Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ 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 4. ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

1. **Основні властивості дизельного біопалива на основі рослинних олій як моторного палива.**
2. **Експлуатаційні параметри роботи дизельного двигуна при застосуванні дизельного біопалива.**
3. **Кінематична в’язкість дизельного біопалива.**
4. **Підвищення ефективності використання дизельного біопалива.**
5. **Виробнича перевірка роботи МТА із застосуванням системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива.**
6. **Організаційні аспекти використання дизельного біопалива.**
7. **Економічна ефективність використання дизельного біопалива.**

Лабораторна робота 4: Визначити розхід палива при роботі дизельного двигуна на дизельному паливі та дизельному біопаливі.

Практична робота 4: Визначити річну потребу в дизельному біопаливі та розрахувати економічну ефективність застосування дизельного біопалива при роботі МТА.

1. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ОЛІЙ ЯК МОТОРНОГО ПАЛИВА

Характеристика	Дизельне паливо	Дизельне біопаливо	Ріпакова олія
Цетанове число, не менше	45	51	–
Густина, кг/м3	860	860–900	952
Кінематична в'язкість, мм2/с	3,0–6,0	3,5–5	78,7
Температура розгонки, °С 5% 50% 96%	 214 280 370	 326 335 341	 300 – –
Вміст води (за методом Карла Фішера), мг/кг	52	500	310
Масова частка сірки, % не більше	0,288	0,001	0,009
Температура спалаху в закритому тиглі не менше, °С	40	120	324
Гранична температура фільтрованості, °С не вище	-5	+5	–
Коксованість 10% залишку, % не більше	0,3	0,3	<0,01
Зольність, % не більше	0,01	0,02	<0,01
Вміст, % С Н О	 87 12,6 –	 77,4 12,3 10	 77 12 11
Нижча теплота згорання, МДж/кг	42,5	37,1– 37,8	36

ПЕРЕВАГИ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА:

- відновлювальність сировинної бази;
- значно меншу емісію вуглекислого газу, як парникового газу в атмосферу;
- кращі мастильні властивості порівняно, що зменшує зношуваність паливного насоса високого тиску та збільшує термін його служби;
- вищу пожежобезпечність, оскільки воно має вищу температуру самозаймання;
- вище цетанове число;
- практично повна відсутність сірки в паливі;
- відсутність шкоди при попаданні в навколишнє середовище, оскільки воно переробляється ґрунтовими мікроорганізмами упродовж 3-4-х тижнів.
- можливість його використання як у чистому вигляді, так і в суміші в будь-яких пропорціях з дизельним паливом.

НЕДОЛІКИ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА:

- вища кінематична в’язкість;
- вищі граничні температури фільтрування та застигання;
- агресивна дія на натуральні резини та деякі еластомери;
- низька окислювальна стабільність на відкритому повітрі;
- нижча теплотворна здатність.

ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА НА ОСНОВІ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Вид рослинної олії	Показники			
	Густина*, кг/м^3	Кінематична в’язкість*, мм^2/с	Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	Об’ємний вихід біопалива, %
Ріпакова	878	7,70	135	86,5
Лляна	887	7,11	140	89,3
Соєва	880	7,88	137	83,2
Рижієва	885	8,00	136	85,4
Гірчична	878	7,83	121	86,5
Соняшникова	885	7,94	123**	83,3
Суріпиця	875	9,11	132**	73,7

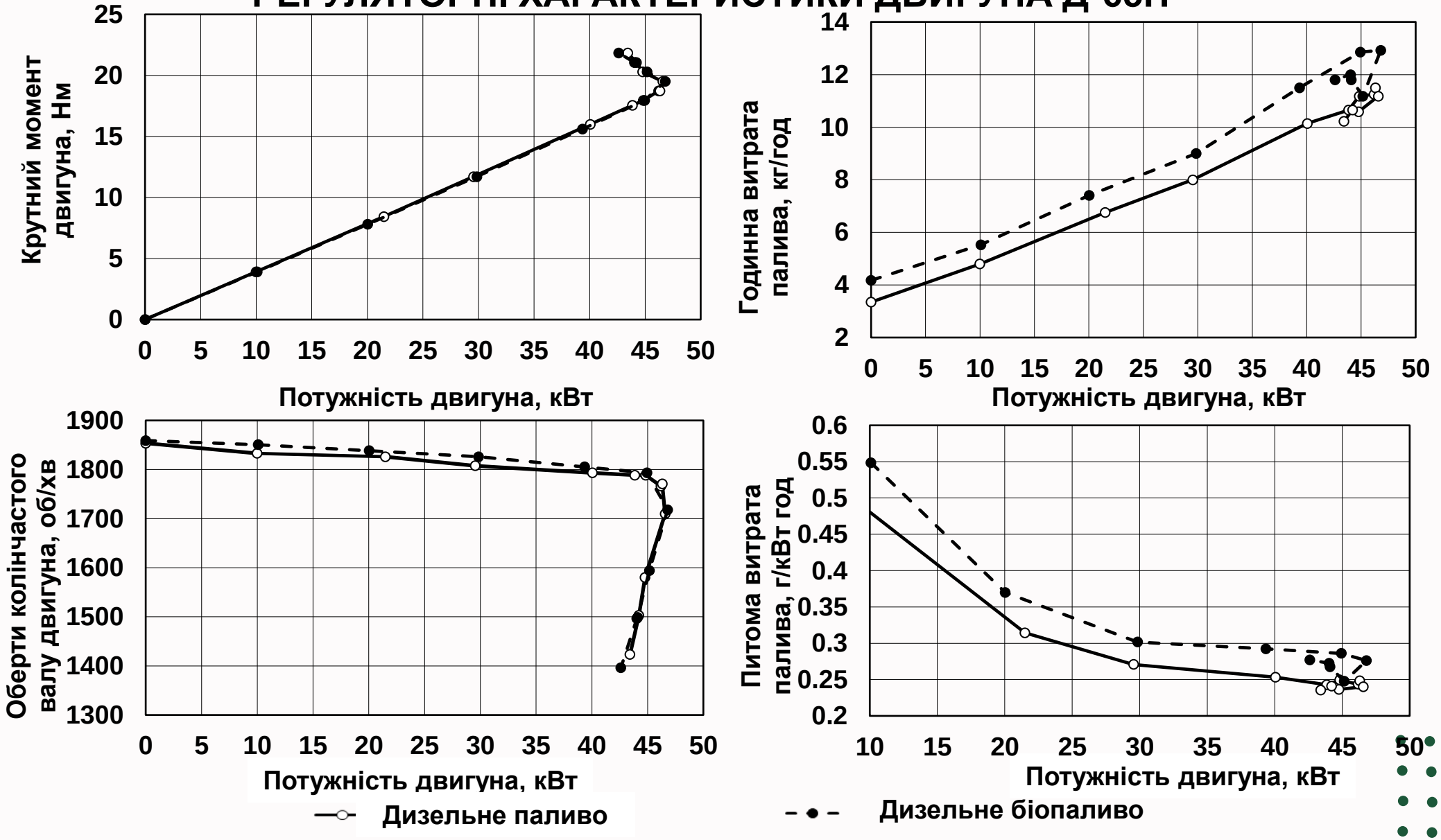
* – дані отримані при температурі 20 °С;
** – температура спалаху у закритому тиглі.

ТЕМПЕРАТУРА ПОМУТНІННЯ ТА ЗАСТИГАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА З РІЗНИХ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

