

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

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**СИДОРЕНКО ВАЛЕНТИН ВАСИЛЬОВИЧ**

**УДК 621.436**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ  
ОТРИМАННЯ І АКТИВАЦІЇ СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА**

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  
\_\_\_\_\_ Сидоренко В.В.

**Керівник роботи**

Заєць М.Л.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2022**

## АНОТАЦІЯ

**Сидоренко Валентин Васильович. Удосконалення комбінованого пристосування для отримання і активації суміші дизельного палива. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі на удосконалено конструкцію комбінованого модуль-змішувача, що складається з кількох модулів, які можна компонувати по-різному. Розроблено конструкцію ультразвукового модуля. Удосконалений комбінований модуль-змішувач який змінює склад і властивості палива. Обробка вбудованим у паливну апаратуру автотракторної техніки комбінованого модуль-змішувача 20% дизельного палива дозволяє поліпшити техніко-економічні показники дизельного двигуна.

Встановлено оптимальні параметри роботи ультразвукового модуля: коефіцієнт відношення висоти сопла до ширини 0,25..0,35, час обробки 27...38 с та тиск 212...213 кПа.

Встановлено покращення параметрів роботи паливної апаратури на 20% дизельному сумішевому паливі після 960 мотогодин напрацювання паливної апаратури трактора з вбудованим комбінованим модуль-змішувачем: показників розпилювачів форсунок на 3 %, пускової подачі плунжерних пар – на 12,55 6%, що насоса підкачує на 7,86% в порівнянні з показниками аналогічної паливної апаратури, що працює на дизельному паливі. Визначено раціональне співвідношення дизельного та біодизельного палив (80%:20%).

*Ключові слова: дизельне паливо, змішувач, двигун, паливна апаратура, ультразвуковий модуль*

## ANNOTATION

**Sydorenko Valentin Vasyliovych. Improvement of the combined device for obtaining and activating a mixture of diesel fuel.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

In the master's thesis, the design of the combined mixer module, consisting of several modules that can be arranged in different ways, was improved. The design of the ultrasonic module has been developed. An improved combined mixer module that changes the composition and properties of the fuel being processed. The processing of 20% diesel fuel by the combined module-mixer built into the fuel equipment of auto-tractor equipment allows to improve the technical and economic indicators of the diesel engine.

The optimal operating parameters of the ultrasonic module were set: the ratio of nozzle height to width 0.25...0.35, processing time 27...38 s and pressure 212...213 kPa.

An improvement in the operating parameters of the fuel equipment on 20% diesel mixed fuel was established after 960 operating hours of the fuel equipment of the tractor with a built-in combined mixer module: the indicators of the spray nozzles by 3%, the starting supply of the plunger pairs - by 12.55 6%, which increases the pump by 7 .86% compared to the indicators of similar fuel equipment running on diesel fuel. The rational ratio of diesel and biodiesel fuel (80%:20%) was determined.

*Keywords: diesel fuel, mixer, engine, fuel equipment, ultrasonic module*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	18
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО СУМІШЕВОГО ПАЛИВА.....	27
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасному світі з кожним роком дедалі гостріше постає питання паливної ефективності та екологічності техніки з дизельними силовими установками. Проте, оснащеність цією технікою, що відповідає вимогам сучасних реалій, сільському господарстві залишається низькому рівні. Згідно з даними департаменту рослинництва, механізації, хімізації та захисту рослин, середній вік тракторів АПК становить 19,95 років. Це спонукає наукове співтовариство до розробки технічних засобів, що дозволяють вирішити проблему автотракторної техніки.

Постійно посилені вимоги до екологічних нормативів дизельного палива змушують виробників зменшувати в його складі сірковмісних з'єднань. Це додатково подорожчає його і згубно впливає на експлуатаційні показники паливної апаратури. Крім того, частка некондиційного палива у загальному обсязі постійно зростає.

Таким чином, виробники сільськогосподарської продукції стають заручниками битви за екологічні показники з одного боку та фінансовими витратами на купівлю палива та ремонт техніки з іншого. На ринку виходить ситуація, за якої подорожчання палива сприяє і зростаючі ціни на нафту, і додаткові витрати нафтопереробних заводів на необхідне очищення палива. Для виробників сільгосппродукції вигідніша ситуація, коли частина палива буде заповнюватися рахунок власних ресурсів, і витратитися ефективніше. Іншими словами, необхідно перейти на дизельне паливо. Однак, цей перехід має і низку не вирішених питань. До них можна віднести короткий термін зберігання, погіршення фізико-хімічних властивостей, зниження показників потужності дизельних двигунів. Тому пошук ефективних способів отримання та покращення дизельного сумішевого палива є актуальним та своєчасним.

Для реалізації процесу одержання та покращення дизельного сумішевого палива застосовуються пристрої, що дозволяють обробляти паливо

безпосередньо перед потраплянням до камери згоряння. Для покращення дизельного сумішевого палива застосовуються вузькоспеціалізовані пристрої комбінованого принципу дії. Однак, впровадженню таких пристроїв в автотракторну техніку перешкоджає недостатня вивченість впливу на паливну систему та можливості реалізації.

Таким чином, в умовах постійно зростаючих цін та обсягів некондиційного палива на ринку гостро постає питання необхідності розробки пристроїв щодо поліпшення якості дизельного сумішевого палива, доступних кінцевому споживачеві.

Ступінь розробленості теми. Питанням покращення техніко-екологічних показників якості дизельного палива (підвищенням експлуатаційної потужності, зниженням експлуатаційної витрати палива, зниженням викидів шкідливих речовин у відпрацьованих дизельних газах) двигунів) займалися вітчизняні та зарубіжні вчені: Хохлов А.Л., Улюкіна Є.А., Ліханов В.А., Мітусова Т.М., Єгоров І.М., Волгін С.М., Воробйов Ю.В., Мурамович В.Г., Нагорнов С.А., Данилов А.М., Голубев І.Г., Федоренко В.Ф., Марков В.А., Уханов А.П., Девянін С.М., Gad M.S., Vivek Ugare, M. Piyush, P. Gaurav, Rathod, M. Tushar. Роботи вчених присвячені вивченню зміни основних фізико-хімічних властивостей дизельного палива під впливом полів різної природи та присадок, а також біодизельного палива. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження свідчать про ефективність використання біодизельного палива у дизельному двигуні без перетворень його конструкції. Однак, використовуване дизельне змішане паливо має підвищену в'язкість, здатність до розшарування, а вихідне дизельне паливо не завжди відповідає стандартам якості.

**Мета досліджень:** покращення техніко-екологічних показників роботи дизельного двигуна за рахунок отримання та обробки дизельного сумішевого палива комбінованим модуль-змішувачем, вбудованим у паливну систему.

**Завдання досліджень:**

1. Обґрунтувати спосіб підвищення ефективності одержання та обробки дизельного сумішевого палива.

2. Обґрунтувати конструкцію ультразвукового модуля комбінованого пристрою для отримання та покращення якості дизельного сумішевого палива, з можливістю вбудовування у паливну систему автотракторної техніки.

3. Встановити закономірності, що підвищують ефективність роботи ультразвукового модуля комбінованого модуль-змішувача під час обробки палива.

4. Провести експериментальні дослідження паливної апаратури, визначити екологічні показники дизельного двигуна при роботі на дизельному та дизельному сумішевому паливі, обробленому у комбінованому модуль – змішувачі.

5. Оцінити економічну ефективність від результатів досліджень.

**Об'єкт досліджень.** Технологічний процес отримання, обробки та застосування дизельного сумішевого палива з використанням комбінованого модуль-змішувача.

**Предмет дослідження.** Закономірності зміни фізико-хімічних властивостей дизельного сумішевого палива, обробленого в комбінованому модуль-змішувачі та техніко-екологічних показників двигуна внутрішнього згоряння.

**Методологія та методи дослідження.** Експериментальні дослідження виконувались з використанням методів дослідження якості палива, стендових випробувань паливної апаратури та польових досліджень. Всі дослідження проводились з використанням стандартних та приватних методик.

Результати експериментів оброблялися методами математичної статистики із застосуванням прикладних програм Microsoft Excel, Mathcad, мови програмування Haskell.

### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Заєць М.Л., Сидоренко В.В. Дослідження впливу параметрів ультразвукової обробки на властивості дизельного палива. Студентські читання–2022: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 30 листопада 2022 р. Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 18-21.

2. Заєць М.Л., Сукманюк О.М., Сидоренко В.В. Комбінована обробка дизельного палива. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022.С. 289-293.

3. Сидоренко В.В. Аналіз основних способів підвищення якості дизельного палива. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 262-263.

**Практичне значення одержаних результатів.** Обробка вбудованим у паливну апаратуру автотракторної техніки комбінованого модуль-змішувача 20% дизельного палива дозволяє поліпшити техніко-економічні показники дизельного двигуна.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 43 сторінки комп'ютерного тексту, містить 22 рисунки та 4 таблиці.



## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1 Аналіз основних способів підвищення якості дизельного палива

Використання дизельних двигунів у сучасному машинобудуванні дозволяє підвищити економічність, потужність, надійність, довговічність техніки, що експлуатується, тому даний тип двигунів знайшов широке застосування в різних галузях промислово-економічного комплексу.

В агропромисловому комплексі основну частку ДВЗ складають дизельні двигуни. Якість роботи дизельного двигуна безпосередньо залежить від фізико-хімічних властивостей палива, що використовується.

