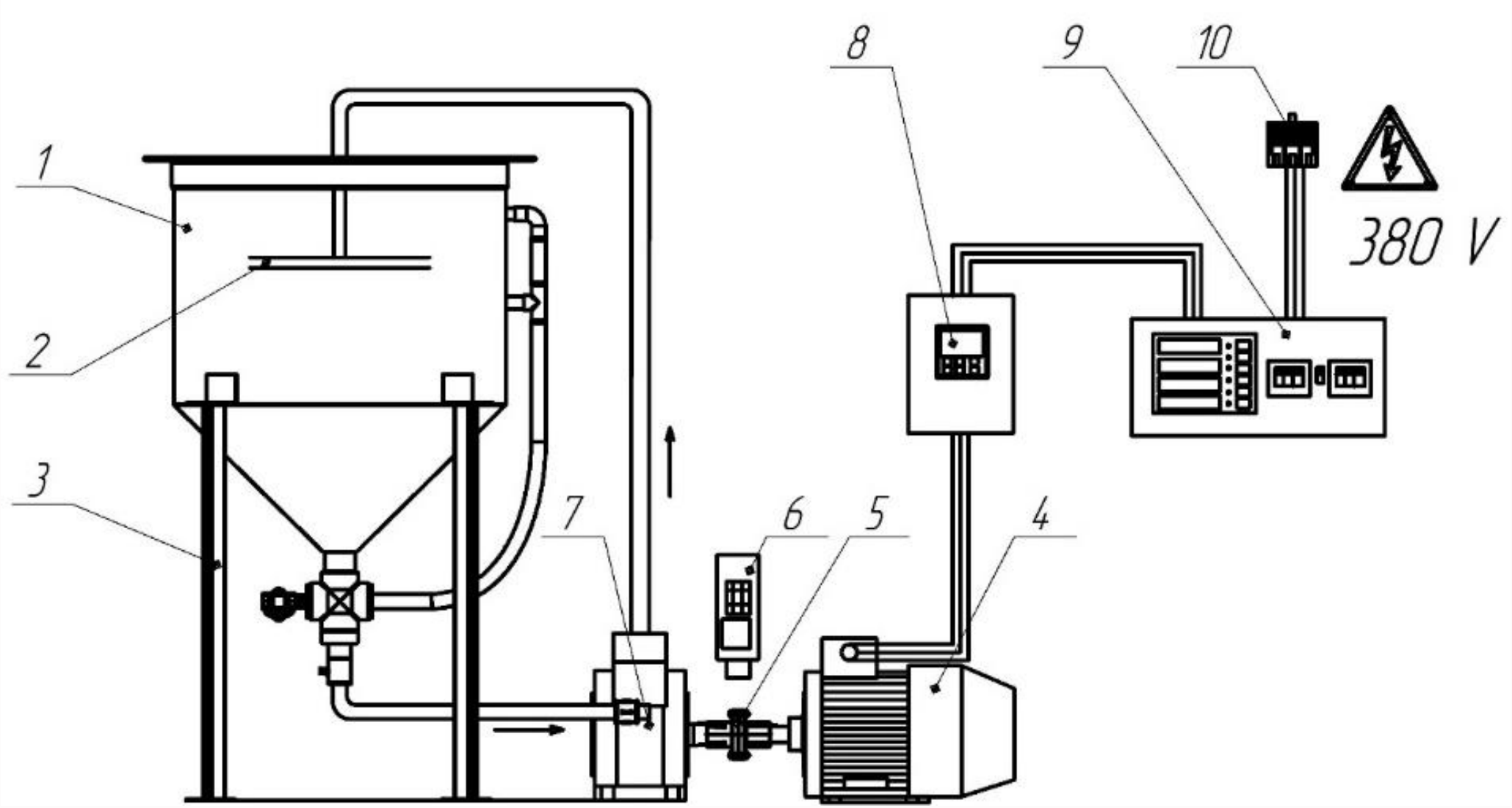
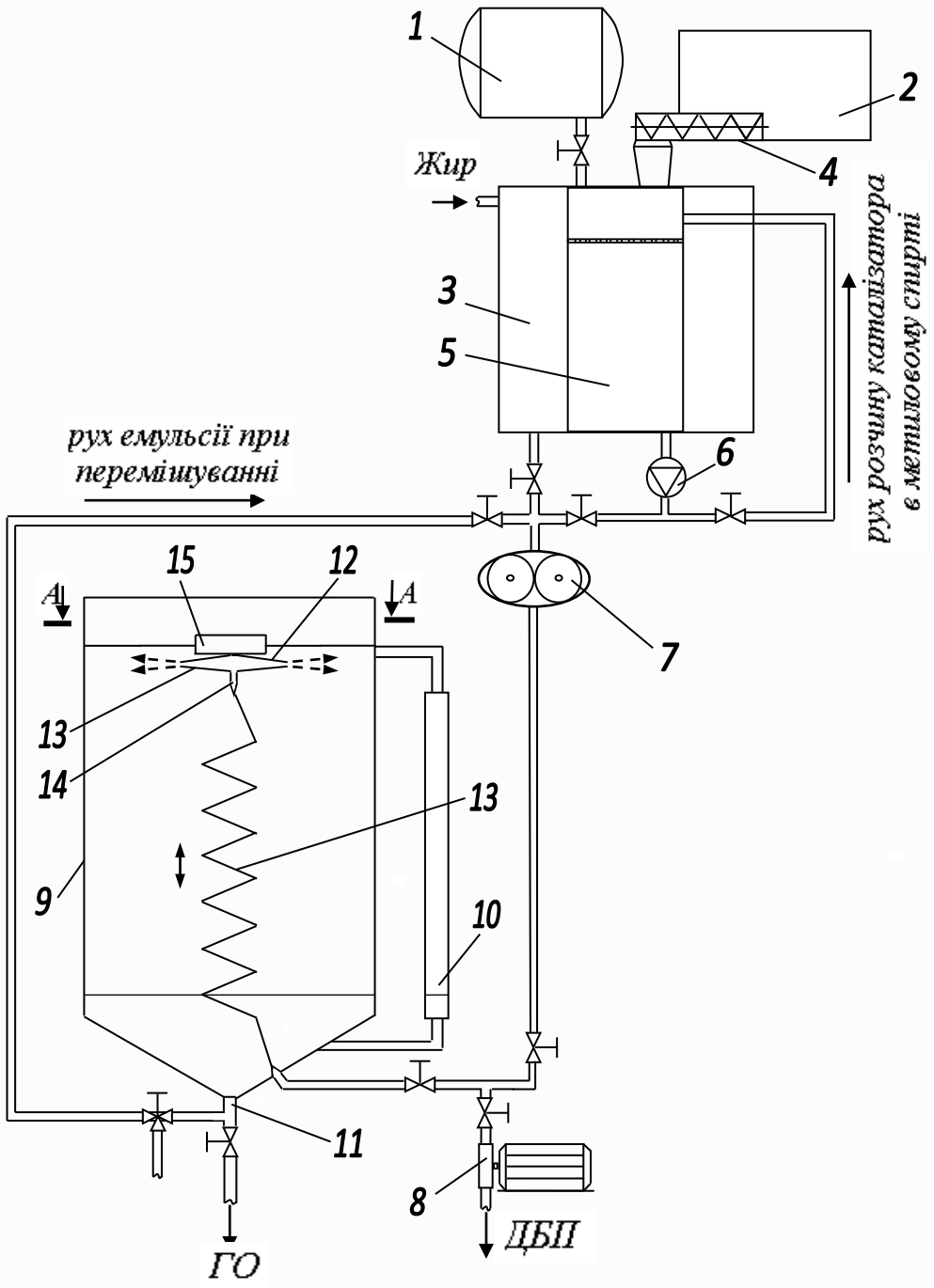


СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА



1 – циркуляційний реактор; 2 – дискова форсунка; 3 – рама; 4 – електродвигун; 5 – муфта; 6 – оптичний тахометр; 7 – шестеренчастий насос; 8 – частотний перетворювач; 9 – аналізатор параметрів мережі; 10 – джерело живлення

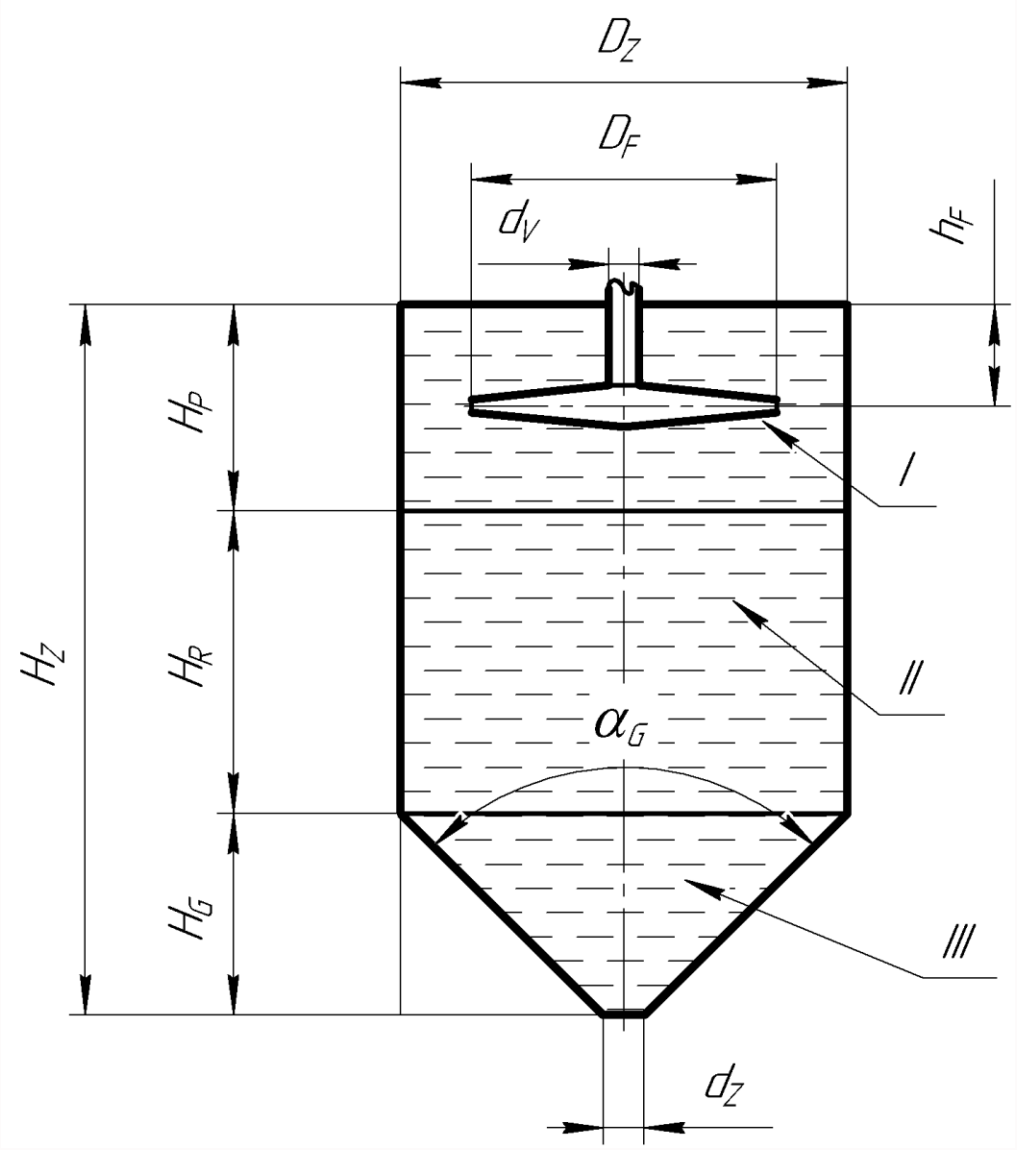


Обладнання для виробництва дизельного біопалива, що містить контейнери метилового спирту 1, каталізатора 2 та жиру 3, дозатор 4 каталізатора, ємність 5 для розчинення каталізатора, яка розміщена в середині контейнера для жиру 3 і має решітку для утримання каталізатора, насоси для циркуляції і подачі розчину каталізатора в метиловому спирті 6, для циркуляції і подачі емульсії 7 та для відкачування дизельного біопалива 8, гравітаційний розділювач 9, оснащений прозорим мірним пристроєм 10, патрубками для перемішування емульсії та відведення гліцеринового осаду 11, пристроєм для турбулізації емульсії, який виконано у вигляді верхньої 12 та нижньої 13 частин, встановлених таким чином, щоб при перекачуванні емульсії утворювався круговий потік емульсії у верхній частині гравітаційного розділювача 9, а також із можливістю переміщення у вертикальній площині по осі гравітаційного розділювача 9, причому пристрій для турбулізації емульсії суміщений із патрубком 14 для підводу емульсії та відведення дизельного біопалива, який виконано таким чином, щоб забезпечити подачу емульсії у пристрій для турбулізації емульсії і відведення дизельного біопалива із цього пристрою, причому пристрій для турбулізації емульсії суміщено з поплавковим пристроєм 15, а його верхня 12 та нижня 13 частини виконані у вигляді конусів без дна, які суміщені один із одним своїми основами таким чином, що утворюють щілину для виходу кругового потоку емульсії, а патрубок 14 для підводу емульсії та відведення дизельного біопалива встановлено по центру нижньої 13 конусної частини пристрою для турбулізації емульсії, причому сам пристрій для турбулізації емульсії прикріплено по центру поплавкового пристрою 15 верхньою 12 конусною частиною.