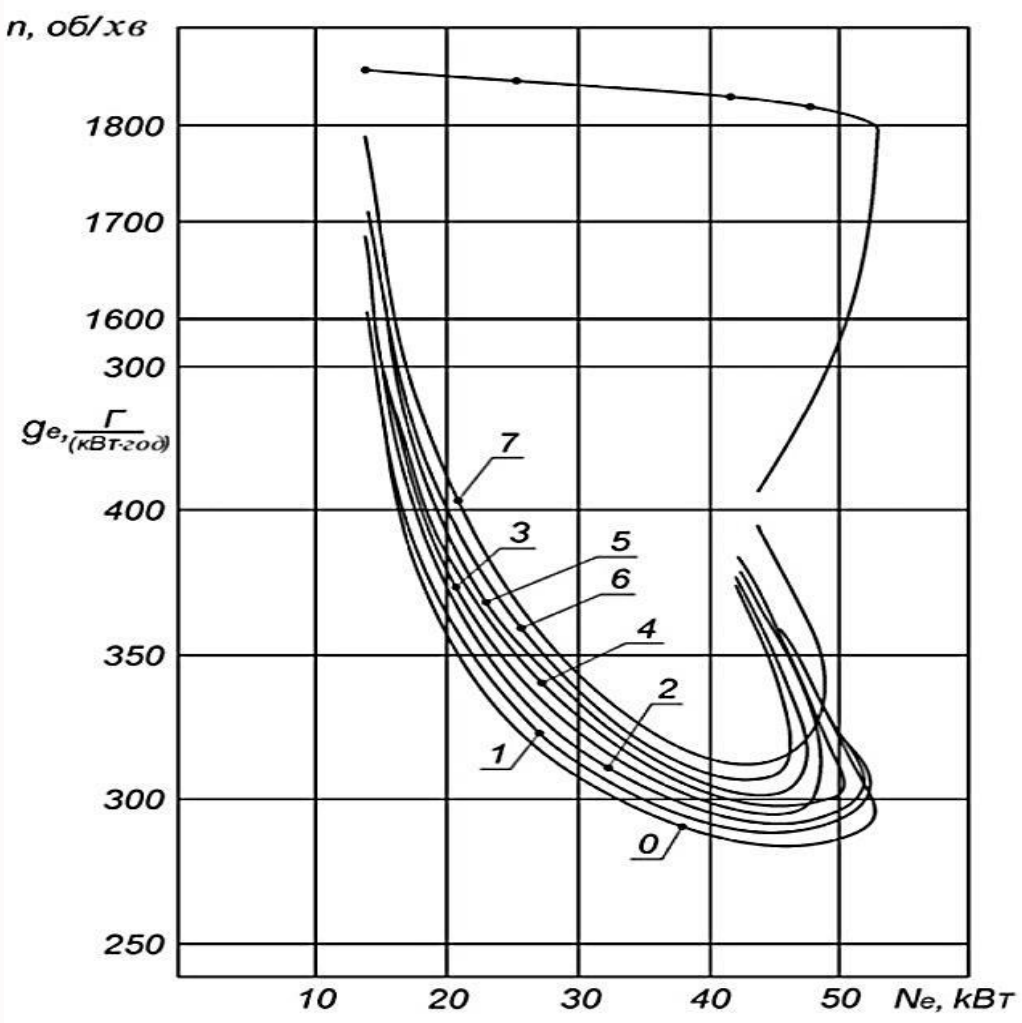
Показник	Дизельне біопаливо на основі		
	соєвої олії	соняшникової олії	ріпакової олії
Температура помутніння, °С	10,0	9,6	7,9
Температура застигання, °С	2,7	0,9	–0,8

2. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

РЕГУЛЯТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА Д-65Н



РЕГУЛЯТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА СМД-14Н



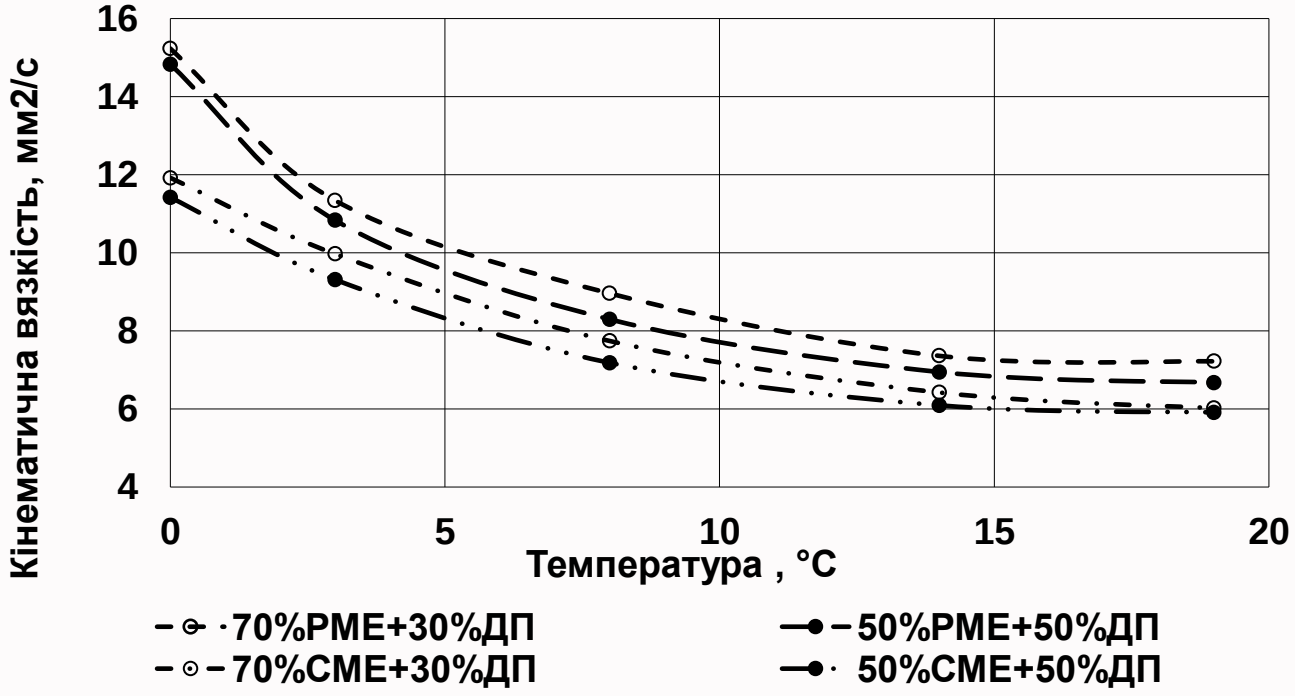
0 – дизельне паливо (ДП); 7– дизельне біопаливо (ДБП);
1 – 95 % ДП+5 % ДБП; 2 – 90 % ДП+10 % ДБП; 3 – 80% ДП+20% ДБП;
4– 70 % ДП+30 % ДБП; 5 – 50 % ДП+50 % ДБП; 6 – 30 % ДП+70% ДБП

3. КІНЕМАТИЧНА В’ЯЗКІСТЬ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

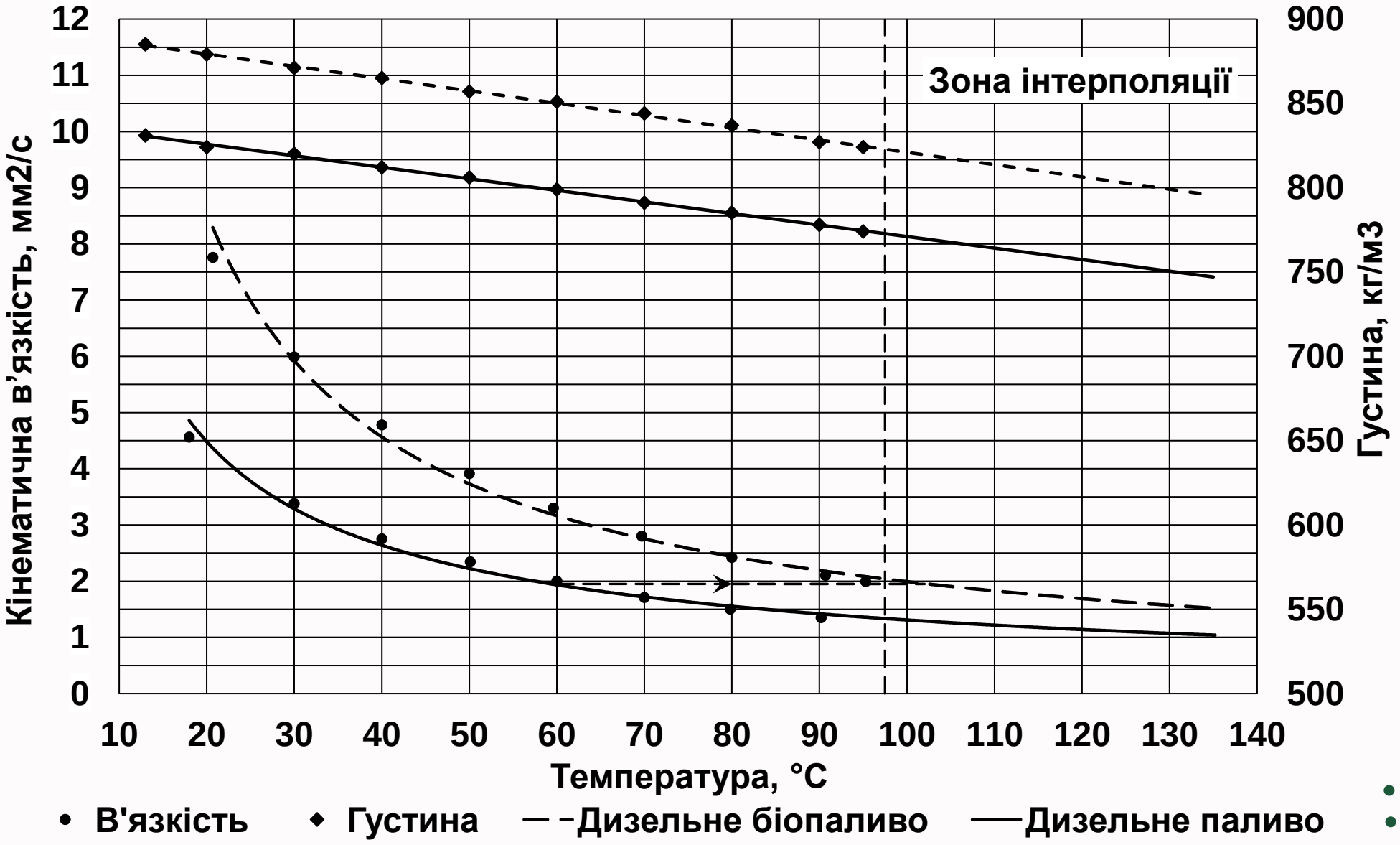
Показники зміни кінематичної в’язкості палива, мм2/с