Щорічно зростають витрати на придбання моторних палив. У той самий час технології розвиваються, з'являється можливість розробки важкодоступних родовищ, у своїй підвищується собівартість видобутку. Таким чином, ціни тільки зростатимуть. Ще однією з проблем паливної галузі є інфраструктурний недолік, через який у процесі доставки палива до кінцевого споживача знижується його якість. В даний час не все дизельне паливо відповідає стандартам якості. У ході транспортування та тривалого зберігання у його складі збільшується кількість води, зменшується кількість легких фракцій, відбувається заниження цетанового числа. А як відомо, працездатність та ефективність двигунів автотракторної техніки безпосередньо залежить від властивостей дизельного палива. На рисунках 1.2 – 1.3 показано динаміку зміни кількості некондиційного палива на ринку з 2014 по 2017 роки (за даними Департаменту рослинництва, механізації, хімізації та захисту рослин).

З рис 1.1 – 1.2 випливає, що кількість некондиційного палива зростає. При цьому з кожним роком стандарти потребують підвищення якості дизельного палива. Це зростанням транспортних засобів і неухильним посиленням вимог до захисту довкілля.

Погіршення якості дизельного палива можна нівелювати застосуванням присадок та додатковою обробкою у пристроях з хвильовим та комбінованим впливами.



Рисунок 1.1. Результати аналізу зразків

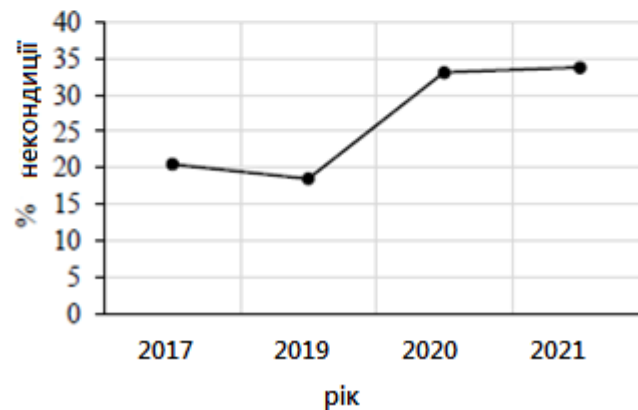


Рис. 1.2. Динаміка зміни якості палива

Переглянуто значення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у повітрі, таких як: бензол, 1,3-бутадиєн, сірковмісні сполуки, тетрахлорметан. Усі перелічені речовини ставляться до канцерогенів, які згубно впливають життя і здоров'я людини, викликаючи смертельні захворювання.

Існує безліч способів покращення якості дизельного палива. Усі способи можна розділити на дві групи: хімічні та фізичні (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Класифікація способів покращення якості дизельного палива

Хімічні методи мають на увазі використання реагентів, присадок. В даний час застосовуються кілька видів присадок: антиденотаційні, промотори займання, протизносні, депресорно-диспергуючі, поглиначі сірководню, мийно-диспергуючі [3].

Вітчизняний ринок представлений в основному антиоксидантами та промоторами займання для дизельних палив. Проблемою залишається розробка та організація виробництва вітчизняних протизносних та депресорно-диспергуючих присадок. Альтернативою присадкам можуть бути добавки на основі біопалива. Все популярнішим стає використання біодизельного палива як добавку [4-11], яке екологічно та безпечно.

Фізичні методи своє чергу можна розділити на традиційні (класичні) і нетрадиційні (перспективні). До традиційних належать відстоювання, центрифугування, фільтрування. Ці способи дозволяють позбутися різних механічних домішок та води. Обробка нетрадиційними способами дозволяє змінювати структуру та властивості вихідного палива без використання реагентів [12, 13].

До нетрадиційних (перспективних) способів відноситься обробка палива хвильовим впливом:

- електромагнітними хвилями;
- акустичними хвилями;
- комбінований вплив.

Найчастіше використовується комбінація різних хвильових впливів: електромагнітна обробка, віброструминна, вібромагнітна і т.д. [12].

Жоден із перерахованих способів, не працює ефективно. У зв'язку з цим, сучасний погляд на проблему покращення якості дизельного палива полягає у комплексному підході до її вирішення. А саме, використання спільно з різними методами обробки палива присадок різної природи. Одним із перспективних напрямків, в силу позитивної динаміки, є використання як присадки біодизельного палива.

Біодизельне паливо являє собою олії різних рослин (soя, редька, гірчиця, соняшник, суріпка, льон та ін.) [9,10] або метилові ефіри жирних кислот цих рослинних олій, які використовуються як добавки для одержання дизельного сумішевого палива. Фізико-хімічні властивості біодизельного палива на основі метилових ефірів олії найбільш близькі до властивостей нафтового дизельного палива.

Дизельне сумішеве паливо [12] має ряд незаперечних переваг перед дизельним:

- економить нафтове паливо;
- має покращені змащувальні властивості;
- знижує вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах, що викидаються двигуном в атмосферу;
- знижує вуглецеві накопичення в камері згорання та на клапанах головки блоку циліндрів;
- має підвищене в порівнянні з нафтовим паливом цетанове число.

## 1.2 Комбінована обробка дизельного палива

Одним із видів комбінованої обробки дизельного палива є комплексний вплив на оброблюване середовище внаслідок якого утворюється ефект кавітації. Нині під кавітацією розуміють утворення бульбашок (по-іншому їх називають каверни або порожнечі) рідинах та подальше їх руйнування. Кавітація може виникати через вібрації, шуму, ерозії, світла.

Більшість дослідників стверджує, що перед руйнуванням бульбашки на поверхні пульсують, а потім зникають за рахунок контакту з іншими, що знаходяться поруч бульбашками. Встановлено, що у рідкому середовищі обробленому ультразвуком з'являються механічні сили, з напором  $1,01 \times 10^5$  МПа.

Залежно від причин виникнення кавітація буває акустична (виникає через проходження акустичної хвилі великої інтенсивності), гідродинамічна (за рахунок зниження тиску), електродинамічна, п'єзоелектрична, магнітострикційна та механічна.

Для створення кавітації використовують різні генератори, такі як гідродинамічні, електродинамічні, п'єзоелектричні, магнітострикційні, механічні. Найпоширенішими є гідродинамічні генератори.

Принцип роботи цих генераторів заснований на коливанні резонуючих елементів потоку рідини. Як елементи виступають пластини, стрижні різних розмірів та конфігурацій. Паливо чи будь-яка інша рідина з великою швидкістю при виході із сопла потрапляє на резонуючий елемент і виникає пульсація та кавітація.

Відомі гідродинамічні пристрої з обертовими та нерухомими робочими органами, зі струминними кавітаторами, та його комбінація. Прикладом таких конструкцій є труба Вентурі.

У багатьох роботах вивчено вплив одночасно ультразвуку та електричного поля (напруженість становила 100 В/м). Обробка електромагнітним полем дає зниження кінематичної в'язкості 2,5 %, температури спалаху та поверхневого

натягу на 4% та 5% відповідно. Однак, однією електромагнітної обробки недостатньо для диспергування колоїдних частинок. Подальшу обробку проводили комбіновано з ультразвуковою.

Пристрій встановлений перед дизельним двигуном при обробці палива зафіксовано зниження споживання палива до 5 %, температури відпрацьованих газів – 15%. При чотириразовій обробці зниження витрати – 15%. На рис.1 показано залежність максимального та середнього діаметрів паливних частинок від часу обробки в ультразвуковій установці УЗДН-2Т. Частота озвучування становила 22 кГц. Оптимальний час обробки 100 мл палива – 60 с.

Недоліком цього пристрою є відсутність можливості регулювання та налаштування рівня впливу під різні види дизельного палива.

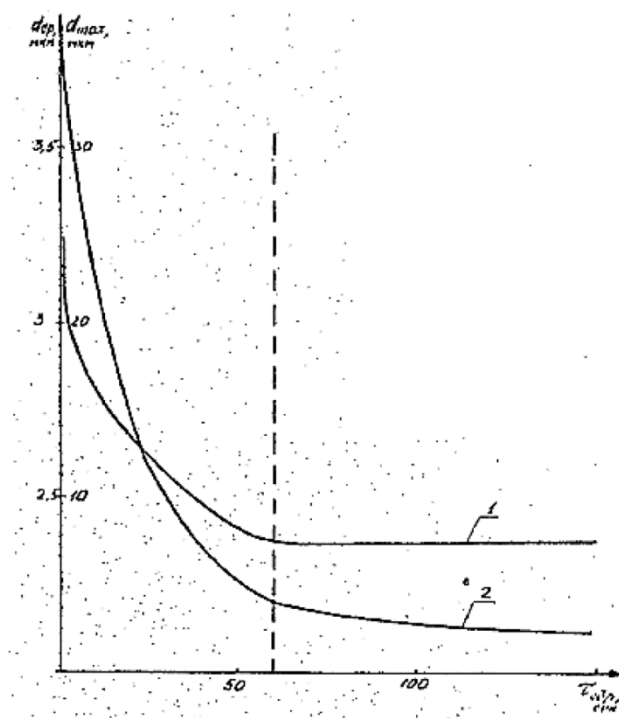


Рис. 1.4. Залежність максимального – 1 та середнього – 2 діаметрів частинок у дизельному паливі від часу обробки в ультразвуковій установці УЗДН-2Т

Іншим варіантом комбінованої обробки дизельного палива є механічний вплив.