Обладнання для виробництва дизельного біопалива працює наступним чином: до ємності 5 для розчинення каталізатора, яка розміщена в середині контейнера 3 для жиру і має решітку для утримання каталізатора, із контейнера 1 метилового спирту подається метиловий спирт. Каталізатор із контейнера 2, дозатором 4, подається в ємність 5 для розчинення каталізатора. Насос 6 для циркуляції і подачі розчину каталізатора в метиловому спирті забезпечує повне розчинення каталізатора в метиловому спирті. Насос 7 для циркуляції і подачі емульсії подає жир із контейнера 3 для жиру і одночасно розчин каталізатора в метиловому спирті через патрубок 14 для підводу емульсії та відведення дизельного біопалива в гравітаційний розділювач 9. Під час перемішування емульсії, насос 7 для циркуляції і подачі емульсії, через патрубок 11 для перемішування емульсії та відведення гліцеринового осаду забирає емульсію із нижньої частини гравітаційного розділювача 9 і підводить її до патрубка 14 для підводу емульсії та відведення дизельного біопалива та пристрою для турбулізації емульсії. Утримання кругового потоку емульсії у верхній частині гравітаційного розділювача 9 забезпечується за рахунок того, що щілина, утворена суміщеними одна із одною основами конусів пристрою для турбулізації емульсії та патрубок 14 для підводу емульсії та відведення дизельного біопалива прикріплені до поплавкового пристрою 15. Після повного проходження естерифікації жиру отримана емульсія залишається у гравітаційному розділювачі 9 до повного розділення на фракції дизельного біопалива та гліцеринового осаду. Відкачування дизельного біопалива за допомогою насоса 8 здійснюється через щілину пристрою для турбулізації емульсії, патрубок 14 для підводу емульсії та відведення дизельного біопалива. Автоматичне відкачування дизельного біопалива із верхнього шару у гравітаційному розділювачі забезпечується за рахунок того, що щілина пристрою для турбулізації емульсії та патрубок 14 для підводу емульсії та відведення дизельного біопалива прикріплені до поплавкового пристрою 15. Гліцериновий осад відводиться із гравітаційного розділювача 9 через патрубок 11. Контроль за процесом виробництва дизельного біопалива та зливом гліцеринового осаду здійснюється за допомогою прозорого мірного пристрою 10.

