

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ А.Г. Галстян
« ____ » _____ 2020р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»

освітньо-професійної програми «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

Тема: «Покращення низькотемпературних властивостей біодизельних палив»

Виконавець: _____ студентка групи АП-204М Матвіїшин Х.З

Керівник: _____ к.т.н., проф., Матвеева О.Л.

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ Халмурадов Б.Д.

Консультант розділу «Охорона навколишнього

середовища» _____ Гай А.Є.

Нормоконтролер: _____ Максимюк М.Р.

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»
ОПП «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ А.Г. Галстян

«_____» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Матвійшин Христини Зеновіївни

1. Тема роботи: «Покращення низькотемпературних властивостей біодизельних палив» затверджена наказом ректора від «02» жовтня 2020 р. № 1897/ст.
2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 року по 31.12.2020 року.
3. Вихідні дані до роботи: дизельне паливо марки ДП-Л-Є5-В0; етиловий естер синтезований на основі рижієвої олії; 3 типи досліджуваних присадок: депресорна присадка Pachem-BioCFI-20, зимовий пакет присадок bioesters Pachem-BZ, літній пакет присадок Pachem-BL.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Аналіз актуальності роботи. Розділ 2 Об'єкти та методи дослідження. Розділ 3. Вплив присадок на низькотемпературні властивості біодизельного палива. Розділ 4. Охорона навколишнього середовища Розділ 5. Охорона праці і техніка безпеки. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи	05.10.2020-18.10.2020	
2.	Опрацювання літературних джерел по використанні біодизельного палива та впливу присадок на низькотемпературні властивості	18.10.2020-01.11.2020	
3.	Проведення експериментальних досліджень та побудова діаграм	01.11.2020-22.11.2020	
4.	Обробка експериментальних даних	22.11.2020-02.12.2020	
5.	Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці	02.12.2020-08.12.2020	
6.	Узагальнення матеріалу, оформлення роботи, підготовка доповіді та презентації	08.12.2020-23.12.2020	
7.	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.2020 - 24.12.2020	

7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.ф-м.н., доц. Гай А.Є.		
Охорона праці	к.м.н., доц. Халмурадов Б.Д.		

Дата видачі завдання: «05» жовтня 2020 р.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ к.т.н., проф. Матвєєва О.Л.

Завдання прийняла до виконання _____ Матвіїшин Х.З..

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Покращення низькотемпературних властивостей біодизельних палив»: 87 с., 23 рис., 16 табл., 31 літературних джерел.

Мета роботи: покращення низькотемпературних властивостей біодизельного палива за допомогою присадок.

Об'єкт дослідження: Вплив присадок на низькотемпературні властивості біодизельних палив.

Предмет дослідження: низькотемпературні властивості біодизельного палива, депресорна присадка Pachem-BioCFI-20, зимовий пакет присадок bioesters Pachem-BZ, літній пакет присадок Pachem-BL.

Методи дослідження: аналіз наукових джерел, синтез, моделювання, методи визначення густини, кінематичної в'язкості, граничної температури фільтрування дизельного палива та біодизельного, порівняння та узагальнення результатів впливу присадок на граничну температуру фільтрування дизельного та біодизельного палива.

В даній роботі було досліджено вплив трьох типів присадок: депресорної присадки Pachem-BioCFI-20, зимового пакету присадок bioesters Pachem-BZ, літнього пакету присадок Pachem-BL на низькотемпературні властивості дизельного палива та дизельного палива з додаванням 7% етилових естерів рижієвої олії.

ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, ЕТИЛОВІ ЕСТЕРИ РИЖІЄВОЇ ОЛІЇ, ПРИСАДКИ, НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ, ГРАНИЧНА ТЕМПЕРАТУРА ФІЛЬТРУВАННЯ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

БД – біодизельне паливо;

БіоК – біокомпонент;

БП – біопаливо;

ВГ- відпрацьовані гази;

ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;

ДП – дизельне паливо;

ДП_{Віо-7} – дизельне паливо+7% етилових естерів рижієвої олії;

ГТФ – гранична температура фільтрування;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