Тип палива	Температура, °С					
	0	3	8,5	14,0	17,5	20
Дизельне паливо	10,22	8,43	6,13	5,27	4,85	4,5
Дизельне біопаливо із ріпакової олії	17,42	13,31	10,97	8,92	8,2	7,64
Дизельне біопаливо із соєвої олії	14,23	11,06	8,5*	7,21	6,68	6,15

* – дані зафіксовано при температурі 8,2 °С

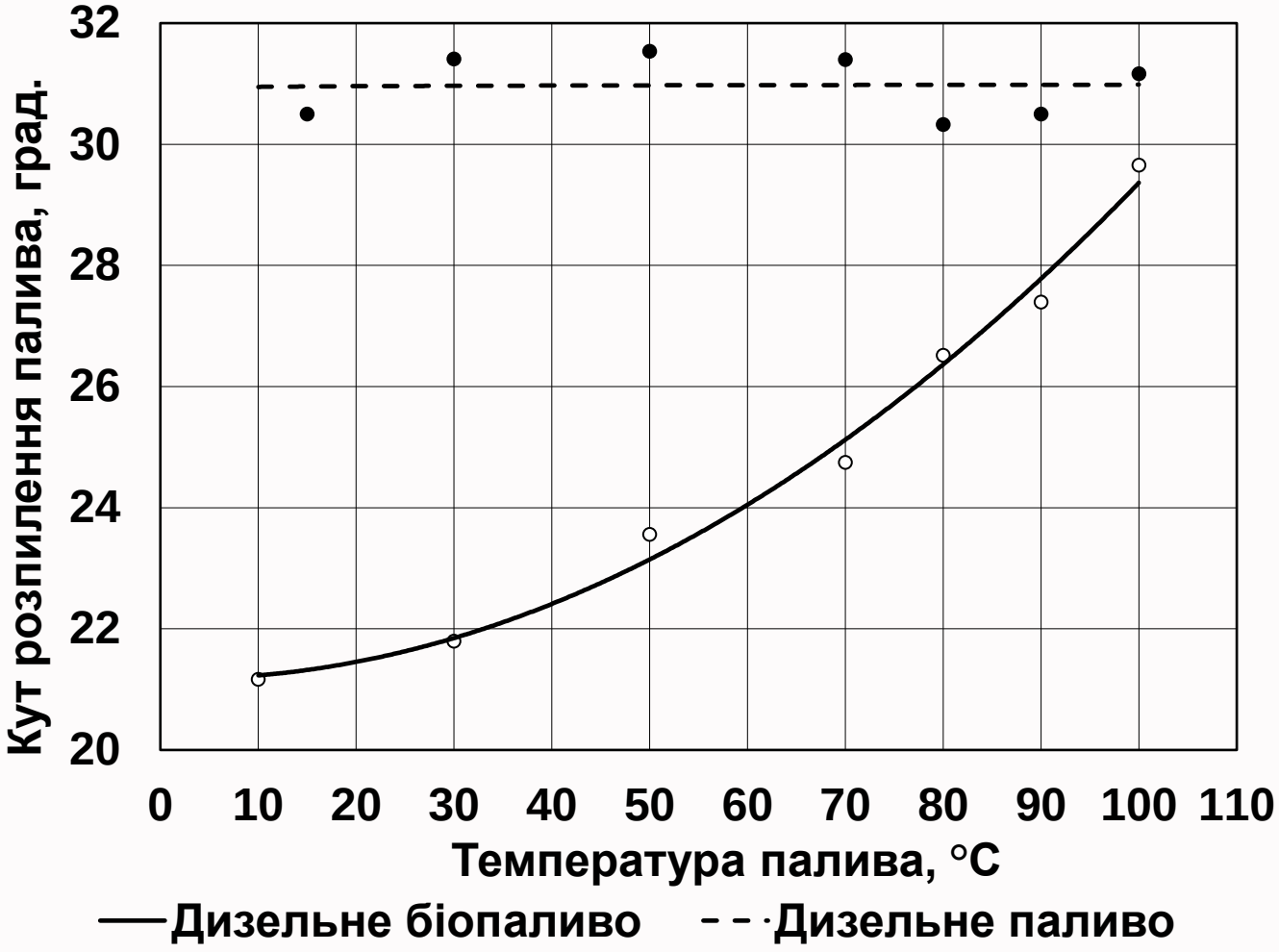


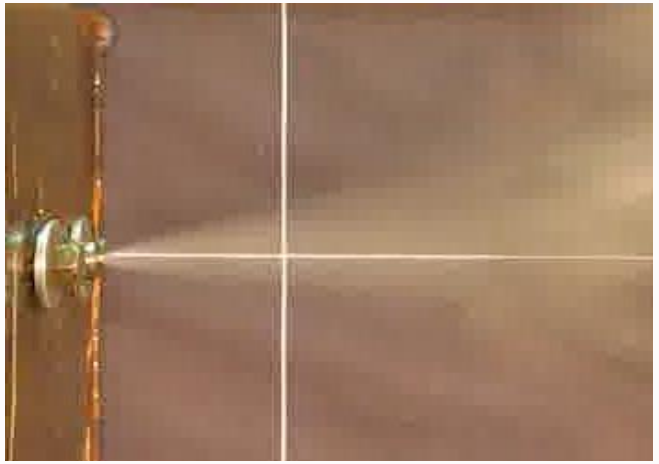
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПАЛИВА НА ЗМІНУ ПАРАМЕТРІВ КІНЕМАТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ ТА ГУСТИНИ ПАЛИВА

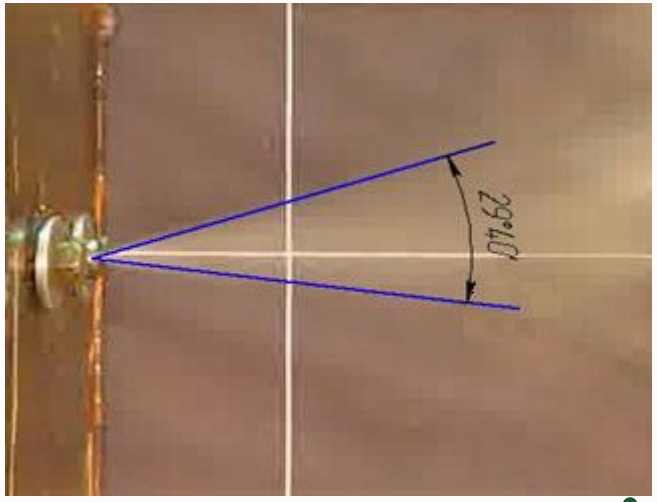


4. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

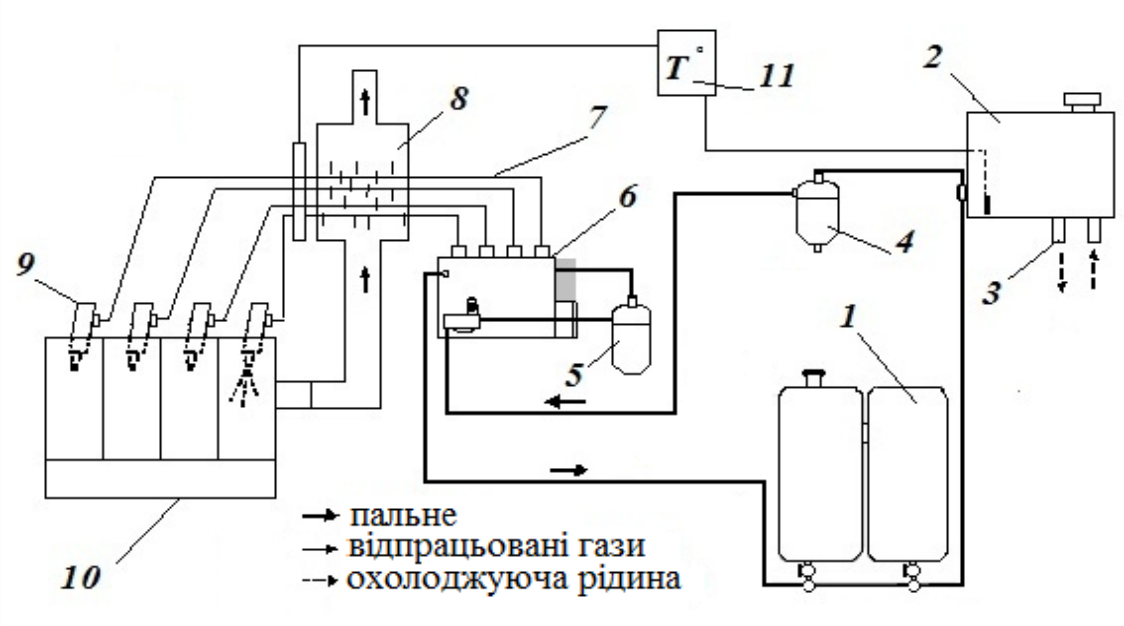
ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІВУ ПАЛИВА НА КУТ ЙОГО РОЗПИЛЕННЯ