Технічне рішення дозволяє забезпечити спрощення конструкції обладнання при забезпеченні показників якості дизельного біопалива, а також автоматичне відкачування дизельного біопалива із верхнього шару у гравітаційному розділювачі.

Схема та експериментальна модель дискового насадкового змішувача



I – зона змішування; II – зона реакції; III – зона відстоювання гліцерину

H_Z – висота реактора, м; H_P – висота зони змішування, м; H_R – висота зони реакції, м; H_G – висота осідання гліцерину, м; D_Z – робочий діаметр реактора, м; D_F – діаметр форсунки; h_F – висота установки форсунки, м; d_V – діаметр вхідного отвору форсунки, м; d_Z – діаметр отвору для прокачування емульсії, м

Рівняння течії як різниця кінетичних енергій в кільцевих елементах на початку і в кінці течії

Характер течії емульсії при швидкості потоку 2,08 м/с, зазорі між сопловими дисками 2 мм і швидкості обертання 1400 хв$^{-1}$

Характер течії емульсії при швидкості потоку 1,66 м/с, зазорі між сопловими дисками 2 мм і частоті обертання 850 хв$^{-1}$

$$\frac{m_0\upsilon_0^2}{2}-\frac{m_x\upsilon_x^2}{2}=\sum A_o-\sum A_x$$

υ_0 – осьова швидкість емульсії на початку течії, м/с;
υ_x – осьова швидкість емульсії в кінці потоку, м/с;
m_0 – маса кільцевої емульсії на початку потоку, кг;
m_x – маса кільцевої емульсії в кінці потоку, кг;
ΣA_0 – робота на початку потоку емульсії, Дж;
ΣA_x – робота в кінці потоку емульсії, Дж.

$$\frac{m_0\upsilon_0^2}{2}-\frac{m_x\upsilon_x^2}{2}=l_0\left(F_{p0}+F_{o0}+F_{t0}\right)-\left(l_x+l_0\right)\left(F_{px}+F_{ox}+F_{tx}\right)$$

$$\upsilon_0=\frac{Q_0\eta_f}{\pi D_f h_o}$$

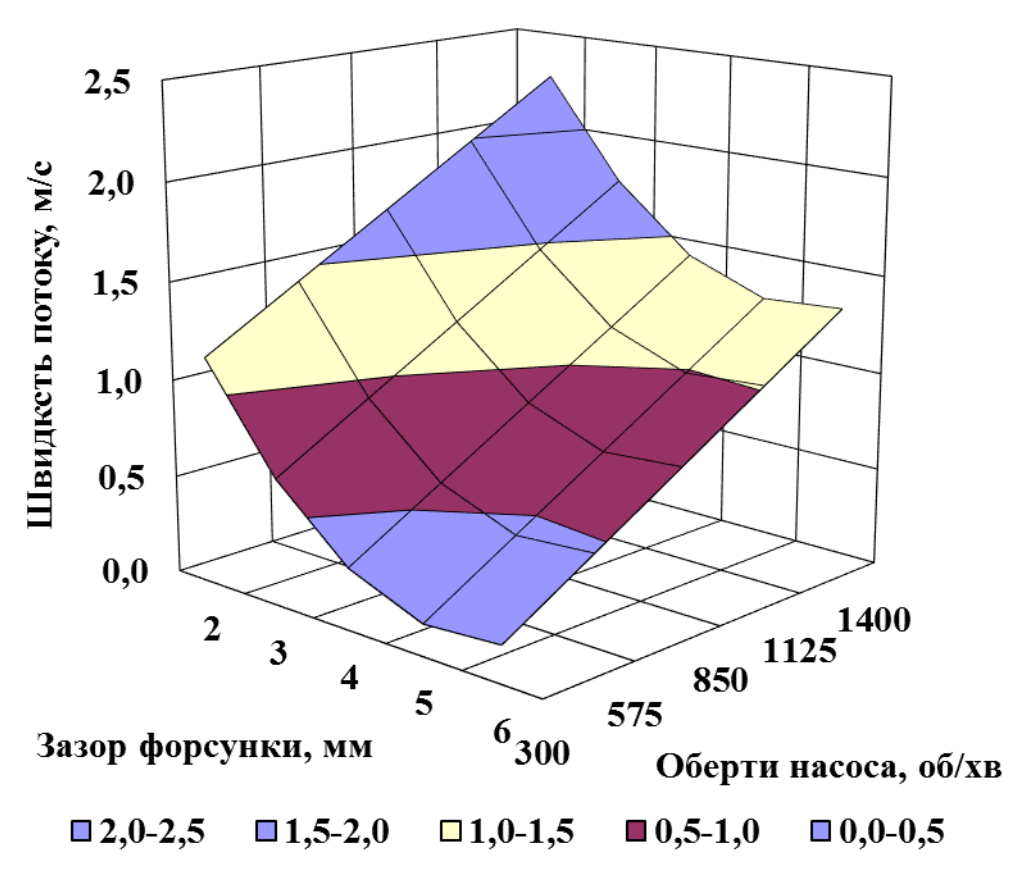
$$\upsilon_x=\sqrt{\frac{m_0\upsilon_0^2-2\begin{pmatrix}l_0\left(F_{p0}+F_{o0}+F_{t0}\right)-\\-\left(l_x+l_0\right)\left(F_{px}+F_{ox}+F_{tx}\right)\end{pmatrix}}{m_x}}$$