НПЗ – нафтопереробний завод.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1.АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ РОБОТИ.....	11
1.1. Актуальність біодизельного палива в Україні та світі	11
1.2. Фізико—хімічні властивості та характеристика біодизельного палива	16
1.3. Характеристика технологічного процесу виробництва біодизеля та напрямки його покращення	23
1.4. Аналіз експлуатаційних проблем біодизельного палива та шляхи вирішення	26
1.5. Типи присадок в біодизель	28
1.6. Висновок до розділу	29
РОЗДІЛ 2.ОБ’ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
2.1. План проведення досліджень	30
2.2. Порівняльний аналіз хімічного складу біодизельного та дизельного палива	31
2.3. Застосування депресорно-диспергуючих присадок	38
2.4. План факторного експерименту.....	41
2.5. Методи дослідження	43
2.6.Висновок до розділу.....	50
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ДЕПРЕСОРНО-ДИСПЕРГУЮЧОЇ ПРИСАДКИ НА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА	51
3.1. Порівняльна оцінка в’язкості та ГТФ зимового, літнього дизельного палива та біокомпонента.....	51
3.2. Визначення густини та в’язкості досліджуваних зразків.....	53
3.3. Визначення граничної температури фільтрування досліджуваних зразків	55
3.4.Рекомендації щодо покращення низькотемпературних властивостей біодизельного палива	59

3.5. Висновки до розділу.....	60
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	62
4.1. Загальна характеристика використання палива	62
4.2. Токсичність ВГ дизельного палива та вплив на організм людини	64
4.3. Порівняльна оцінка токсичності дизельного та біодизельного палива.....	67
4.4. Висновок до розділу.....	71
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ.....	72
5.1. Аналіз умов праці	72
5.2. Розробка заходів з охорони праці	77
5.3. Розрахункова частина.....	79
5.4. Висновки до розділу	81
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84

ВСТУП

Актуальність теми. У зв'язку з обмеженими природними ресурсами, а також внаслідок погіршення екологічної ситуації через тривале використання нафтових палив в усьому світі, де перевезення відіграє значну роль, людство стикається з проблемами забруднення навколишнього середовища, виснаження озонового шару, глобального потепління. Кількість рухомого складу автомобільного транспорту, яка постійно збільшується призводить до підвищення об'ємів споживання палива. Так як запаси нафти є вичерпними, постає завдання заміни нафтового палива на альтернативні, одними з яких є біопалива

Розвиток автотранспортної галузі та рівень енергозалежності нашої держави вимагають зосередженості на розробленні шляхів забезпечення потреб галузі у економічно та екологічно безпечних доцільних видах палива. Одним з напрямків вирішення даної проблеми є перехід на використання палива з відновлювальних ресурсів для транспортних засобів, зокрема автомобілів, обладнаних дизельними двигунами внутрішнього згорання [1].

Для зменшення впливу транспорту на екологію розробляють нові типи транспортних засобів та нові види палива. Так одним із перспективних напрямків роботи в паливній індустрії є виробництво біопалив таких як біоетанол, біогаз та біодизель.

Особливо перспективним є застосування біодизельного палива, як альтернатива традиційному, використання якого не тільки замінить нафтове традиційне паливо, але і покращить його екологічні та фізико-хімічні показники. Біодизельне паливо, має подібний з традиційним дизельним паливом енергетичний потенціал та має ряд переваг: не токсичний, при попаданні у воду не спричиняє шкоди рослинам та тваринам; розкладається природніх умовах; практично не містить сірки та канцерогенного бензолу; забезпечує значне зниження шкідливих викидів у атмосферу при спалюванні, як у двигунах внутрішнього згорання, так і у технологічних агрегатах; має високу температуру спалаху, що робить використання відносно безпечним; збільшує цетанове число палива і його змащувальні

властивості, що значно збільшує ресурс двигуна; його сировина є відновлювальним ресурсом; біодизельне паливо може використовуватись у звичайних двигунах внутрішнього згорання, як самостійно, так і у суміші зі звичайним дизельним паливом, без зміни конструкції двигуна.

Оскільки нафтові ресурси є невідновлювані, перспектива використання біодизельного палива в якості альтернативного палива є багатообіцяючою. Однак погана плинність БД при низьких температурах, його стабільність та термін зберігання обмежує його застосування.

Головним з недоліків рослинних олій, що використовуються у якості палива для дизельних двигунів, є низька температура замерзання, що зумовлена наявністю у їхньому складі ненасичених жирних кислот. Цю проблему можна рішити за допомогою депресорних та депресорно-диспергуруючих присадок. Покращення низькотемпературних властивостей дизельних палив має велике практичне значення та інтерес. Це в більшості пов'язано з особливостями клімату України, а також з недостатніми потужностями НПЗ по виробленню зимових і арктичних дизельних палив.