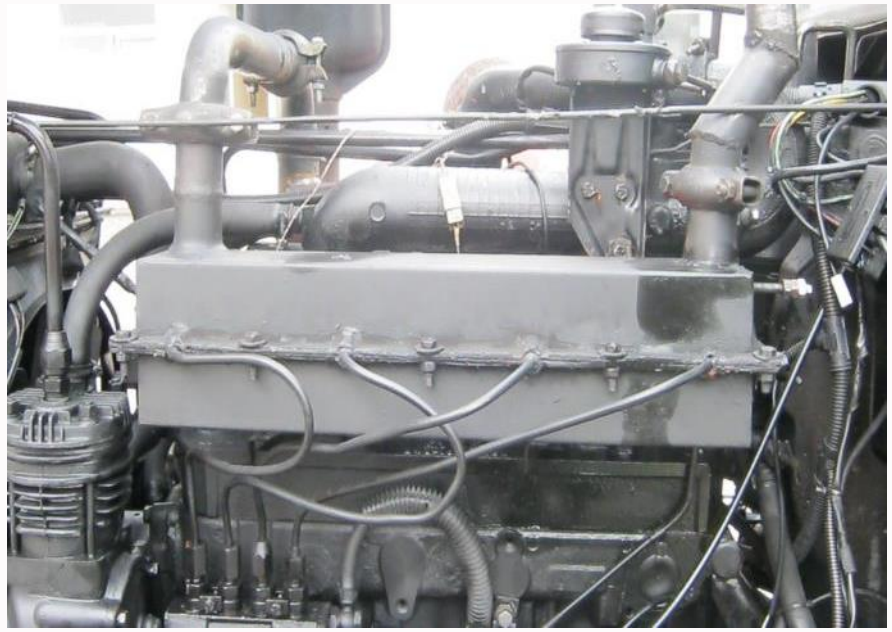




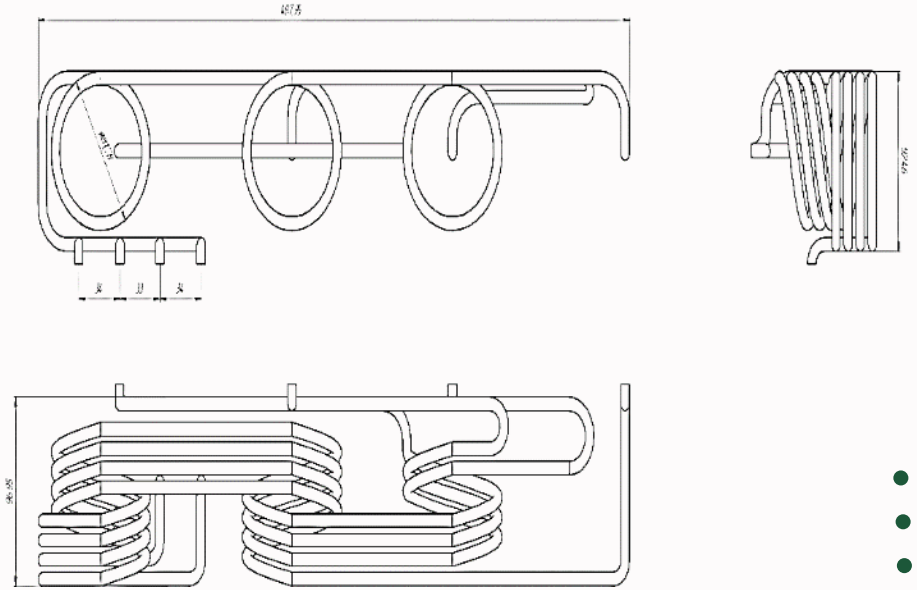


ДВОХСТУПЕНЕВА СИСТЕМА ПІДІГРІВУ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА ДВИГУНА Д-245



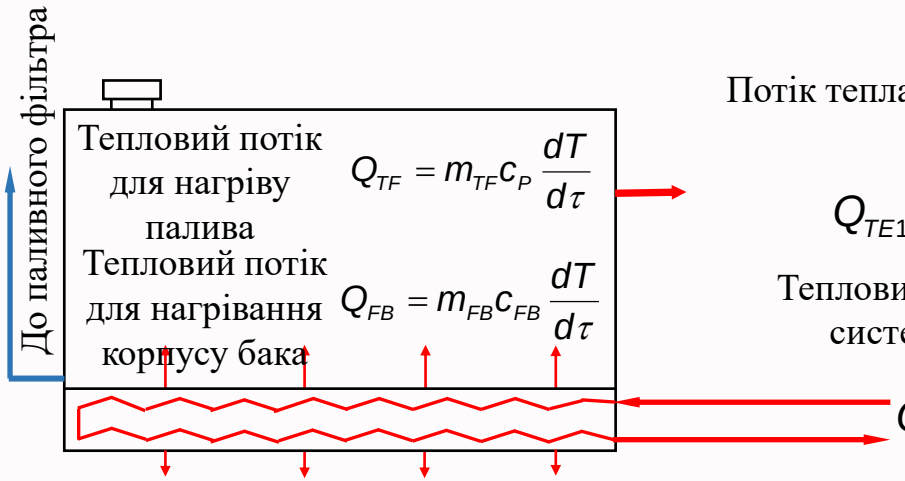


1 – бак дизельного палива; 2 – бак дизельного біопалива; 3 – теплообмінник; 4 – фільтр грубого очищення; 5 – фільтр тонкого очищення; 6 – паливний насос високого тиску; 7 – паливопроводи високого тиску; 8 – нагрівальна камера; 9 – форсунки двигуна; 10 – двигун; 11 – блок контролю температури



ТРАКТОРИ ПМЗ-6 АКЛ ТА КИЙ-14102 ОБЛАДНАНІ СИСТЕМОЮ ДВОХСТУПЕНЕВОГО ПІДІГРІВУ ПАЛИВА

Загальний вигляд експериментального обладнання та схема розрахунку процесу нагрівання дизельного



Потік тепла від бака до навколишнього середовища:

$$Q_{TE1} = k_{CO} F_{CO} \left(T_{TF} - T_E \right)$$

Тепловий потік охолоджуючої рідини системи охолодження двигуна:

$$Q_C = k_T F_T \left(\frac{T_{XT} + T_{ET}}{2} - T_{TF} \right)$$

Потік тепла від теплообмінника в навколишнє середовище:

$$Q_{TE2} = k_{TE} F_{TE} \left(\frac{T_{XT} + T_{ET}}{2} - T_E \right)$$

Тепловий баланс системи:

$$Q_C - Q_{FB} - Q_{TF} - Q_{TE} = 0$$

Q_C – тепловий потік, який віддає теплоносій при проходженні теплообмінника, Вт; Q_{FB} – тепловий потік, що передається корпусу паливного бака, Вт; Q_{TF} – тепловий потік, що передається паливу, Вт; Q_{TE} – тепловий потік в навколишнє середовище, Вт; m_{TF} – маса палива в баку, кг; c_P – питома теплоємність палива, Дж/кг °С; m_{FB} – маса бака, кг; c_{FB} – питома теплоємність матеріалу бака, Дж/кг °С; k_T – коефіцієнт тепловіддачі через плоску стінку між теплоносієм і паливом, Вт/м2·°С; F_T – площа теплообміну між теплоносієм і паливом в баку, м^2; T_{XT} – температура теплоносія на вході в теплообмінник, °С; T_{ET} – температура охолоджуючої рідини на виході з теплообмінника, °С; T_{TF} – температура палива в баку, °С; k_{CO} – коефіцієнт теплопередачі через зовнішні стінки бака в навколишнє середовище, Вт/м2·°С; F_{CO} – площа зовнішньої поверхні резервуара, що контактує з навколишнім середовищем, м^2; T_E – температура навколишнього середовища, °С; k_{TE} – коефіцієнт тепловіддачі через зовнішню стінку теплообмінника в навколишнє середовище, Вт/м2·°С; F_{TE} – площа зовнішньої поверхні теплообмінника, що контактує з навколишнім середовищем, м^2.