$$Q_0=q_o n_g$$

q_o – робочий об'єм гідронасоса, м^3;
n_g – частота обертання насоса, с$^{-1}$.

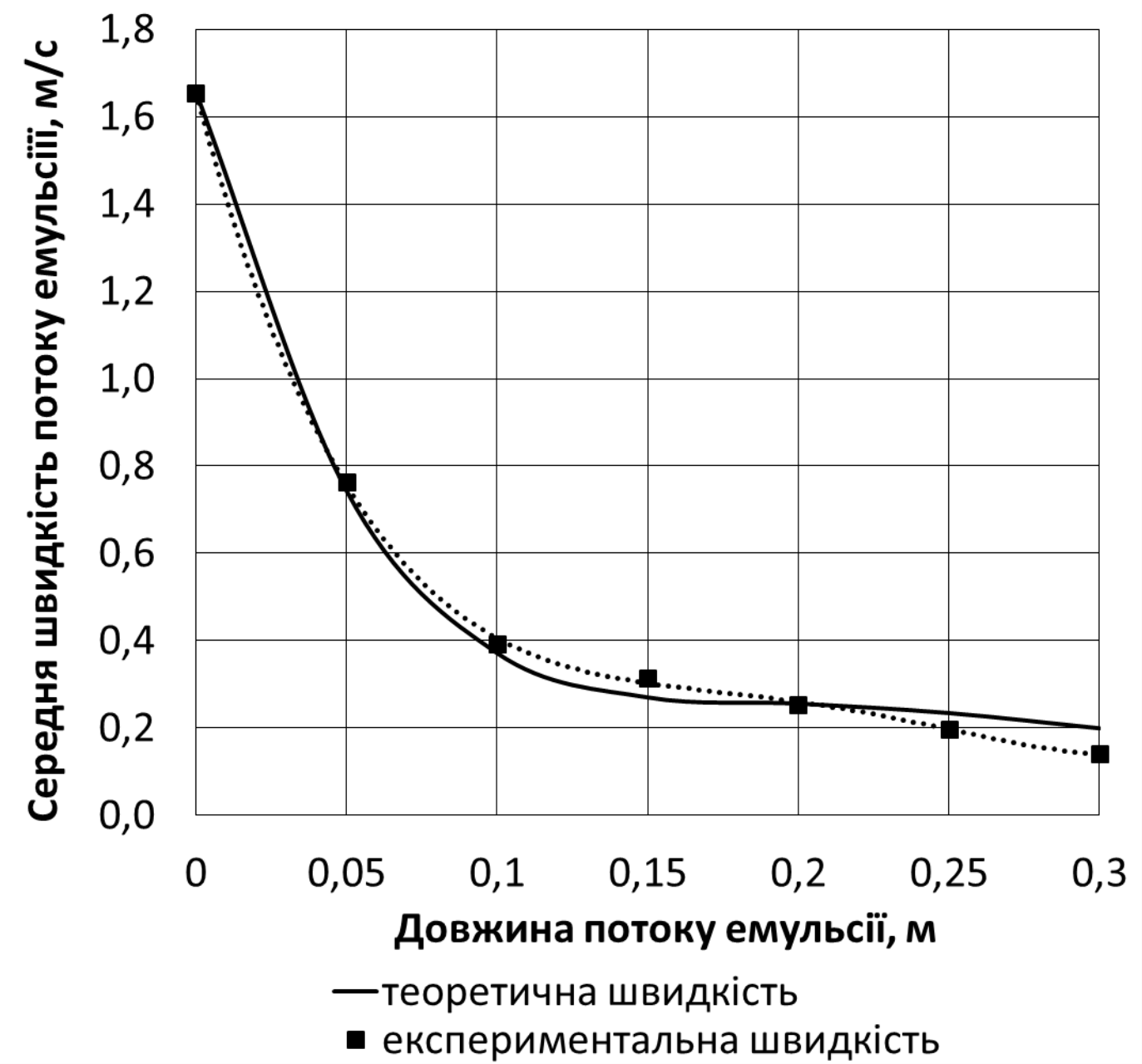
Експериментальне дослідження дискової форсунки