Тому розроблення нових способів модифікації та удосконалення обладнання, технологій виробництва біодизельного палива, його ефективне використання в дизельних двигунах є важливим завданням, перед масштабного використання біодизельного палива.

Мета роботи. покращення низькотемпературних властивостей біодизельного палива за допомогою присадок.

Об'єкт дослідження. Вплив присадок на низькотемпературні властивості біодизельних палив.

Предмет дослідження. Низькотемпературні властивості біодизельного палива, депресорна присадка PACHEM-BioCFI-20, зимовий пакет присадок bioesters PACHEM-BZ, літній пакет присадок PACHEM-BL.

Методи дослідження: аналіз наукових джерел, моделювання, факторний експеримент, методи визначення густини, кінематичної в'язкості, граничної

температури фільтрування дизельного палива та біодизельного, порівняння та узагальнення результатів впливу присадок на граничну температуру фільтрування дизельного та біодизельного палива.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведена порівняльна оцінка ефективності взаємодії дизельного та біодизельного палива з присадками Rachem-BioCFI-20, bioesters Rachem-BZ, Rachem-BL і доведено, ефективність присадки Rachem-BioCFI-20 є вищою при її застосуванні з дизельним паливом + 7% біокомпонента. Це може стати підґрунтям для подальших досліджень низькотемпературних властивостей палив.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані безпосередньо як завершальний етап виробництва палива на заводах перед його реалізацією, так і споживачем в процесі експлуатації. Дані результати дають можливість отримувати якісне дизельне та біодизельне палива з покращеними низькотемпературними властивостями за допомогою присадок для використання їх у зимовий період та для покращення екологічних властивостей відпрацьованих газів, завдяки наявності біокомпонента. Розроблені рекомендації щодо ефективності досліджуваних присадок.

Особистий внесок студента у роботу. Студентка підбрала та проаналізувала наукову літературу з даної теми. Спільно з науковим керівником роботи опрацьовано методи дослідження і самостійно проведено експериментальні дослідження з визначення граничної температури фільтрування, густини та кінематичної в'язкості дизельних та біодизельних палив, що містять різні типи та різну кількість присадку.

Проведено аналіз та представлення отриманих даних, оформлення кваліфікаційної роботи.

Обговорення та інтерпретація одержаних результатів проводилася спільно з науковим керівником.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ РОБОТИ

1.1. Актуальність біодизельного палива в Україні та світі

У зв'язку з обмеженістю світових запасів нафти у поточному столітті прогнозується значне зміщення від викопних джерел енергії і матеріалів до економіки, що базуватиметься на відновлювальних біопродуктах. У цій системі сільське господарство буде основним джерелом сировини для біоенергії і біоматеріалів. Аналіз сучасних тенденцій розвитку біоенергетики у багатьох країнах показує, що цей процес набирає силу. Біопаливо сьогодні є альтернативою традиційним видам палива, що отримуються з нафти. У довгостроковій перспективі постійно зростаючий попит на біопаливо з боку наземного, повітряного та морського транспорту може істотно змінити сформовану структуру паливних ресурсів на світовому ринку енергоносіїв. За прогнозом МЕА (Міжнародне енергетичне агентство), можливий дефіцит нафти в 2025 р. оцінюється в 14%, що значно перевищує рівень 2015 року[2].

Хоча для виробництво такого палива на спиртовій основі необхідна менша кількість орних земель, ніж для виробництва палив на основі рослинних олій, більш пристосовані для роботи є палива, які одержують з рослинних олій, так як за своїми фізико-хімічними властивостями вони більш схожі до традиційного дизельного палива.

Останнім часом для дизельних двигунів все частішого застосування набирають палива, які виготовляють на основі рослинних олій [3]. Це обґрунтовано тим, що вони мають екологічний та простий процес виробництва, не високу собівартість та гарне самозаймання в камерах згорання дизельного двигуна. Виробництво біодизельного палива може проводитись в різних сільськогосподарських регіонах країни, суттєвою перевагою якого є те, що

підприємства по його виробництву можуть бути розміщені в безпосередній близькості від основних споживачів.

Для України, яка має значний агропотенціал, важливо сформулювати адекватну економічну політику у відповідь на світові тенденції.