Так уже в 40-х роках. минулого століття з'явилися дані щодо можливості впливу механічних впливів на розрив вуглеводневих ланцюжків. Встановлено, що розрив вуглеводневих ланцюжків відбувається за рахунок механічних впливів без застосування спеціальних хімічних реагентів. Таке явище назвали механохімічний процес чи ефект.

Механохімічний процес або механовплив може виникати за рахунок: пресування, вальцювання, прокатування, розтирання, диспергування, продавлювання через капіляри та щілини. При значному механовпливі в молекулах рвуться ковалентні зв'язки з вивільненням енергії понад 400 кДж/моль.

Починаючи з 60-х років ХХ століття, вивчення механоактивації все більше зачіпає вуглеводневі палива та моторні оливи. Встановлено, можливі розриви молекулярних ланцюгів, що призводить до зміни складів та властивостей палив та олів.

Одним із способів підвищення якості дизельного палива є обробка водопаливної емульсії в режимі імпульсної акустичної кавітації у роторному апараті з модуляцією потоку. В ході обробки палива, відбувається його очищення від механічних домішок, смол, парафінів. Відмінна особливість способу в тому, що грубодисперсна водопаливна емульсія піддається багаторазовому глибокому диспергуванню та інтенсивному перемішуванню в даному апараті. Однак, роторний апарат з модуляцією потоку - складний пристрій, що має зазори з малим рівнем допуску. До того ж, технологічно має встановлюватися у стаціонарному місці, тобто не допускає встановлення на автотракторну техніку.

Прикладом механічного впливу є змішувач-активатор Ю.В. Воробйова. У цьому змішувачі встановлені камери, які здійснюють кінематичний та кавітаційний вплив на паливо. За рахунок своєї конструкції, змішувач дозволяє змішувати паливо з присадками, а також змінювати структуру вихідного палива за рахунок порушення міжмолекулярної взаємодії. Паливо виходить «активованим», тобто. у його складі зменшується частка важких вуглеводнів та

збільшується легких, що підтверджується хроматографічними дослідженнями. Концентрація гексану, гептану підвищилася до 37%. У бензині вміст октановизначального толуолу підвищувалося до 16%, авіагасу – нонану та декану – до 21%. Крім того, активатор здатний працювати на мазуті, рапсовій оліві.

Внаслідок експлуатації дизельних двигунів з активатором палива відмічено зниження витрати дизельного палива, зниження викидів відпрацьованих газів, зниження сірки на 0,03 до 0,02%, смол 7 до 0,8 мг/100 мл.

Змішувач-активатор Ю.В. Воробйова дозволяє отримати гідродинамічну кавітацію, але акустична кавітація дає більш ефективні результати щодо покращення фізико-хімічних властивостей палива.

Відомий комбінований статичний змішувач-активатор для одержання водно-біопаливної емульсії (рис. 1.5).

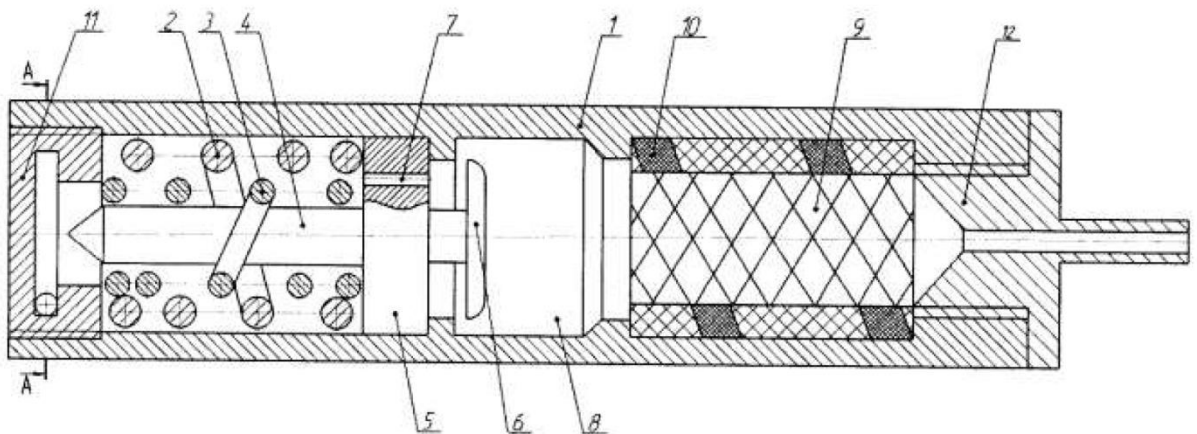


Рис. 1.5. Схема основних елементів змішувача для отримання водно-біопаливної емульсії: 1 – корпус; 2 та 3 – гвинтові елементи; 4 – циліндричний стрижень; 5 – циліндрична вставка; 6 – плита із заокругленими по радіусу краями; 7 – канали; 8 – проміжна камера; 9 - просторові ґрати; 10 – кільцеві магніти; 11 – сопло з тангенціальним введенням; 12 - торцева кришка.

Комбінований статичний змішувач-активатор із гідродинамічною кавітацією та магнітним впливом, володіє кращими показниками по дії на паливо в порівнянні з попереднім активатором. Але, в його конструкції є ряд недоліків, а саме відсутність можливості внесення змін без перетворень



конструкції, магнітна обробка палива менш ефективна порівняно з ультразвуковою.

### **Висновки по розділу.**

Таким чином, необхідно встановити закономірності застосування комбінування ультразвукових коливань з багатофакторною обробкою та добавок з урахуванням біодизельного палива.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Загальна методика досліджень

Схема загальної методики досліджень представлена рис. 2.1. На першому етапі проводився літературний огляд відомих способів обробки та покращення якості палива дизельних двигунів, а також можливості використання біодизельного палива для отримання дизельного палива. Після постановки мети та завдань досліджень здійснювали опис загальної технологічної схеми обробки дизельного сумішевого палива, теоретичний розрахунок ультразвукового модуля комбінованого модуль-змішувача. Наступний етап – це розробка методик експериментальних досліджень. Експериментальні дослідження проводились у лабораторіях.

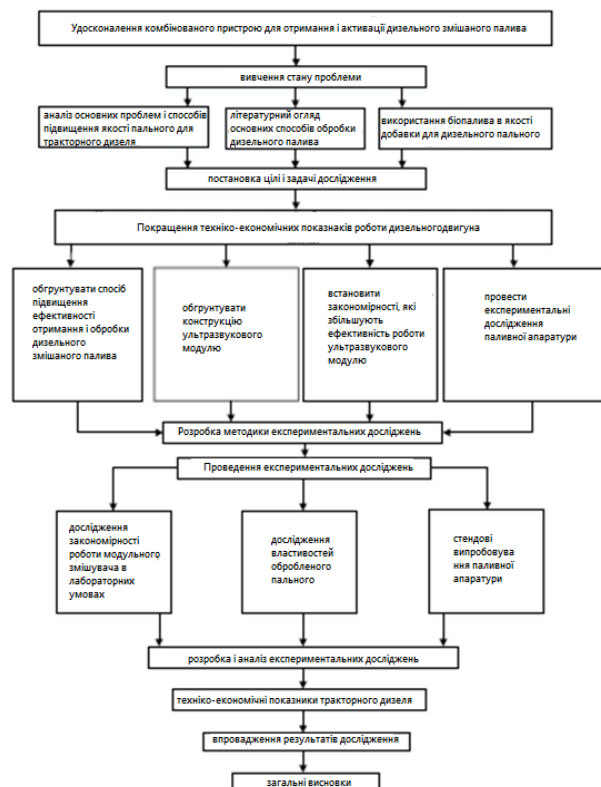


Рис. 2.1. Схема основних етапів проведення дослідження

У випробуваннях використовувалося дизельне паливо ЄВРО клас 3, 4, 5, ДСТУ Р 52368-2005 (ЄН 590:2009).

## 2.2 Методика дослідження впливу ультразвукової обробки на дизельне та дизельне змішане паливо

Попередньо обробку дизельного та дизельного сумішевого палива здійснювали на лабораторній установці Qsonica sonicators Q700 (рисунок 2.2) з частотою механічних коливань 20 кГц та максимально випромінюваною потужністю до 700 Вт.

Для отримання дизельного змішаного палива використовували біодизельне паливо, синтезоване за методикою розробленої лабораторією на лабораторній установці Qsonica sonicators Q700 (рисунок 2.2) з одноатомного спирту, гомогенного каталізатора та олії.

Джерелом рослинної олії були такі рослини як, індау, сафлор, рудик, мікроводорості, некондиційне насіння рослин, а також некондиційне фритюрне масло.



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд лабораторної установки Qsonica sonicators Q700: А) загальний вигляд ультразвукової камери Б) Синтез біодизельного палива та панелі управління

У ультразвукову камеру поміщають досліджуваний зразок дизельного палива (компоненти для синтезу біодизельного палива), опускають зонд і закривають дверцята ультразвукової камери. На сенсорному екрані панелі

керування встановлюють параметри обробки (час, амплітуду, температуру) та за допомогою кнопки «Run» здійснюють запуск встановленої програми.

Діаметр наконечника зонда диктує кількість зразка, який можна ефективно обробити. Малі діаметри зонда постачають фокусувати енергію високої інтенсивності всередині малої сконцентрованої області, великі діаметри можуть обробляти більші обсяги, але пропонують нижчу інтенсивність енергії.