Динаміка процесу нагрівання дизельного палива в паливному баку

З урахуванням виразів для визначення теплового потоку рівняння балансу теплових потоків паливного бака з рідинним теплообмінником набуває вигляду:

$$\left(m_{TF}c_p + m_{FB}c_{FB}\right)\frac{dT}{d\tau} = (k_T F_T - k_{TE}F_{TE})\left(\frac{T_{XT}+T_{ET}}{2}\right) - (k_T F_T + k_{CO}F_{CO})T_{TF} + (k_{TE}F_{TE} + k_{CO}F_{CO})T_E$$

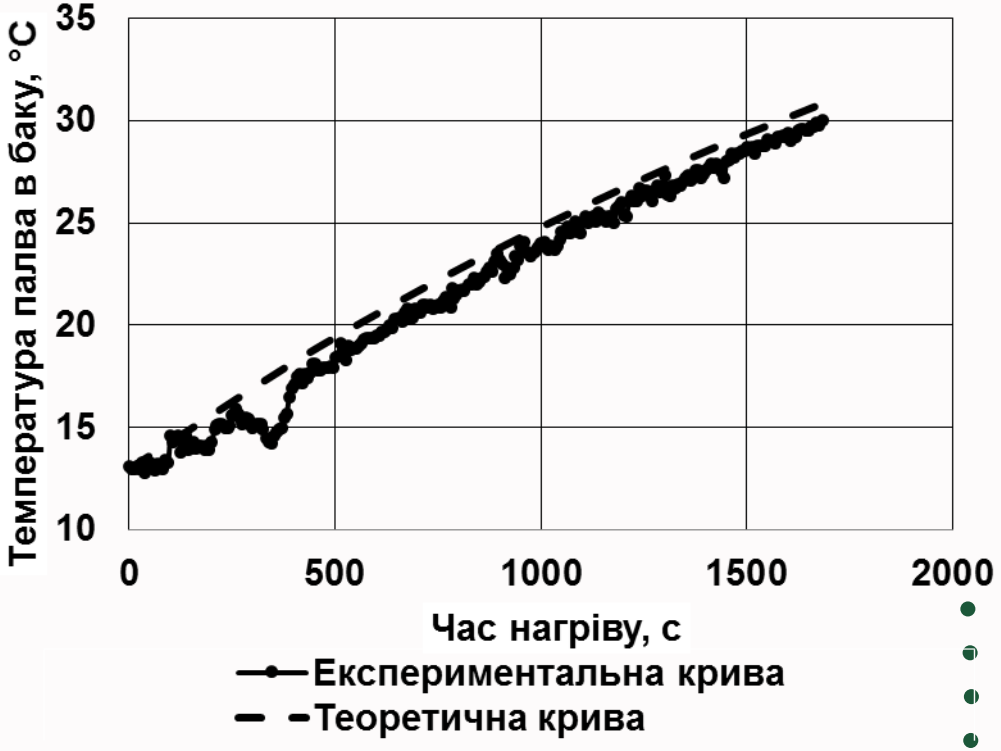
Розв'язавши диференціальне рівняння, із значень параметрів рівняння теплообміну отримуємо рівняння зміни кінцевої температури палива в баку:

$$T_{FTT} = \frac{(k_T F_T - k_{TE}F_{TE})\left(\frac{T_{XT}+T_{ET}}{2}\right) + (k_{TE}F_{TE} + k_{CO}F_{CO})T_E}{(k_T F_T + k_{CO}F_{CO})} \times$$

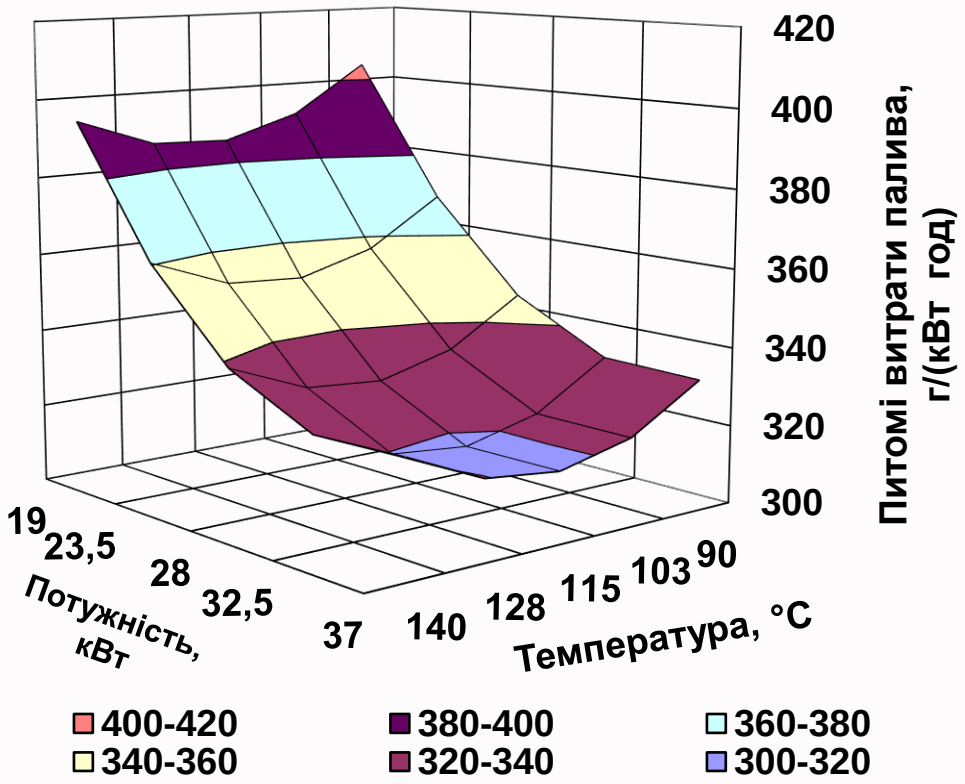
$$\times\left(1 - \exp\left(-\frac{(k_T F_T + k_{CO}F_{CO})}{\left(m_{TF}c_p + m_{FB}c_{FB}\right)}\tau\right)\right) +$$

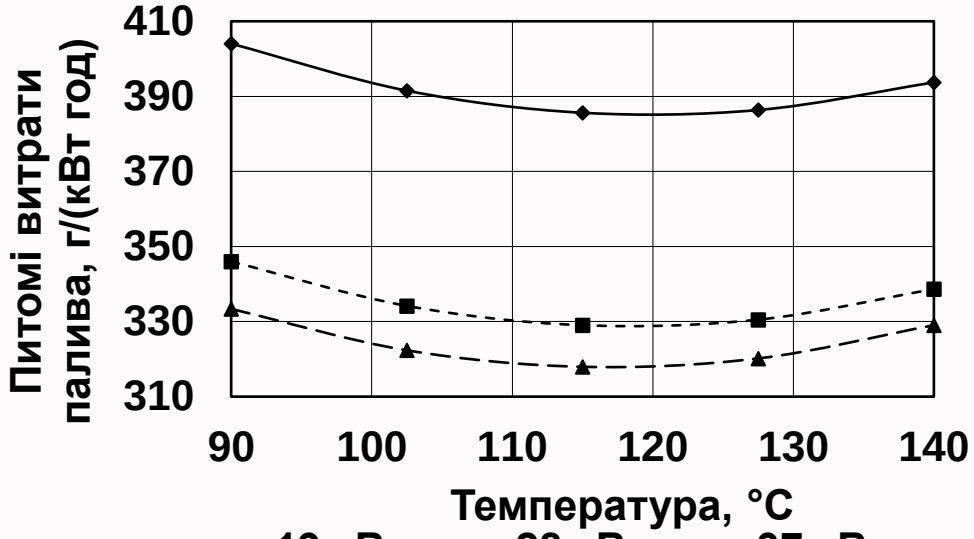
$$+T_{ITT}\exp\left(-\frac{(k_T F_T + k_{CO}F_{CO})}{\left(m_{TF}c_p + m_{FB}c_{FB}\right)}\tau\right)$$

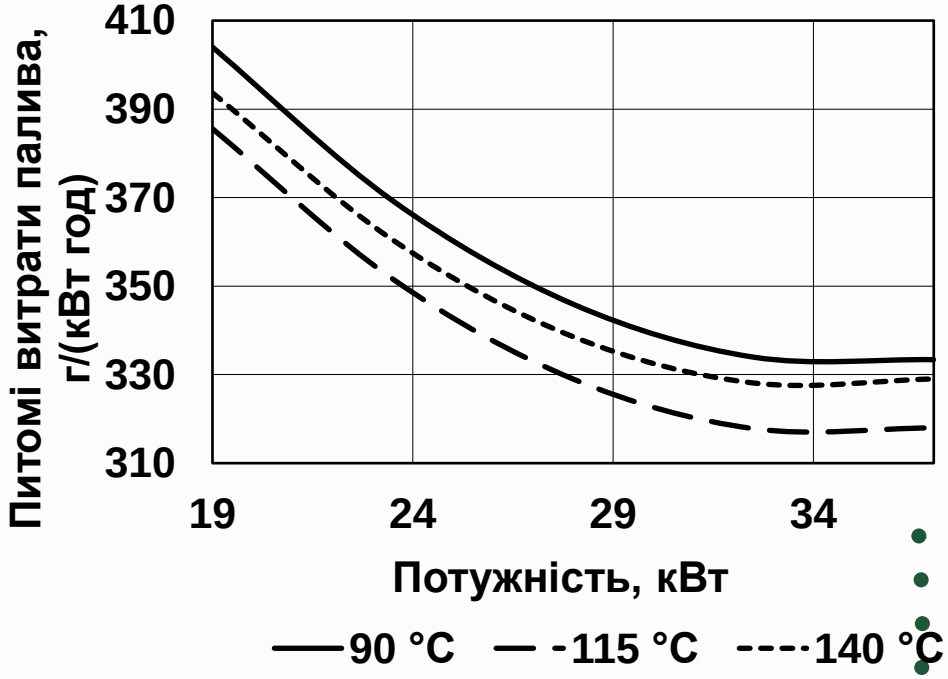
T_{ITT} – початкова температура палива в баку, °C;
T_{FTT} – кінцева температура палива в баку, °C;
τ – час нагріву палива в паливному баку, s.



ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НАГРІВУ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА В ПАЛИВНІЙ СИСТЕМІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА





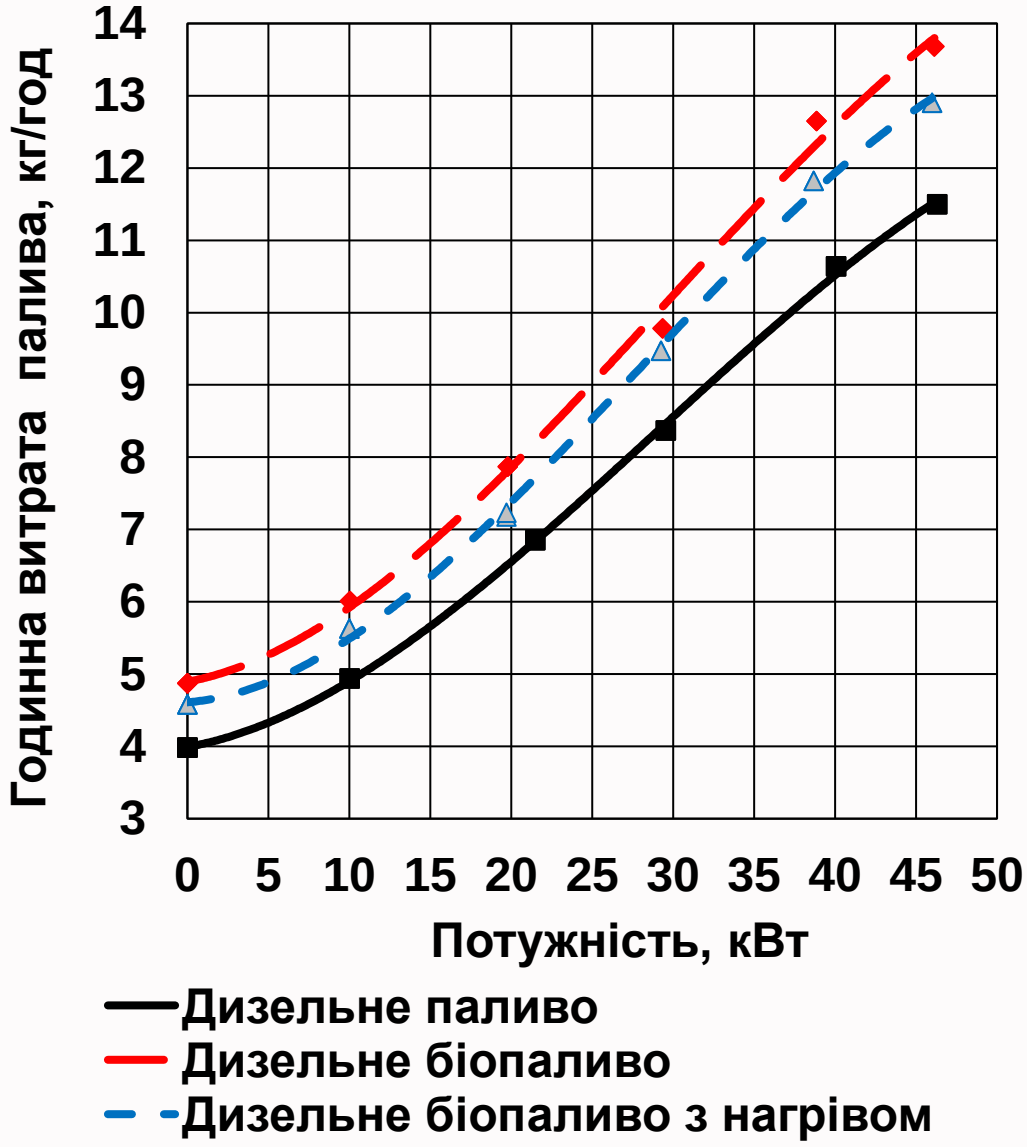


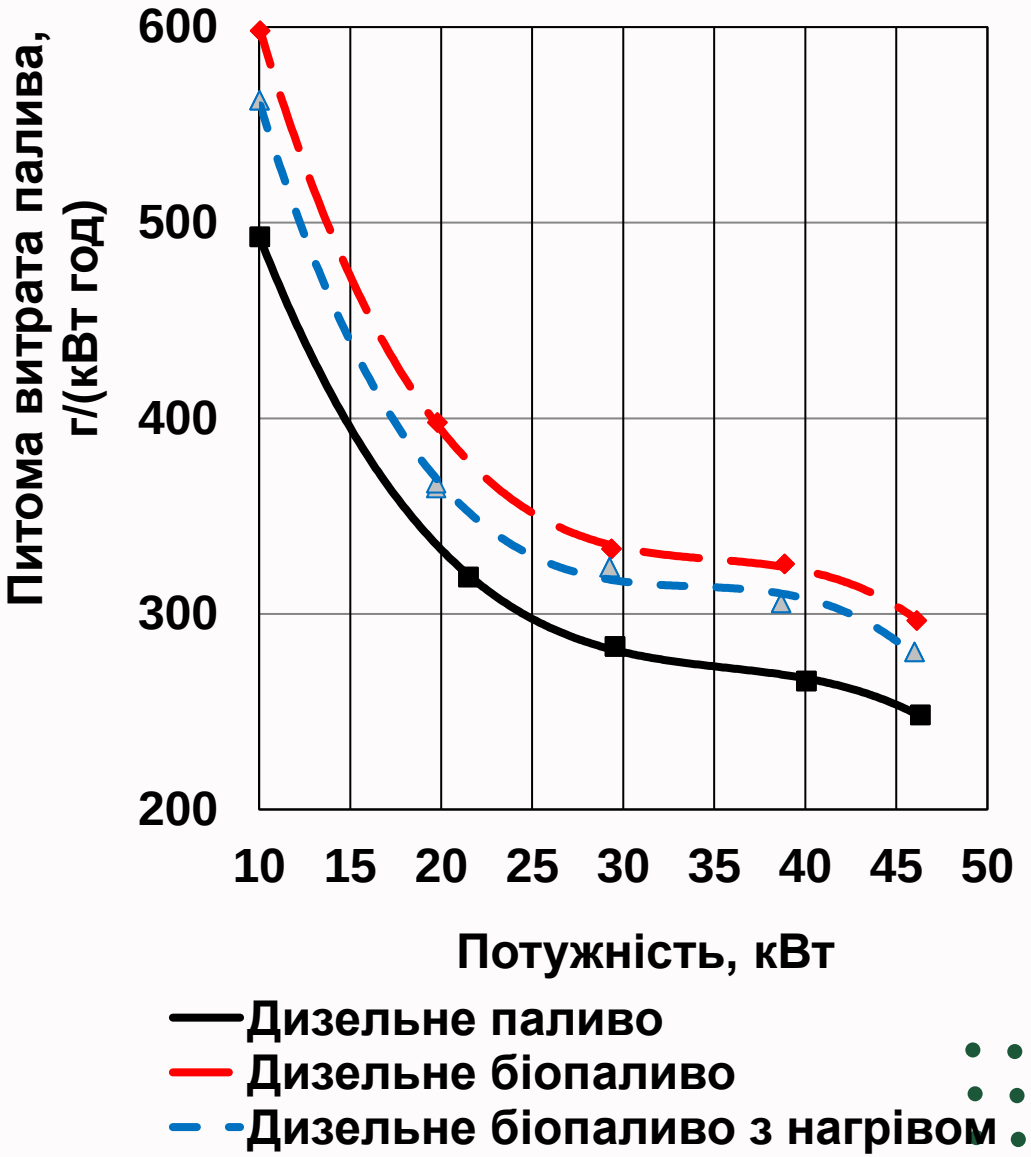
Рівняння регресії

$$g_П = 973{,}8 - 5{,}217T_П - 20{,}268N_{ДВ} +$$
$$+ 0{,}021T_П^2 + 0{,}281N_{ДВ}^2 + 0{,}0067T_П N_{ДВ}$$

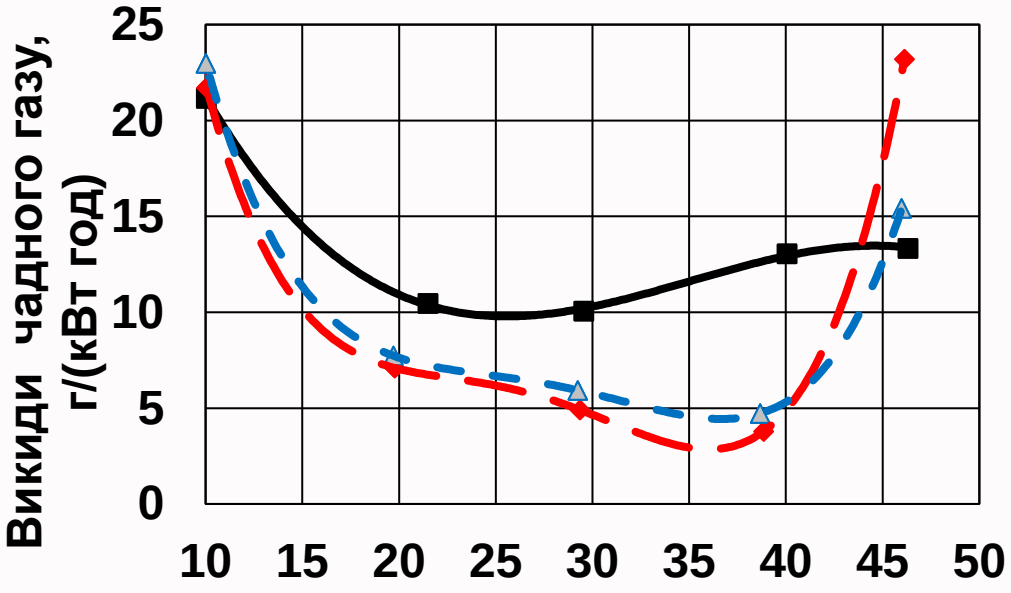
Температурний діапазон при якому спостерігалася най-менша витрата палива знаходиться в мажах 115-125°С