Залежність витрати емульсії на виході із форсунки від частоти обертання насоса гідростанції та зазору між дисками форсунки



Залежність споживання електроенергії гідроелектростанцією при роботі дискової форсунки від обертів двигуна насоса

Зміна середньої витрати по довжині потоку



Наприклад, при зазорі форсунки 2 мм глибина занурення форсунки під вільну поверхню становила 47 мм і частоті обертання насоса гідростанції 850 хв$^{-1}$ (подача насоса 0,0014 м^3/мм). Швидкість потоку на початку становила 1,65 м/с і зменшувалася до 0,14 м/с на відстані 30 см від краю сопла. Це повністю відповідає теоретичним дослідженням.

ОСНОВНІ ФОРМУЛИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Оцінку якості дизельного біопалива доцільно визначати за наступним виразом:

$$П_Я = \alpha(\nu_Ф > \nu_Н; \frac{\nu_Ф - \nu_Н}{\nu_Н}; 0) + \beta(T_{СФ} < T_{СН}; \frac{T_{СН} - T_{СФ}}{T_{СН}}; 0)$$

де $П_Я$ – показник величини відхилення фактичних значень якості дизельного біопалива від нормативних (узагальнений показник якості), %; α – вагомість показника кінематичної в'язкості палива, %; $\nu_Ф$, $\nu_Н$ – фактичне і нормативне значення кінематичної в'язкості, мм^2/с; β – вагомість показника температури спалаху, %; $T_{СФ}$, $T_{СН}$ – фактичне і нормативне значення температури спалаху,°С.

Для визначення коефіцієнту виходу дизельного біопалива користуються виразом:

$$k_{ДБП} = \frac{V_{ДБП}}{V_О} 100\%$$

де $k_{ДБП}$ – коефіцієнт виходу дизельного біопалива, %; $V_{ДБП}$ – об'єм дизельного біопалива, л; $V_О$ – об'єм олії, л.

Для визначення продуктивності процесу естерифікації рослинної олії в дизельне біопаливо використовують вираз:

$$Q = \frac{V_O k_{ДБП}}{\tau_З + \tau_М + \tau_В}$$

де Q – продуктивність процесу естерифікації, м^3/год.; $k_{ДБП}$ – коефіцієнт виходу дизельного біопалива, відн. од.; $\tau_З$ – час закачування в реактор суміші рослинної олії та метилату калію, год.; $\tau_М$ – час перемішування суміші, год.; $\tau_В$ – час відстоювання суміші на дизельне біопаливо і гліцериновий осад, год.

Спожиту електроенергію визначають за виразом:

$$W = \frac{P_З \tau_З + P_М \tau_М}{1000}$$

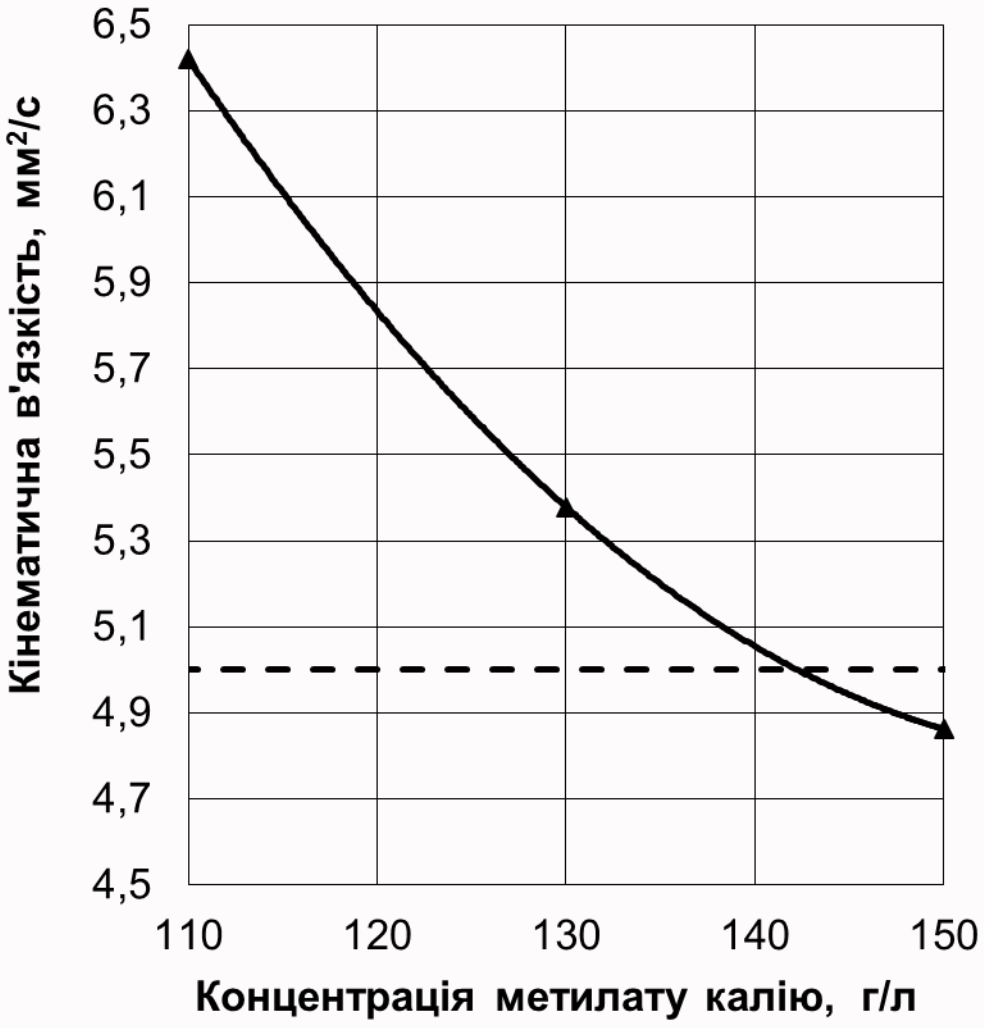
де W – спожита електроенергія, кВт год.; $P_З$ – фактична потужність насоса при закачуванні в реактор суміші рослинної олії та метилату калію, Вт; $P_М$ – фактична потужність насоса при перемішуванні суміші, Вт.