Співвідношення амплітуди та потужності. Потужність ультразвуку вимірюється у Вт. Амплітуда – це вимір відхилення кінчика зонда. Ультразвуковий процесор був розроблений так, щоб підтримувати постійну амплітуду, незалежно від змін навантаження. У міру обробки рідини навантаження на зонд буде змінюватися через зміни у зразку рідини (наприклад, в'язкість, концентрація, температура тощо). У міру збільшення опору руху зонда (збільшення навантаження на зонд) джерело живлення подаватиме додаткову потужність для забезпечення того, щоб відхилення на кінчику зонда залишалося постійним. Покази потужності змінюватимуться зі зміною навантаження, проте амплітуда залишиться незмінною. Опір руху зонда визначає, яка потужність подаватиметься підтримки амплітуди.

Ефективність обробки ультразвуком вимірюється інтенсивністю кавітації, а не загальною потужністю, що додається до системи. Інтенсивність безпосередньо пов'язана з амплітудою випромінюючої поверхні наконечника. Саме амплітуда має забезпечуватися, підтримуватися та контролюватись.

Вибір зонда відповідного розміру є критичним фактором при ультразвуковій обробці зразка. Об'єм оброблюваної проби повинен відповідати діаметру наконечника зонда. Кожен зонд має рекомендований діапазон об'єму проби. Відповідності оброблюваного обсягу та діаметра наконечника представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Відповідності оброблюваного об'єму та діаметра наконечника

Діаметр наконечника		Діапазон обсягу обробки
1/16"	2 мм	0,2 мл ... 5 мл
1/8"	3 мм	1 мл ... 15 мл
1/4"	6 мм	10 мл .. 50 мл
1/2"	12 мм	20 мл ... 250 мл
3/4"	19 мм	50 мл ... 500 мл
1"	25 мм	100 мл ... 1000 мл

У разі невідповідності об'єму, що обробляється діаметру наконечника спостерігаються зони застою.

Друга проблема – це спінювання. Вона часто виникає за обсягу зразків менше 1 мл. Причиною спінювання зазвичай є 3 проблеми: амплітуда занадто велика для невеликого обсягу, наконечник занадто великий для об'єму або наконечника вставлено на неправильну глибину.

### 2.3 Методика обробки палива у комбінованому модуль-змішувачі

На рис. 2.3 подано зовнішній вигляд установки для обробки палива. Установка складається із комбінованого модуль-змішувача, ємностей вихідних продуктів, насосів. На початковому етапі відбувається завантаження дизельного та біодизельного палива в баки. Далі насосами паливо подається до комбінованого модуль-змішувача для отримання дизельного сумішевого палива. Одночасно із отриманням дизельного сумішевого палива відбувається багатофакторний вплив на суміш (гідродинамічну, кавітаційну, ультразвукову) у комбінованому модуль-змішувачі. Після отримання та обробки дизельне паливо для подальшої роботи перенаправлялося в один з баків. Тиск на вході в змішувач відлежувався за манометром, коефіцієнт відношення висоти сопла до ширини змінювався шляхом заміни ультразвукового модуля. Для отримання дизельного

сумішевого палива використовували біодизельне паливо, синтезоване за методикою розробленої лабораторією в модуль-змішувачі, з одноатомного спирту, гомогенного каталізатора та олії (рис. 2.3). Джерелом рослинної олії були такі рослини як, індау, сафлор, рудик, мікроводорості, некондиційне насіння рослин, а також некондиційне фритюрні олії.



а

б

Рис. 2.3. Загальний вигляд установки (а) та загальний вигляд установки модуль-змішувач (б)

Вплив параметрів ультразвукової обробки на якість дизельного та дизельного сумішевого палива проводили за методикою багатofакторного експерименту [10].

Як план проведення експерименту був обраний ортогональний центрально-композиційний план другого порядку, з кількістю дослідів у центрі плану рівним 4 і зоряним плечем для трифакторного експерименту  $\alpha=1215$  (таблиця 2.2).

За критерій оптимізації «Y» прийнято кінематичну в'язкість палива  $\nu$ .

Вихідними факторами досліджуваного процесу взято: коефіцієнт  $\lambda$  відношення висоти сопла до його ширини, час обробки, тиск на вході в змішувач - « $X_1, X_2, X_3$ » відповідно.

Таблиця 2.2 – Ортогональний, центральний композиційний план (ОЦКП) для  $k=3$  (де  $k$  – число факторів)

Місце плану	Номер досліджу	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Ядро плану ПФЄ $2^3$	1	0,4	30	202,6
	2	0,2	30	202,6
	3	0,4	6	202,6
	4	0,2	6	202,6
	5	0,4	30	101,3
	6	0,2	30	101,3
	7	0,4	6	101,3
	8	0,2	6	101,3
Зіркові точки	9	0,42	18	151,95
	10	0,18	18	151,95
	11	0,3	32,58	151,95
	12	0,3	3,42	151,95
	13	0,3	18	213,5
	14	0,3	18	90,4
Центр плану	15	0,3	18	151,95

#### 2.4 Методики проведення дослідження роботи дизельного двигуна у польових умовах

Дослідження впливу, обробленого в комбінованому модуль-змішувачі палива на роботу дизельного двигуна в польових умовах, проводили на тракторах ЮМЗ-6Л (з двигуном марки Д – 65Н), з вбудованим у паливну апаратуру комбінованим модуль-змішувачем, та ЮМЗ-6АЛ (Д – 65Н) з паливною апаратурою у штатній комплектації. Дослідження склалися із двох етапів. На першому оцінювали продуктивність дизеля трактора ЮМЗ-6Л (з двигуном марки Д – 65Н) із встановленим модуль-змішувачем. На другому вироблялося порівняння ресурсних характеристик паливних апаратів,

встановлених на тракторах ЮМЗ-6Л та ЮМЗ-6АЛ, що працюють на різних видах палива. У ході досліджень оцінювали роботу тракторів з техніко-економічних та екологічних параметрів.

Проводили вимірювання продуктивності трактора ЮМЗ-6Л, витрати пального та питомої витрати палива на одиницю виконаної роботи (рисунок 2.8).

Як польові дослідження було обрано оранку ділянки експериментального староорного поля, яке проводилося в суху погоду на горизонтальній ділянці плугом ПН-3-35. Перед роботою плуг був відбудований на глибину оранки 0,22 м, було виконано приорювання та контрольна перевірка регулювання навісного обладнання для оранки на задану глибину. Площа ділянки кожного експерименту становила 0,1 га.

У процесі досліджень у паливний бак заливалося певна кількість палива. Вимірювався час кожного експерименту. Після закінчення кожного етапу, залишки палива зливалися і зважувалися, змінювалися фільтри тонкого очищення і прокачувалося паливна система для наступного вимірювання. За різницею рівнів залитого та злитого палива обчислювали витрати палива в даному експерименті.



а

б

Рис. 2.4. Дослідження дизельного двигуна в польових умовах: а) Злив дизельного сумішевого палива; б) Оранка експериментальної ділянки

Результати вимірювань заносили до протоколу у триразовій повторності на кожному виді палива. Витрата палива  $G_m$ , кг/год визначався за формулою (2.1):

$$G_T = \frac{\Delta G_T}{\Delta \tau}, \quad (2.1)$$



де  $\Delta G_T$  - навішування палива, кг;

$\Delta \tau$  – час, за який витрачається навішування палива, год.

Питома витрата палива на одиницю виконаної роботи  $q$ , кг/га визначалася за формулою (2.2):

$$q = \frac{G_T \cdot \Delta \tau}{S}, \quad (2.2)$$

де  $S$  - площа експериментальної ділянки, га;

Продуктивність трактора розраховували за формулою  $P$ , га/год:

$$P = \frac{S}{\Delta \tau}, \quad (2.3)$$

Вимірювання димності проводили за методикою [11] за допомогою димоміру Інфракар Д (рис.2.5). Принцип роботи димоміру полягає у вимірі інтенсивності світла під час його проходження через відпрацьовані гази. Димомір складається з: оптичного блоку; дистанційний пульт керування; зонд для горизонтально розташованої випускної системи з пробовідбірним шлангом; зонд для вертикально розташованої випускної системи з пробовідбірним шлангом; датчик частоти обертання колінчастого валу; датчик температури олії.



А) Зовнішній вигляд приладу

Б) Вимірювання димності на ЮМЗ-6Л

Рис. 2.5. Вимірювання димності відпрацьованих газів

Робочі умови застосування приладу: 1) живлення приладу: - від бортової мережі автотракторної техніки напругою (12+2,8/-1,2); - від мережі змінного струму напругою 220 В (- 15/+10) % та частотою 50 Гц  $\pm$  1 Гц; 2) температура навколишнього повітря від 0 до 35 0 С; 3) діапазон відносної вологості навколишнього середовища до 80% при 300°C; 4) атмосферний тиск 92 – 105

кПа. Для визначення у складі вихлопних газів концентрацію вуглеводнів та суми оксидів азоту використовували портативний газоаналізатор ГІАМ-29М-4.

Газоаналізатор застосовується для контролю викидів забруднюючих речовин в атмосферу з відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання двигунів суден внутрішнього та змішаного плавання та інших дизельних двигунів.

Комплектація ГІАМ-29М-4 включає прилад, забірний зонд, блок живлення 220, футляр, провід для підключення приладу до персонального комп'ютера; кабель для підключення пристрою від бортової мережі.