Україна належить до енергодефіцитних країн, оскільки забезпечена власними паливно-енергетичними ресурсами лише на 53% (імпортує 75% необхідного обсягу природного газу та 85% — сировини нафти і нафтопродуктів) [4]. Залежність від імпорту нафти більшість розвинених країн розглядають як проблему національної й енергетичної безпеки [5]. Окрім того, широке використання нафтопродуктів як джерел енергії становить значну небезпеку для навколишнього природного середовища. Одним із основних видів такого палива може бути біодизельне паливо. Біодизельне паливо (БД) (біодизель, МЕРО, РМЕ, біонафта та ін.) — це екологічно чистий вид палива, який одержують із жирів рослинного і тваринного походження та використовують для заміни нафтового дизельного палива (ДП).

Як сировину для виробництва біодизельного найчастіше використовують насіння ріпаку. Донедавна у сільськогосподарських культур ріпак посідав незначне місце. Висівали його переважно для легкої та харчової промисловості на технічні потреби. На сьогодні вирощування має вагомим значенням насамперед для сільськогосподарських підприємств з огляду на досить високу рентабельність виробництва.

Соняшник в Україні вирощують для використання у продовольчій галузі, а ріпак і соя потенційно можуть набути широкого технічного застосування як сировина для виробництва біопалива.(рис.1.1.).

Вироблене в Україні насіння ріпаку повністю експортується, незначна його частина залишається для внутрішнього споживання. Так, 2014 р. експорт ріпаку становив 1900 тис. т, що відповідає близько 84,3% загальної пропозиції насіння, тоді як внутрішня переробка становила лише 6,8%.

Виробництво насіння олійних культур в Україні, тис. т



Джерело: Державна служба статистики України.

Рис.1.1. Виробництво насіння олійних культур в Україні

Таким чином, можна сказати, що внутрішній попит на насіння ріпаку є незначним, оскільки для продовольчих цілей використовується соняшник, а для виробництва біопалива не створено достатньо економічних, технічних, законодавчих умов.

За технічними ознаками біодизельне паливо характеризується як метиловий ефір олеїнової кислоти. Ріпакова олія є домінуючою сировиною в країнах Європи для його виробництва. У США БД виробляють в основному із соєвої олії, зважаючи на те, що вона наявна в такій кількості, як усі інші рослинні олії та жири разом узяті. У тропічних і субтропічних країнах вирощують велику кількість олійних культур, зокрема для виробництва БД використовують пальмову, кокосову олію і ятрофу[6].

За «Програмою розвитку виробництва біодизельного палива на період до 2010 року» Україна має виробляти і споживати в 2010 р. понад 520 тис. тон БД, що потребуватиме майже 1,7—1,8 млн тон валового збору насіння ріпаку. За його врожайності в середньому 20 ц/га необхідно засіяти цією культурою 0,85—0,9 млн га ріллі — приблизно 3% (33,8 млн га) орних земель країни. Заміна частини дизельного палива (1870 тис. т/рік), що нині споживає агропромисловий комплекс (АПК) України, на біодизельне забезпечить сільськогосподарську техніку бінарним паливом раціонального складу: 30% біодизельного + 70% дизельного.[7]

В Україні, за даними Міністерства аграрної політики, в даний час побудовано 42 біодизельних установки і заводи, які при повному завантаженні можуть виробляти як мінімум 500 тис. тонн біодизельного палива в рік. У фермерських господарствах України проводиться від 50 до 70 тис. тонн БД на рік. Одержану при виробництві біодизельного палива G-фазу (гліцеринову фазу), а це 10% від вихідного рослинного масла (тваринного жиру), фермери спалюють в спеціалізованих котлах, використовуючи тепло для виробничих потреб.

У країнах Євросоюзу виробництво біодизельного палива забезпечене істотною державною підтримкою. У Німеччині біопаливо не обкладається мінеральними й екологічними податками. Більше того, існує певна система вирощування ріпаку, у Франції податкова знижка становить 0,35 євро на літр БД; в Іспанії автомобілістам, котрі використовують біопаливо, дозволено безоплатне внутрішньо-міське паркування. Загалом у Європі 1 л БД на 0,10—0,15 євро дешевший, аніж дизельного. В Україні, за різними даними, собівартість 1 л біодизельного палива коливається від 2,2 до 3 грн.[8]

Серед країн ЄС, що потужно розвивають біодизельний ринок, зазначимо такі компанії:

— компанію «Diester Industrie», найбільший завод в Європі, (Франція) потужністю 250 тис. тонн на рік. Компанія планує будівництво ще на двох заводів потужністю по 200 тис. тонн на рік та заводу потужністю 160 тис. тонн на рік;

— компанію «Tesco», (Шотландія), яка закінчує будівництво заводу потужністю 250 тис. тонн на рік. Крім цього в країні уже працює новий завод з виробництва біодизельного палива потужністю 50 тис. тонн на рік;

— компанію «Fortum Oil», що входить до концерну «Neste», (Фінляндія), яка планує будівництво заводу потужністю 170 тис. тонн на рік.