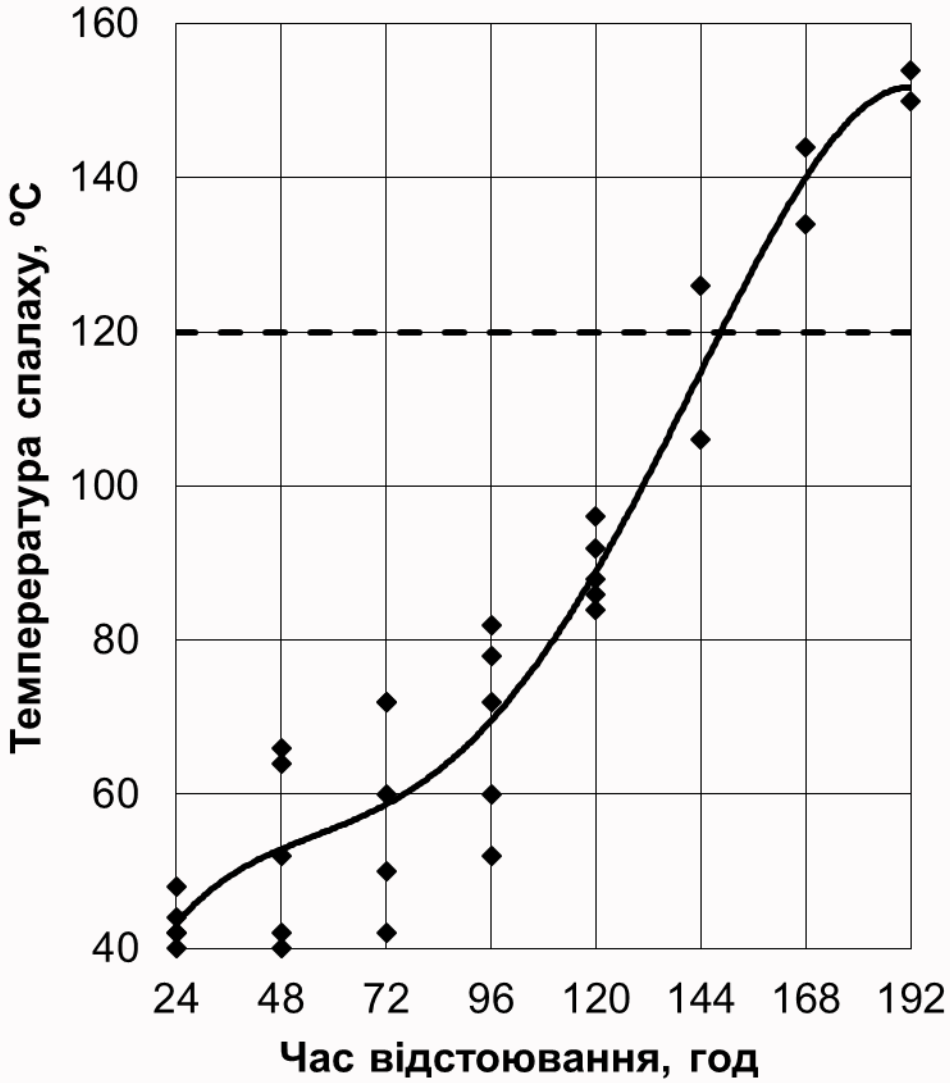
Питомі витрати електроенергії для виробництво дизельного біопалива визначають за виразом:

$$E = \frac{W}{V_{ДБП}}$$

де E – питомі витрати електроенергії, кВт год./м^3.