Порівняння ресурсних характеристик проводили на аналогічних паливних апаратурах, встановлених на тракторах ЮМЗ-6Л та ЮМЗ-6АЛ протягом 960 мотогодин напрацювання в ході виконання сезонних робіт. Перед початком випробувань була проведена заміна плунжерів та підкачувальних насосів на двох ТНВД 65Н-1100150 (правий) та розпилювачів на двох комплектах форсунок з наступним регулюванням, налаштуванням та перевіркою технічного стану за стандартними методиками [11]. На трактор, що працює на дизельному сумішевому паливі (ЮМЗ-6Л), було встановлено додатковий бак під біодизельне паливо, а в паливну апаратуру було вбудовано модульний змішувач. Перед початком випробувань і після закінчення на тракторі, що працює на дизельному сумішевому паливі, проводився замір компресії, створюваних в циліндрах двигуна. Другий трактор ЮМЗ-6АЛ працював зі штатною паливною апаратурою на дизельному паливі. Через кожні 120 мотогодин напрацювання проводилася перевірка технічного стану за стандартними методиками [11].

### **Висновки по розділу**

В другому розділу магістерської роботи представлено методику проведення експлуатаційних досліджень.

### РОЗДІЛ 3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО СУМІШЕВОГО ПАЛИВА

Згідно з теоретичним обґрунтуванням раніше було визначено основні параметри ультразвукового модуля, які необхідні для обробки палива із заданою кінематичною в'язкістю та щільністю. Ці параметри використовували для виготовлення ультразвукового модуля.

Далі проводили багатофакторний експеримент із обробки дизельного палива на лабораторній установці з різними ультразвуковими модулями.

Вихідними факторами досліджуваного процесу взято:  $\lambda$  – коефіцієнт відношення висоти сопла до ширини, час обробки, тиск на вході в змішувач – « $X_1, X_2, X_3$ » відповідно. Після обробки паливо аналізувалося за основними фізико-хімічними показниками.

За критерій оптимізації « $Y$ » прийнято кінематичну в'язкість палива  $\nu$ . Як відомо, цей параметр є одним із основних показників якості дизельного палива. Відхилення кінематичної в'язкості від стандартних значень призводить до порушення роботи паливної апаратури, порушення процесу сумішоутворення та згоряння. Паливо, що має середній показник кінематичної в'язкості 3,5-4,0 мм<sup>2</sup>/с при 20°C має кращі властивості: більш високою проникною здатністю, що забезпечує більш легкий запуск та стабільну роботу двигуна за низьких температур.

В результаті ультразвукової обробки дизельного палива при різних параметрах з урахуванням плану експерименту отримано рівняння регресії, яке описує залежність  $\nu=f(\lambda, t, P)$ :

$$Y = 3,819 + 0,027X_1 - 0,145X_2 - 0,233X_3 + 0,123X_1X_2 - 0,036X_1X_3 - 0,06X_2X_3 + 0,366X_1^2 + 0,158X_2^2 - 0,142X_3^2 \quad (3.1)$$

Модель перевірено на адекватність за критерієм Фішера.

Вплив вхідних факторів на зміну кінематичної в'язкості досліджуваного палива при нульових рівнях варіювання  $X_1$ ,  $X_2$  і  $X_3$  відповідно представлено на рис. 1-3.

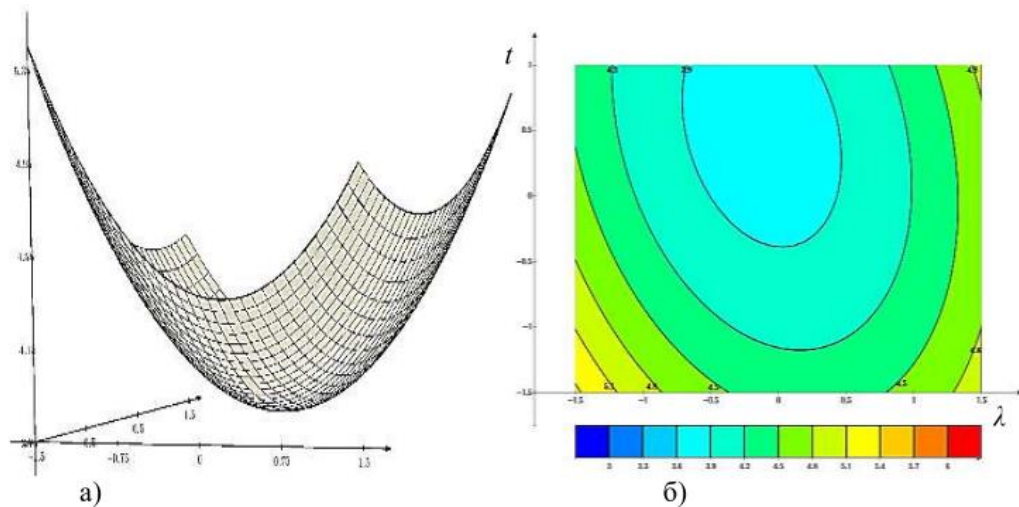


Рис. 3.1. Поверхня відгуку  $Y = f(X_1, X_2)$  (а), переріз поверхні відгуків  $X_1$ ,  $X_2$  (б) при нульовому рівні варіювання  $X_3$ .

Мінімальне значення кінематичної в'язкості (3,6-3,9 мм<sup>2</sup>/с) припадає на інтервал часу обробки в закодованому форматі від -0,2 до 1,5 та коефіцієнту відношення висоти сопла до ширини від -0,5 до 0,5, що відповідає значенням 15,6 – 36 с, 0,25 – 0,35 (рис. 1).

Мінімальне значення кінематичної в'язкості (3,31-3,48 мм<sup>2</sup>/с) припадає на інтервал коефіцієнта відношення висоти сопла до ширини в закодованому форматі -0,6 до 0,5 та тиску від 1 до 1,215, що відповідає значенням 0,24 – 0,35, 202,6 – 264 кПа (рис. 3.2).

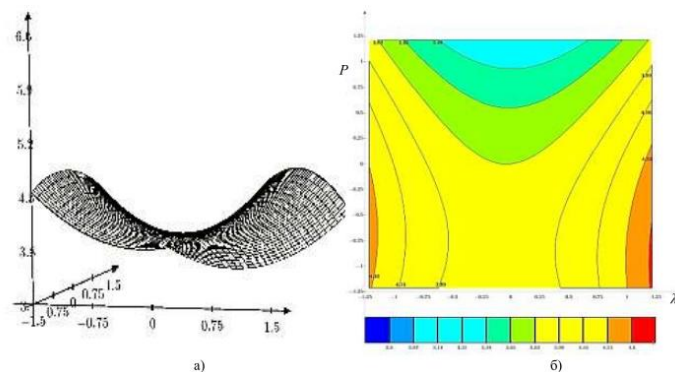


Рис. 3.2. Поверхня відгуку  $Y = f(X_1, X_3)$  (а), переріз поверхні відгуків  $X_1$ ,  $X_3$  (б) - при нульовому рівні варіювання  $X_2$ .

Мінімальне значення кінематичної в'язкості (3,2 – 3,4 мм<sup>2</sup>/с) припадає на інтервал часу обробки в закодованому форматі від 0,7 – 0,75 та тиску від 1,2-1,4, що відповідає значенням 38 – 39 с, 212,6 – 222,6 (рис. 3). Встановлено, що збільшення часу обробки та тиску позитивно впливає на зниження показника кінематичної в'язкості.

Для досягнення максимального зниження кінематичної в'язкості (3,4 – 3,6 мм<sup>2</sup>/с) дизельного палива визначено оптимальні параметри роботи змішувача: коефіцієнт відношення висоти сопла до ширини 0,25...0,35, час обробки 27...38 с та тиск 212...213 кПа.

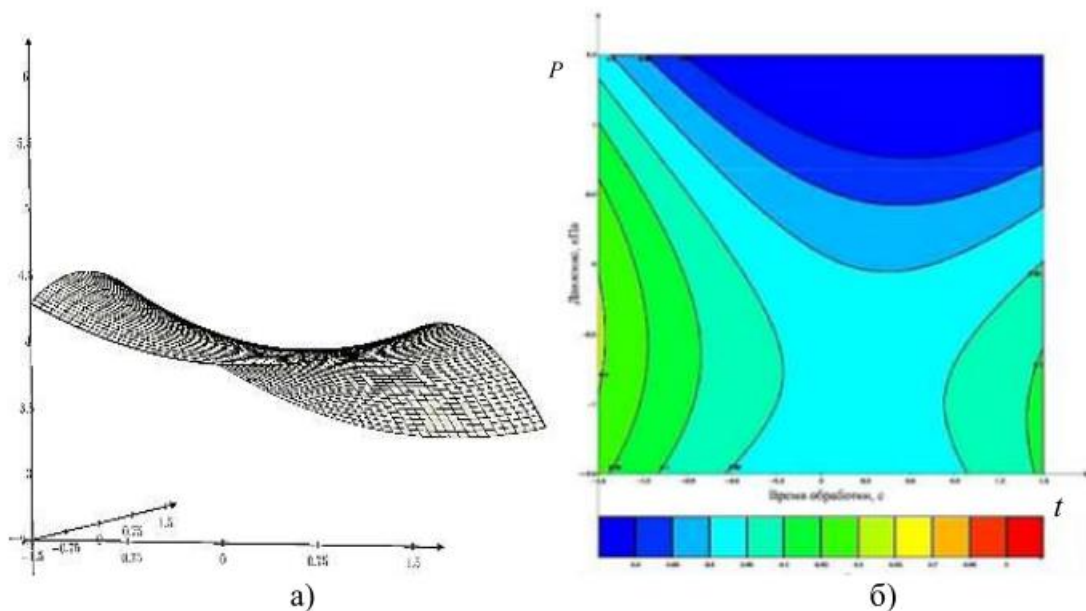


Рис. 3.3. Поверхня відгуку  $Y = f(X_1, X_3)$  (а), переріз поверхні відгуків  $X_2 X_3$  (б) при нульовому рівні варіювання  $X_1$ .