Споживання біопалива отримало найбільший розвиток в таких країнах світу (рис. 1.2.).

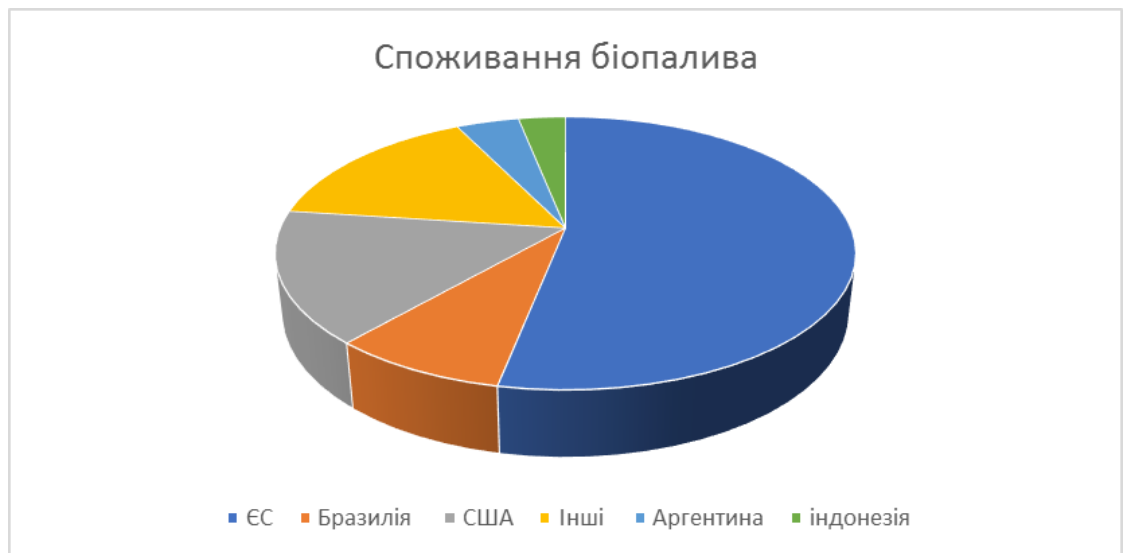


Рис. 1.2. Споживання біопалива в світі

Понад дві третини потужностей з виробництва біодизельного палива доводиться на Італію, Францію та Німеччину обсяги його виробництва яких зростають з темпом декількох десятків відсотків на рік.

Таблиця 1.1.

Перспектива отримання біодизельного палива в світі

	2016	2017	2018
Світове виробництво	34,2	36,0	38,3
ЄС	12,7	13,6	13,5
США	6,2	6,1	6,8
Бразилія	3,3	3,8	4,5
Індонезія	3,2	2,9	4,1
Аргентина	2,7	2,9	2,3

Незважаючи на ріст світового виробництва, біодизель на даний момент займає менше 2% у світовому балансі ринку дизельного палива.

1.2. Фізико—хімічні властивості та характеристика біодизельного палива

Біодизельне паливо – це біопаливо на основі рослинних або тваринних жирів, а також продуктів їх етерифікації, механізм отримання якого полягає в проведенні реакції переетерифікації шляхом взаємодії жирних кислот з метиловим спиртом в присутності каталізатора. Співвідношення рослинної олії і метанолу сягає приблизно 9:1.

Властивості та якість БД залежать від процесу виробництва, від олії чи жиру, що використовуються. Саме жирні кислоти багато в чому визначають його властивості, серед яких дуже важливою є точка застигання біодизельного палива, за якої біодизель застигає.

За своєю структурою молекули жирних кислот відрізняються один від одного лише атомами вуглецю і рівнем її насиченості жирної. Тому властивості рослинних олій визначаються вмістом і складом жирних кислот, які утворюють гліцериди. Зазвичай це є насичені або ненасичені жирні кислоти парною кількістю атомів вуглецю.

Рослинні олії при нормальних умовах можуть знаходитися у твердому стані, але частіше вони являють собою масляну рідину з підвищеною густиною ($\rho=900\text{—}1000\text{ кг/м}^3$) і в'язкістю $\nu=30\text{--}40\text{ мм}^2/\text{с}$ при температурі 40°C .