ВПЛИВ СЕДИМЕНТАЦІЇ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕАГЕНТІВ НА ЯКІСТЬ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА





ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА (таблиця 1)

Марка обладнання	БДУ-100	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Продуктивність	л/год.	100								
	т/рік	27,72								
Капіталовкладення	грн.	29000	33263	35558	37941	39686	40281	44500	46650	48700
Амортизаційні відрахування	%	8								
	грн./рік	2320	2661	2845	3035	3175	3222	3560	3732	3896
	грн./т	83,69	96,00	102,62	109,50	114,53	116,25	128,43	134,63	140,55
Відрахування на ТО	%	6								
	грн./рік	1740	1996	2133	2276	2381	2417	2670	2799	2922
	грн./т	62,77	72,00	76,97	82,12	85,90	87,19	96,32	100,97	105,41
Загальна потужність електрообладнання	кВт	1,0								
Коефіцієнт використання потужності	відн. од.	0,8								
Питомі витрати електроенергії	кВт-год./т	9,1								
Вартість електроенергії	грн./кВт-год.	0,43	0,52	0,60	0,73	0,73	0,79	0,92	1,25	1,53
Витрати на електроенергію	грн./т	3,88	4,73	5,44	6,66	6,66	7,20	8,40	9,30	10,10
Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1								
Місячна зарплата обслуговуючого персоналу	грн./міс.	1101	1220	1430	1791	2086	2340	2600	2800	3000
Величина відрахувань у соціальні фонди	%	37,8								
Фонд зарплати обслуговуючого персоналу	грн./рік	18206	20174	23646	29616	34494	38694	42560	46700	51240
	грн./т	656,79	727,77	853,05	1068,40	1244,38	1395,90	1535,35	1684,70	1848,48
Всього витрат	грн./т	807,13	900,50	1038,08	1266,67	1451,47	1606,53	1768,50	1929,61	2104,54
Загальновиробничі витрати	%	5								
	грн./т	40,36	45,02	51,90	63,33	72,57	80,33	88,43	96,48	105,23
Загальногосподарські витрати	%	10								
	грн./т	80,71	90,05	103,81	126,67	145,15	160,65	176,85	192,96	210,45
Питомі виробничі витрати	грн./т	928,20	1035,57	1193,79	1456,67	1669,19	1847,52	2033,78	2219,05	2420,23

ЕКОНОМІКА ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА (таблиця 2)

Вихід дизельного біопалива із олії	%	95								
Розхід ріпакової олії	т/рік	289								
Співвідношення метанолу і олії	відн. од.	0,14								
Співвідношення каталізатора і метанолу	відн. од.	0,1								
Розхід метанолу	т/рік	40,46								
Розхід каталізатора	т/рік	4,05								
Вартість метанолу	грн./т	5000	5660	6424	8011	8596	7907	8670	9230	9670
Вартість каталізатора	грн./т	17800	20150	22870	28519	30600	28148	32560	34680	36890
Вартість реактивів	грн./т	999,16	1131,05	1283,74	1600,82	1717,68	1580,01	1923,56	2156,45	2430,00
Вихід гліцерінового осаду	т/рік	59,0								
Ціна гліцерінового осаду	грн./т	1355	1534	1741	2171	2329	2143	2467	2657	2870
Вартість гліцерінового осаду	грн./т	290,97	329,38	373,84	466,18	500,21	460,12	490,34	520,89	569,72
Собівартість олії	грн./т	2930	3857	4516	6197	6494	5814	6579	7893	9345
Вартість олії	грн./т	3085	4060	4754	6524	6836	8750	9950	12406	14854
Собівартість виробництва ДБП	грн./т	4721	5897	6858	9115	9722	11717	13417	16261	19135
Густина ДП	кг/м^3	840								
Вартість ДП у рік використання ДБП (наступний після виробництва ДБП рік)	грн./л	5,19	6,43	8,97	9,51	9,27	13,98	14,67	16,45	19,48
	грн./т	6175	7653	10683	11326	11034	16640	17464	19583	23190
Теплотворна здатність ДП	МДж/кг	42								
Теплотворна здатність ДБП	МДж/кг	37								
Прибуток від виробництва ДБП	грн./т	842	991	2936	1028	50	3402	2307	1213	1574
Прибуток від використання ДБП після оподаткування	грн./т	589	694	2055	720	35	2382	1615	849	1102
Рентабельність виробництва	%	12,5	11,8	30,0	7,9	0,4	20,3	12,0	5,2	5,8
Термін окупності обладнання	років	1,78	1,73	0,62	1,90	40,55	0,61	0,99	1,98	1,59
Середнє значення	**років**	**5,75**								

Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякуємо!

Геннадій Голуб

gagolub@ukr.net

Савелій Кухарець

kikharets@gmail.com