Таким чином, коефіцієнт відношення висоти сопла до ширини 0,25...0,35 перебігу 27...38 с і тиску 212...213 кПа здатний знизити значення кінематичної в'язкості на 28...30% (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Значення кінематичної в'язкості

Дизельне паливо, % біодизельного палива.	Кінематична в'язкість мм <sup>2</sup> /с до обробки	Кінематична в'язкість мм <sup>2</sup> /с після обробки
0	4,7	3,40
5	4,8	3,41
10	5,0	3,54
20	5,5	4,02
30	5,8	4,12
40	6,3	4,56
50	7,1	4,8
100	7,4	5,6

Дослідження показали, що при заданому тиску обрана конструкція комбінованого модуля – змішувача дозволяє досягти зниження в'язкості 5 – 20% дизельного сумішевого палива до 3 – 4 мм<sup>2</sup>/с, що дає оптимальні показники роботи паливної апаратури за 20 °С.

### **3.2. Дослідження ресурсних характеристик паливних апаратів у польових умовах, залежно від обраного палива**

Виходячи з результатів дослідження впливу параметрів ультразвукової обробки на властивості дизельного сумішевого палива, порівняння властивостей обробленого комбінованим модуль - змішувачем дизельного сумішевого палива та не обробленим, стендових випробувань роботи паливної апаратури трактора В якості основного досліджуваного палива було вибрано 20% дизельне паливо суміш. На підставі параметрів роботи підкачувального насоси ТНВД та розрахункових даних ультразвукового модуля був виготовлений комбінований модуль – змішувач для роботи з 20% дизельним паливом (рисунок 3.4).

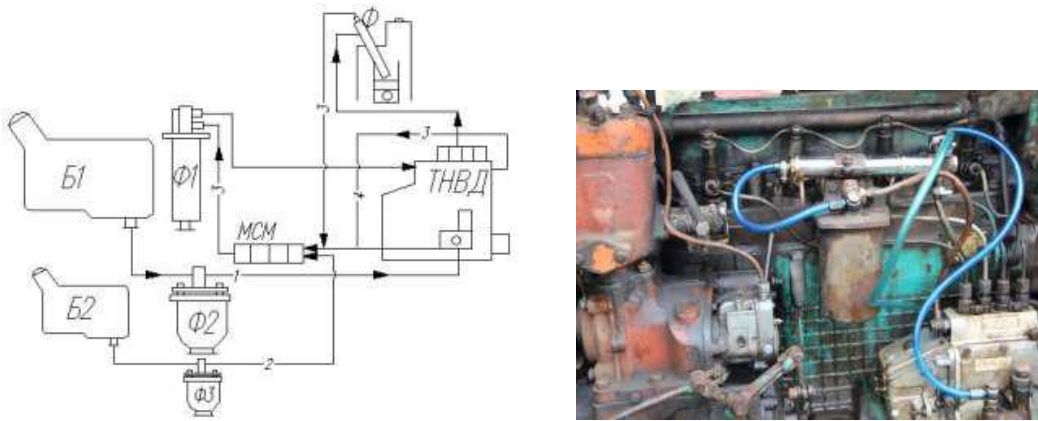


Рис. 3.4. Схема та фото паливної системи трактора ЮМЗ-6Л із вбудованим комбінованим модуль-змішувачем: Б1 – бак для дизельного палива, Б2 – бак для біодизельного палива, Φ1 – фільтр тонкого очищення, Φ2 – фільтр грубого очищення, Φ3 – фільтр грубого очищення, ЧСЧ – модуль-змішувач, ТНВД – паливний насос високого тиску, Ф – форсунки. 1 – дизельне паливо; 2 – біодизельне паливо; 3 – дизельне сумішове паливо; 4 – дренаж

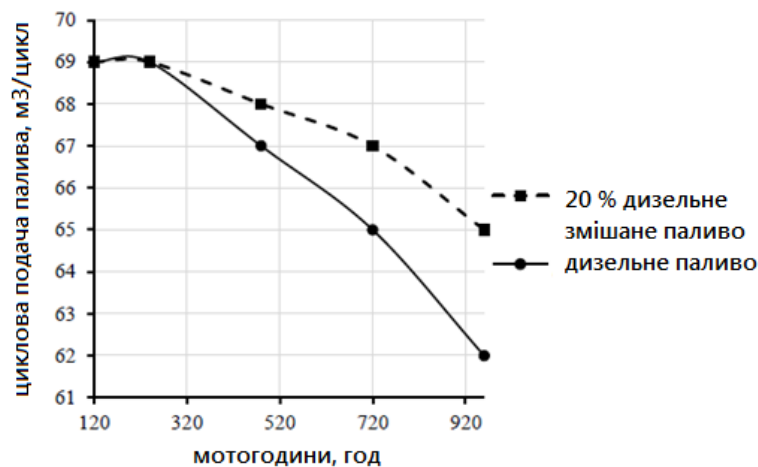


Рис. 3.5. Динаміка зміни циклової подачі палива залежно від мотогодин

На рисунку 3.5 показано динаміку падіння пускової подачі ТНВД.

Зміна пускової подачі почалася після 120 мотогодин напрацювання. Після 120 мотогодин відбувалося поступове зниження рівня циклової подачі. На дизельному паливі швидше динаміка зниження рівня пускової подачі. Так після 960 годин напрацювання ТНВД, що працює на дизельному паливі, мав рівень пускової подачі понад 17 мм<sup>3</sup>/цикл. На суміші – 20 мм<sup>3</sup>/цикл.

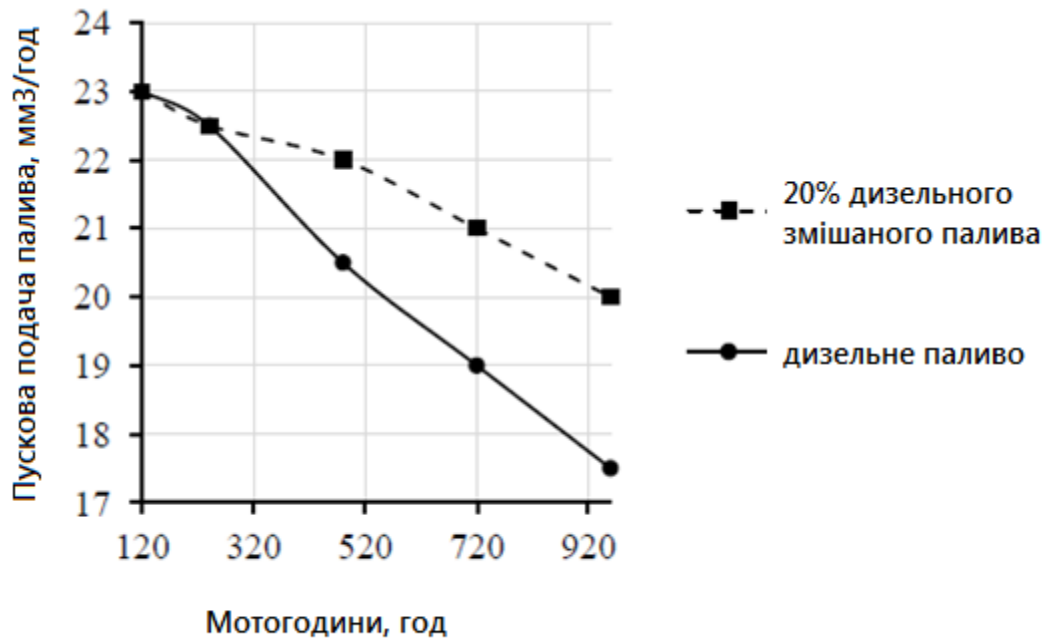


Рис. 3.6. Динаміка зміни пускової подачі палива від мотогодин

На рис. 3.6 показана динаміка падіння тиску насоса, що підкачує. В ході випробувань тиск не змінювалося перші 120 мотогодин, далі відбувалося поступове зниження тиску насоса, що підкачує. На дизельному паливі швидше динаміка зниження тиску. Так після 960 годин напрацювання насос, що працює на дизельному паливі, мав тиск в 175 кПа, на сумішовому - 190 кПа.