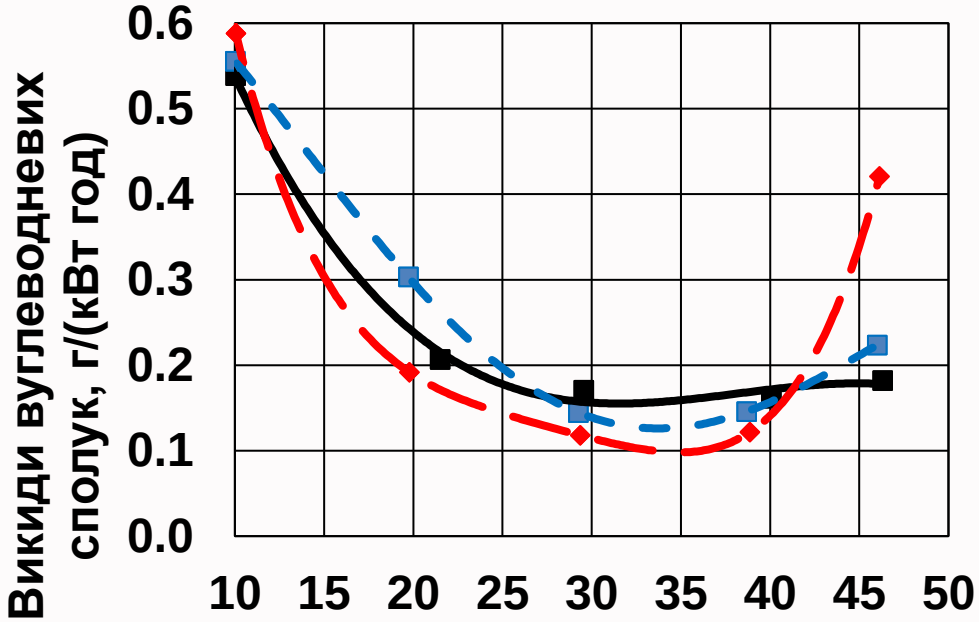
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОТУЖНОСТІ ТА ВИТРАТИ ПАЛИВА ПРИ НАГРІВІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

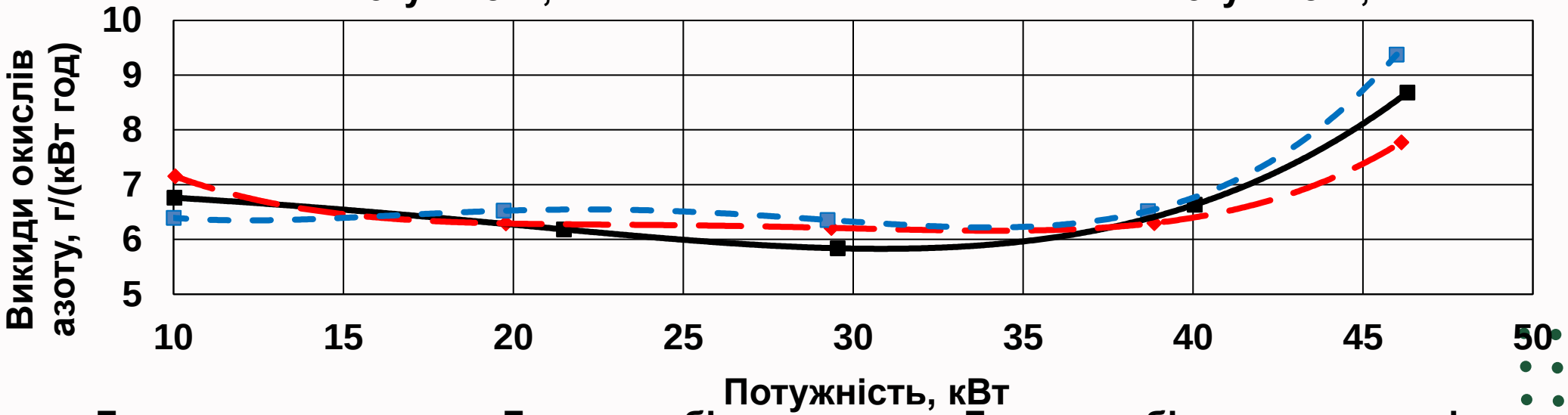




ЗМІНА ПИТОМИХ ПОКАЗНИКІВ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ







5. ВИРОБНИЧА ПЕРЕВІРКА РОБОТИ МТА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ ДВОСТУПЕНЕВОГО ПІДІГРІВУ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Вид операції	Дизельне паливо	Дизельне біопаливо		Перевитрата, %
	Витрата палива, кг/га	Температура, °С	Витрата палива, кг/га	
Суцільна культивація КПС-4	5,2	60-65	6,12	17,69
		110-125	5,69	9,4
Прикочування посівів ЗККШ-6	1,43	40-55	1,69	18,18
		100-110	1,61	12,58

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ВИТРАТА ПАЛИВА МТА НА БАЗІ ТРАКТОРА КИЙ-14102 ПРИ ЗАСТОСУВАННІ СИСТЕМИ ДВОХСТУПЕНЕВОГО ПІДІГРІВУ ПАЛИВА

Вид операції	Використано ДБП, л	Тип і витрата палива, кг/га		Перевитрата ДБП, %
		ДП	ДБП	
Оранка: Кий-14102 + PRO-3	420	15,85	17,21	8,58
Дискування: Кий-14102 +БДВ-3	670	5,74	6,258	9,02
Посів: КИЙ-14102+ Great Plains-1,5	380	8,7	9,8	12,64
Робота з генератором	90	–	13,5	–
Всього	1560			

6. ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

- дизельне біопаливо повинно відповідати вимогам ДСТУ 6081:2009 "Паливо моторне. Ефіри метилових жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні умови";
- дизельне біопаливо повинно бути використане упродовж шести місяців з дати виготовлення;
- ємності для зберігання дизельного біопалива та паливні баки повинні періодично очищатися від осаду та утворень мікрофлори;
- для зменшення негативного впливу дизельного біопалива на моторну оливу початок роботи та нагрів двигуна до робочої температури рекомендується здійснювати на дизельному паливі;
- закінчувати роботу необхідно також на дизельному паливі, щоб забезпечити заміщення дизельного біопалива в паливній системі для здійснення, в подальшому, правильного запуску двигуна;

- при потраплянні дизельного біопалива на лакофарбове покриття, його терміново необхідно змити або насухо витерти, також потрібно запобігати потраплянню дизельного біопалива на гуму;
- при роботі на дизельному біопаливі рекомендується в два рази зменшити термін експлуатації моторної оливи та фільтра тонкої очистки палива;
- через кожних 50 годин роботи необхідно виконувати операцію зливання осаду з фільтрів грубої та тонкої очистки палива;
- не допускати роботи на залишках палива менше 5 % об’єму паливного баку;
- необхідно виконувати періодичний злив 5 % залишку палива через кожних 100 годин роботи з метою контролю за утвореннями осаду та відкладень мікрофлори;
- при постановці трактора на довготривале зберігання чи при перерві в роботі більш ніж на місяць, дизельне біопаливо повинно бути злито із паливного баку.

При зберіганні дизельного біопалива:

- слід регулярно відбирати проби палива для перевірки його на відповідність стандарту ДСТУ 6081:2009;
- не рекомендується довгостроково зберігати дизельне біопаливо під прямим впливом високих або низьких температур;
- паливо необхідно зберігати в чистих і сухих ємностях без попадання сонячних променів;
- необхідно здійснювати періодичний контроль за змістом води у паливі, щоб уникнути небезпеки розвитку мікроорганізмів, утворення перекисів і корозійного впливу води, у тому числі й на елементи паливної апаратури;
- слід обов'язково видаляти воду із цистерн зберігання перед заповненням їх дизельним біопаливом;
- для мінімізації конденсації вологи при зберіганні дизельного біопалива необхідно тримати паливні ємності максимально заповненими, мити й осушувати їх до заповнення і після спорожнення;
- при використанні паливних сумішей дизельного палива та дизельного біопалива їх необхідно відстоювати упродовж 24 годин після змішування.

Перед початком експлуатації двигуна на дизельному біопаливі необхідно:

- необхідно здійснити промивку та заміну фільтрів грубого і тонкого очищення палива, видалити шлакові відкладання в паливній системі й апаратурі;
- здійснити заміну резино-технічних виробів на стійкі до дії дизельного біопалива;
- необхідно змінити кут випередження подачі палива двигуна відповідно до рекомендацій заводу виробника при використанні дизельного біопалива;
- рекомендується виконувати зберігання дизельного біопалива при температурі вищій за плюс 10 °С.

7. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

$$E = Ц_{ДП}\left(Q_{ДП} - Q_{ДП}^{Д}\right) - Q_{ДБП}\left(Ц_{ДБП} + \frac{\left(1 - k_{ЗРО}\right)}{k_{ЗРО}T_{МО}}Q_{МО}Ц_{МО}\right)$$

E – економічна ефективність застосування дизельного біопалива при роботі МТА, грн; $Ц_{ДП}$ – вартість дизельного палива, грн/л;

$Q_{ДП}$ – річний обсяг використання дизельного палива, л;

$Q_{ДП}^{Д}$ – річний обсяг додаткової витрати дизельного палива при роботі на дизельному біопаливі, л;

$Q_{ДБП}$ – річний обсяг використання дизельного біопалива, л;

$Ц_{ДБП}$ – вартість дизельного біопалива, грн/л;

$k_{ЗРО}$ – коефіцієнт зменшення ресурсу моторної оливи при використанні дизельного палива, відн. од.;

$T_{МО}$ – ресурс моторної оливи в одиницях використаного дизельного палива, л;

$Q_{МО}$ – об’єм оливи в системі змащування дизельного двигуна, л; $Ц_{МО}$ – вартість моторної оливи, грн/л.

ВИТРАТА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

$$Q_{ДБП} = k_{ЗВ}\left(Q_{ДП} - Q_{ДП}^{Д}\right)$$

$k_{ЗВ}$ – коефіцієнт збільшення витрат дизельного біопалива у порівнянні з дизельним паливом, від. од

ДОДАТКОВА ВИТРАТА ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

$$Q_{ДП}^{Д} = \frac{Q_{ДП}}{Q_{ЗМ}}\left[k_{КР}k_{ЗП}\left(V_{ФГО} + V_{ФТО} + V_{П} + V_{ПН}\right) + \left(1 - k_{КР}\right)t_{Н}G_{ГОД}\right]$$

$Q_{ЗМ}$ – середня змінна витрати палива МТА, л;

$k_{КР}$ – коефіцієнт розподілення витрат дизельного палива, згідно граничної температури використання дизельного біопалива без застосування нагріву, відн. од.;

$k_{ЗП}$ – коефіцієнт запасу, відн. од.;

$V_{ФГО}$ – об’єм фільтру грубої очистки палива, л;

$V_{ФТО}$ – об’єм фільтру тонкої очистки палива, л;

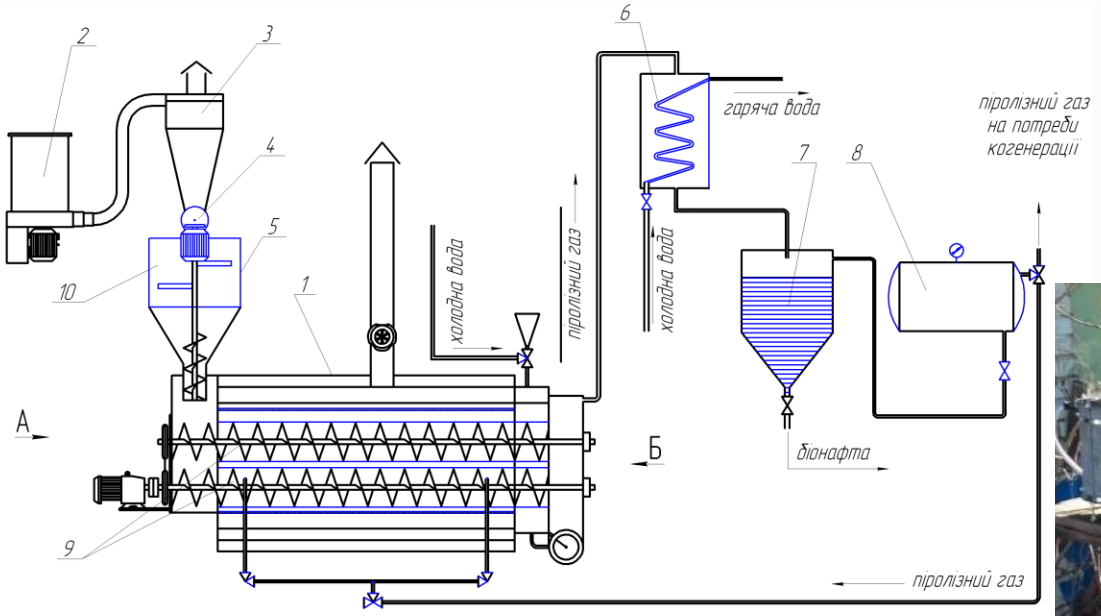
$V_{П}$ – внутрішній об’єм паливопроводів, л;

$V_{ПН}$ – внутрішній об’єм головки паливного насоса високого тиску, л.

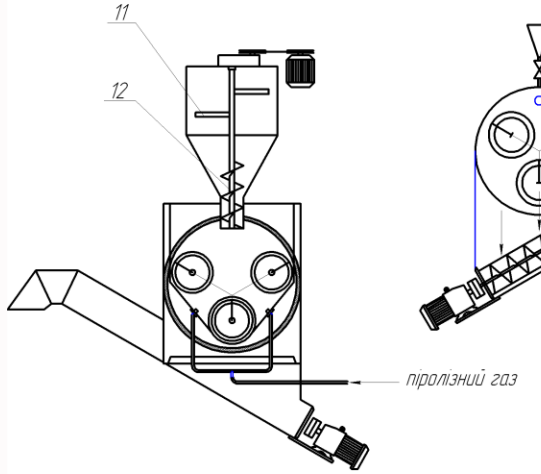
$t_{Н}$ – час роботи двигуна на дизельному паливі, необхідний для розігріву дизельного біопалива в паливному баці, год.;

$G_{ГОД}$ – годинна витрата дизельного палива при режимі роботи двигуна з розігрівом дизельного біопалива, л.

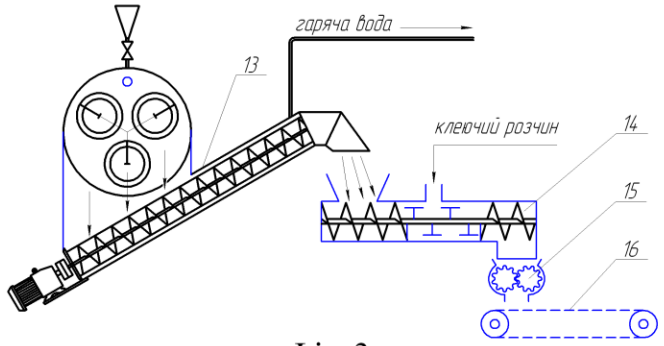
БІОНАФТА ІЗ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ



Фіг. 1

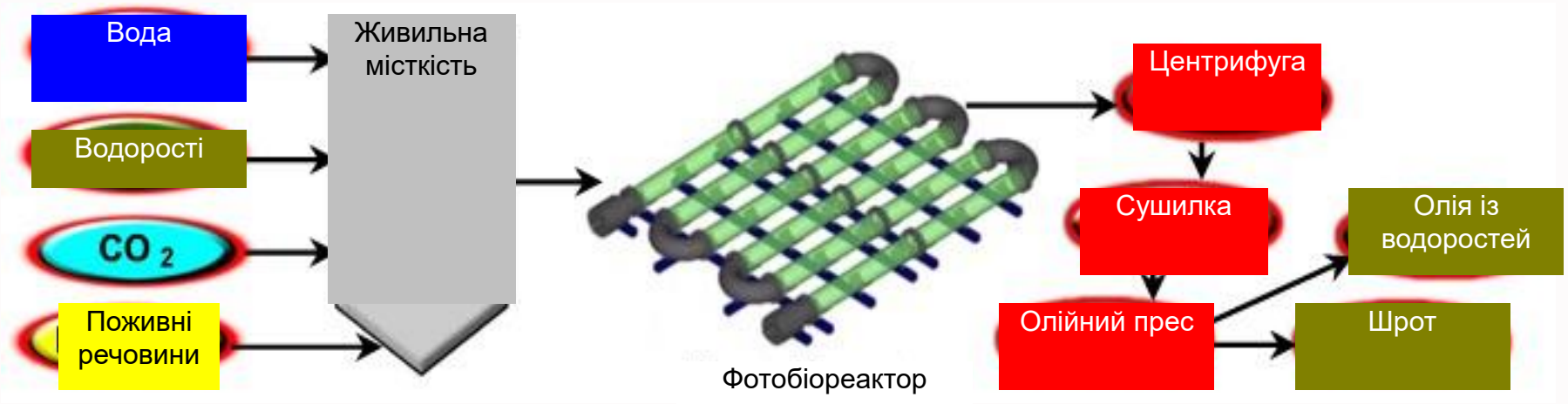


Фіг.2



Фіг. 3

БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО ІЗ ОЛІЇ ВОДОРОСТЕЙ



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякуємо!

Геннадій Голуб

gagolub@ukr.net

Савелій Кухарець

kikharets@gmail.com