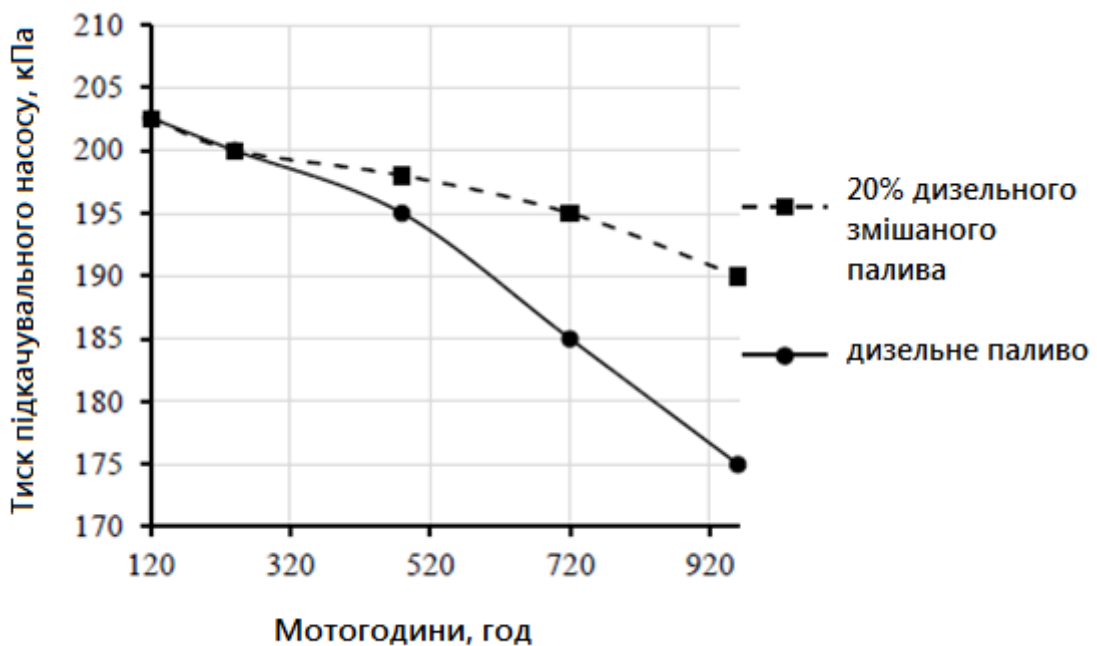


Рис. 3.7. Динаміка зміни тиск підкачувального насоса від мотогодин



У ході досліджень встановлено, що робота трактора на дизельному сумішковому паливі позитивно впливає на ресурс основних агрегатів паливної системи, таких як розпилювачі форсунок, плунжерні пари ТНВД, насос, що підкачує. Так у порівнянні з аналогічною паливною апаратурою, що працює на дизельному паливі, після 960 мотогодин напрацювання показники розпилювачів форсунок, що працюють на дизельному сумішковому паливі вище на 3 %, пускова подача плунжерних пар – на 12,5%, циклова подача плунжерних пар – на лун 6%, що підкачує насоса на 7,89% [11, 12].

Використання дизельного сумішкового палива спільно з модуль-змішувачем надає позитивний ефект на роботу та ресурс паливної апаратури.

### **3.5 Польові дослідження роботи дизельного двигуна із вбудованим комбінованим модуль – змішувачем**

Дослідження проводили на тракторі ЮМЗ-6Л із двигуном марки Д – 65Н.

Здійснювали вимірювання техніко-економічних показників у польових умовах, а також екологічних показників (димність, концентрація вуглеводнів, оксидів азоту у відпрацьованих газах). Результати виміру представлені у таблиці 3.2 – 3.3, малюнках 3.7 – 3.8.

Таблиця 3.2 - Екологічні показники двигуна Д-65Н

Показник	Вид палива			
	дизельне паливо	20% дизельне змішане паливо	30% дизельне змішане паливо	50% дизельне змішане паливо
Димність,%	56	50	48	47
Концентрація вуглеводнів, %	0,189	0,171	0,166	0,151
Концентрація оксидів азоту, %	0,285	0,29	0,31	0,32

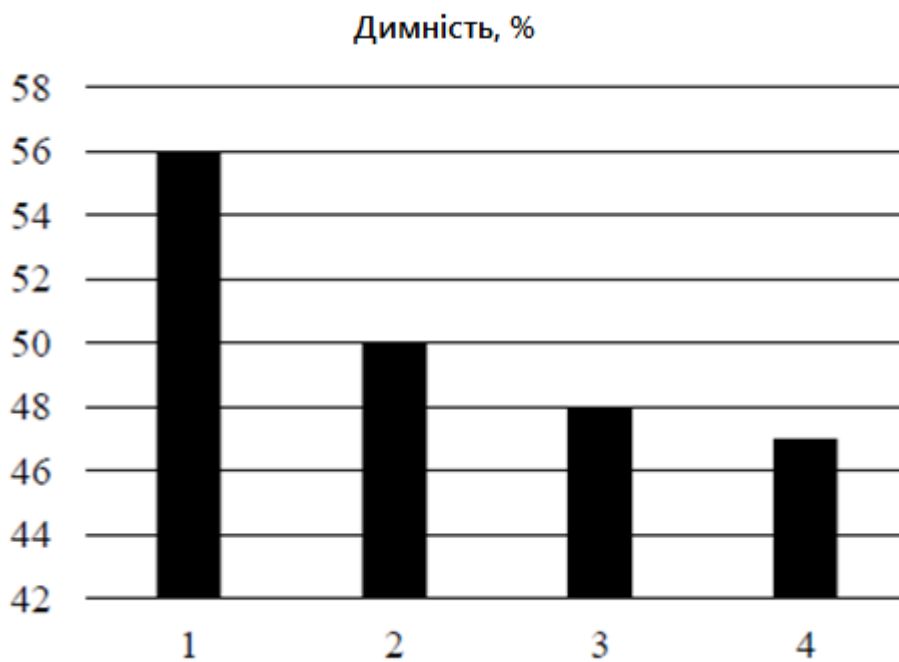


Рис. 3.8. Зміна димності відпрацьованих газів: 1 – дизельне паливо; 2 – 20% дизельне сумішове паливо; 3 – 30% дизельне сумішове паливо; 4 – 50% дизельне паливо.

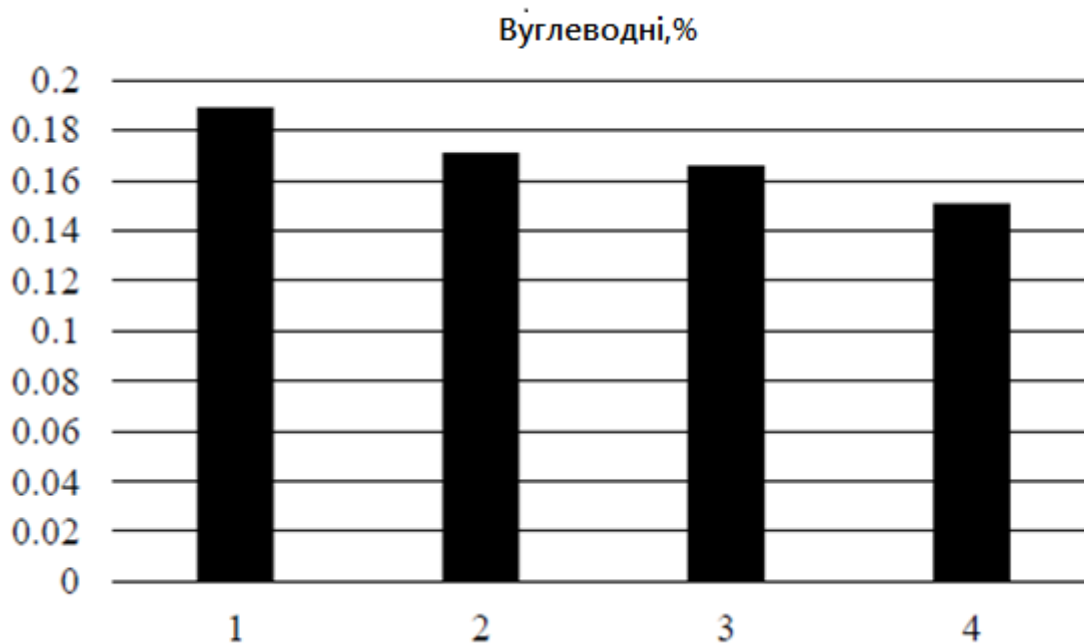


Рис. 3.9. Зміна сумарних вуглеводнів відпрацьованих газів: 1 – дизельне паливо; 2 – 20% дизельне сумішове паливо; 3 – 30% дизельне сумішове паливо; 4 – 50% дизельне паливо.



Рис. 3.10 – Зміна оксидів азоту відпрацьованих газів: 1 – дизельне паливо; 2 – 20% дизельне змішане паливо; 3 – 30% дизельне змішане паливо; 4 - 50% дизельне паливо.

Димність, концентрація вуглеводнів дизельного сумішевого палива у відпрацьованих газах зменшується в міру додавання до нього біодизельного палива, а концентрація оксидів азоту збільшується. Димність 20% дизельного сумішевого палива нижче дизельного палива на 11%, концентрація вуглеводнів на 9,5%, концентрація оксидів азоту вища на 1,7% [13].

Таблиця 3.3 - Техніко-економічні показники та продуктивність двигуна Д-65Н при роботі на різних видах палив

Показник	Вид палива			
	дизельне паливо	20% дизельне змішане паливо	30% дизельне змішане паливо	50% дизельне змішане паливо
$S$ , га	0,1	0,1	0,1	0,1
$\Delta\tau$ , год	0,26	0,24	0,28	0,29
$G_{\tau}$ , кг/год	8,05	7,94	8,2	8,26
$P$ , га/год	0,41	0,44	0,38	0,37
$q$ , кг/га	20,2	18,241	21,88	23,11



Рис. 3.11. Зміна продуктивності трактора ЮМЗ – 6Л під час роботи на різних видах палива: 1 – дизельне паливо; 2 – 20% дизельне сумішове паливо; 3 – 30% дизельне сумішове паливо; 4 – 50% дизельне паливо.



Рис. 3.12. Зміна питомої витрати пального на одиницю оброблюваної площі, кг/га: 1 – дизельне паливо; 2 – 20% дизельне змішане паливо; 3 – 30% дизельне змішане паливо; 4 – 50% дизельне паливо.

При випробуванні трактора із вбудованим комбінованим модуль-змішувачем на різних видах дизельних сумішевих палив та дизельному паливі встановлено зміну техніко-економічних показників та продуктивності трактора ЮМЗ – 6Л із двигуном Д-65Н. Максимальна продуктивність зафіксована при роботі на 20% дизельному паливі - на 7,5% вище, ніж при роботі на дизельному паливі. Подальше збільшення біодизельного палива до 30% та 50% у сумішевому призводить до зниження продуктивності на 7,5% та 10% відповідно. Це тим, що робочі параметра комбінованого модуль-змішувача підібрані під обробку 20% дизельного сумішевого палива.

Мінімальна питома витрата палива на одиницю оброблюваної площі зафіксована при роботі на 20% сумішевому паливі - на 9,3% нижче, ніж при роботі на дизельному паливі. Подальше збільшення біодизельного палива до 30% і 50% у суміші призводить до підвищення питомої витрати на одиницю оброблюваної площі на 8,8% і 15% відповідно.

### **Висновки по розділу**

1. Встановлено оптимальні параметри роботи ультразвукового модуля: коефіцієнт відношення висоти сопла до ширини 0,25-0,35, час обробки 27-38 с та тиск на вході в змішувач 212-213 кПа для досягнення максимального зниження кінематичної в'язкості

2. Застосування комбінованого модуль-змішувача сприяє покращенню основних фізико-хімічних показників палива: зниження значень кінематичної в'язкості (28 – 30%), щільності (2-3%), температури спалахи (на 15 ° С); збільшення цетанового числа (8%) та низькотемпературних властивостей 10% - 18%, проте при цьому низькотемпературні властивості 20% дизельного сумішевого палива залишаються гіршими, ніж у дизельного.

3. Встановлено зміну складу обробленого 20% дизельного сумішевого палива. Кількість легких та важких фракцій зменшилася на 0,19 % та на 3,61 % відповідно, а середніх збільшилась на 3,78 % порівняно з необробленим.

4. Встановлено залежності зміни тиску насоса, що підкачує, циклової подачі палива, пускової подачі палива при захопленні температури на різних видах палива. Циклова подача під час роботи на 50% (при 40°C) дизельному сумішевому паливі підвищується на 7,3 % (5 мм<sup>3</sup>/цикл) порівняно з дизельним паливом; пускова подача на 18% (4 мм<sup>3</sup>/цикл), а тиск насоса, що підкачує, на 3,75%. У досліджуваного ТНВД 65Н-1100150 спостерігається вихід за регульовальні показники роботи на паливах з кінематичною в'язкістю вище 4,5 мм<sup>2</sup>/с та нижче 3 мм<sup>2</sup>/с.

5. Встановлено поліпшення показників роботи паливної апаратури трактора на 20 % дизельному сумішевому паливі з вбудованим модуль-змішувачем після 960 мотогодин напрацювання. Показники розпилувачів форсунок підвищуються на 3%, пускова подача плунжерних пар – на 12,5%, циклова подача плунжерних пар – на 4,6%, насоса, що підкачує, на 7,89%.

6. Димність, концентрація вуглеводнів дизельного сумішевого палива у газах, що відходять, зменшується в міру додавання до нього біодизельного палива, а концентрація оксидів азоту збільшується. Димність 20% дизельного сумішевого палива нижче дизельного палива на 11%, концентрація вуглеводнів на 9,5%, концентрація оксидів азоту вища на 1,7%.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі розрахунків досліджень умов обробки палива, стендових випробувань паливної апаратури удосконалено конструкцію комбінованого модуль-змішувача, що складається з кількох модулів, які можна компоувати по-різному. Розроблено конструкцію ультразвукового модуля.

Удосконалений комбінований модуль-змішувач який змінює склад і властивості палива, що обробляється. Обробка вбудованим у паливну апаратуру автотракторної техніки комбінованого модуль-змішувача 20% дизельного палива дозволяє поліпшити техніко-економічні показники дизельного двигуна.

1. Обґрунтовано спосіб обробки дизельного та дизельного сумішевого палива комбінуванням хвильових впливів з ультразвуковою обробкою.

2. Розроблено конструкцію ультразвукового модуля комбінованого модуль-змішувача.

3. Встановлено оптимальні параметри роботи ультразвукового модуля: коефіцієнт відношення висоти сопла до ширини 0,25..0,35, час обробки 27...38 с та тиск 212...213 кПа.

5. Встановлено покращення властивостей та складу обробленого палива комбінованим модуль-змішувачем: зниження кінематичної в'язкості (28 - 30%), щільності (2-3%), температури спалаху (на 15°C), легень (0,19%) та важких фракцій (3,61%); збільшення цетанового числа (8%); середніх фракцій (3,78%).

6. Встановлено підвищення параметрів роботи паливної апаратури на 50% дизельному сумішевому паливі (при 40°C): циклової подачі на 7,3%, пускової подачі на 18% та тиску насоса на 3,75%.

Встановлено покращення параметрів роботи паливної апаратури на 20% дизельному сумішевому паливі після 960 мотогодин напрацювання паливної апаратури трактора з вбудованим комбінованим модуль-змішувачем: показників розпилювачів форсунок на 3 %, пускової подачі плунжерних пар – на 12,55 6%,

що насоса підкачує на 7,86% в порівнянні з показниками аналогічної паливної апаратури, що працює на дизельному паливі.

7. Встановлено зміну екологічних та техніко-економічних показників при роботі трактора на обробленому 20% дизельному сумішевому паливі: димність знижується на 11%, концентрація вуглеводнів знижується на 9,5%, концентрація оксидів азоту підвищується на 1,8%, продуктивність підвищується на 7,5%, Питома витрата палива на одиницю оброблюваної площі знижується на 9,3%.

8. Визначено раціональне співвідношення дизельного та біодизельного палив (80%:20%).



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шеховцов А.Ф. Экспериментальное исследование автотракторного дизеля СМД-17Н при его работе на рапсовом масле и его смесях с дизельным топливом. *Вісник Національного технічного університету „ХПІ”*. Харків: НТУ „ХПІ”, 2001. № 2. С.119-123.
2. Заєць М.Л., **Сидоренко В.В.** Дослідження впливу параметрів ультразвукової обробки на властивості дизельного палива. Студентські читання–2022: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 30 листопада 2022 р. Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 18-21.
3. Заєць М.Л., Сукманюк О.М., **Сидоренко В.В.** Комбінована обробка дизельного палива. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022.С. 289-293.
4. **Сидоренко В.В.** Аналіз основних способів підвищення якості дизельного палива. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 262-263.
5. Девянин С.Н., Марков В.А., Коршунов Д.А. Использование смесевых биотоплив в дизелях. *Сборник научных трудов по проблемам двигателестроения, посвященный 175-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана*. Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. С. 63-68.
6. Кириченко В.І. Вітчизняні мастильні матеріали: нові базові компоненти для якісних мастильних композицій. *Тези допов. міжнар. наук.-техн. конф.*

«Зносостійкість і надійність вузлів тертя машин». Хмельницький. 2001. С. 49-51.

7. Дмитрієва Т. В. Властивості технологічних композицій на основі поліоксипропіленгліколів і ріпакового масла. *Композиційні полімерні матеріали*. 2003. Т. 25 № 1. 478 С. 66-71.

8. Фадеев С. А. Улучшение показателей тракторных двигателей при работе на биотопливе, обработанном ультразвуком: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.20.03 – «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве». Саратов, 2011. 18 с.

9. Поляков А. П. Покращення показників дизеля зміною пропорцій дизельного та біодизельного палив в паливній суміші. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил*. 2013. Вип. 3. С. 167-169.

10. Ефанов А. А. Улучшение экологических характеристик дизеля регулированием состава смесового биотоплива: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.04.02 – «Тепловые Двигатели» Москва. 2008. 20 с.

11. Марков В. А. Использование смесей дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла в качестве топлива для транспортных дизелей. *Инженерный журнал: Наука и инновации, электронное научно-техническое издание*. 2013. 16 с.

12. Левківський О. О. Поліпшення паливної економчності і екологічних показників вантажних автомобілів при використанні біодизельного палива: автореф. дис.. кандидат техн. наук: 05.22.20. Київ : НТУ, 2013. – 20 с

13. Demirbas, Ayhan. Biodiesel A Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines. s.l. : Springer-Verlag London Limited , 2008.

14. Желєзна Т.А. Стан розвитку та перспективи виробництва і застосування рідких палив з біомаси. Частина 2. *Екотехнологии и ресурсосбережение*. 2004. №3. С 3-8.

15. Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.cti2000.it/Bionett/BioD2005-101%20Biodiesel%20in%20the%20EU.pdf>.

16. Ільченко А.В. Вплив домішок рослинних олій до дизельного палива на димність відпрацьованих газів двигуна. *Вісник ЖДТУ*. 2007. № 1(40). С. 29-33.

17. Поляков А.П. Спосіб забезпечення необхідних техніко-економічних та експлуатаційних характеристик дизельного двигуна при переводі його на роботу на біодизельному паливі [Електронний ресурс]. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2012. №3. Режим доступу: [praci.vntu.edu.ua/article/download/2330/2588](http://praci.vntu.edu.ua/article/download/2330/2588).