Основну сировину для виробництва біодизельного палива зображено на рис. 1.3.

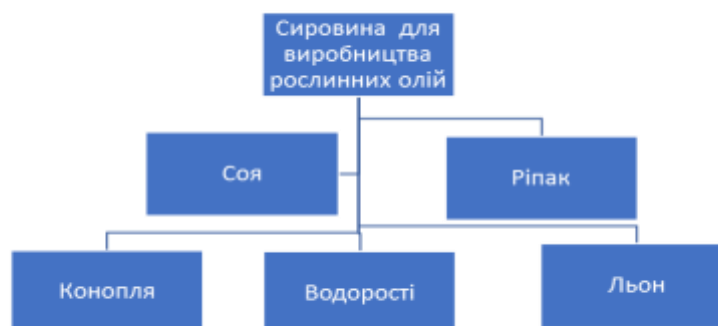


Рис.1.3. Сировина для виробництва біодизельного палива

Жирні кислоти, що є основним компонентом рослинних олій, являють собою високомолекулярні кисневмісні сполуки з вуглеводневою основою. Тому всі рослинні олії є горючими і можуть використовуватися у якості моторних палив. Завдяки порівняно невисокій термічній стабільності і не малій температурі самозаймання, яка дорівнює 280-320 °С, дозволяється використовувати їх у дизельних двигунах. При цьому цетанове число різних рослинних олій коливається у межах від 33 до 50 одиниць (табл. 1.2), що рівне до цетанового числа дизельних палив (40-55) [9].

Таблиця 1.2.

Фізико-хімічні властивості рослинних олій

Фізико-хімічні властивості	Олія					
	Рап- сова	Арахі- сова	Соняшни- кова	Сої	Паль- мова	Олив- кова
Густина при 20 °С, кг/м ³	916	911- 919	920- 923	922- 934	918	914
В'язкість кінематична, мм ² /с при 40 °С	36,0	36,5	30,7	32,0	-	-
Цетанове число	36	37	33	30	39	-
Нижча теплота згорання, МДж/кг	37,3	35,0	37,0	36-39	37,1	-
Температура самозаймання, °С	318	-	320	318	315	285
Температура замерзання, °С	-20	-2	-16	-15	+30	-6
Коксуємість 10-го залишку, %, не більше	0,40	-	0,51	0,44	-	0,20

Особливістю рослинних олій є присутність в їхньому складі досить великої кількості кисню (8-12%), що може привести до зниження показника теплоти згорання, що становить у рослинних оліях 36-39 мДж/кг порівняно з 42-43 мДж/кг у

дизельному паливі, який практично не містить кисню. Але наявність кисню у оліях значно покращує екологічні властивості таких палив. У дослідженнях дизелю, що працює на паливі з рослинною олією, відбувається зниження димності ВГ і вміст у них продуктів неповного згорання палива.

Недоліком рослинних олій, що використовуються як альтернатива дизельного палива, є його низька температура замерзання, що обумовлена наявністю у їх складі ненасичених жирних кислот. Найвищі низькотемпературні властивості проявляють лляна та рапсова (температура замерзання мінус 20 °С), а соняшникова олії (температура замерзання мінус 16 °С).

Біодизель має ряд переваг над традиційним дизельним паливом як у екологічному так і в технологічному відношенні: не токсичний, забезпечує значне зниження шкідливих викидів у атмосферу при спалюванні, у двигунах внутрішнього згорання; практично не містить сірки та канцерогенного бензолу; при попаданні у воду не спричиняє шкоди екосистемі; розкладається у природніх умовах; збільшує цетанове число палива і його змащувальні властивості, що значно збільшує ресурс двигуна; має високу температуру спалаху, що робить використання відносно безпечним; біодизель може використовуватись у звичайних двигунах внутрішнього згорання, як самостійно, так і у суміші з традиційним дизельним паливом, без зміни конструкції двигуна; його сировиною є відновлювальні ресурси. [7]

Для виробництва біодизельного палива використовують спирти, такі як метанол, етиловий, пропіловий або бутиловий. Використання етилового або бутилового спиртів є більш хорошим варіантом, так як це забезпечило б повну біовідновлювальність біодизельного палива.

До основних фізико—хімічних властивостей біодизельного палива можна віднести:

1. Густина і в'язкість біодизельних палив на основі рослинних олій.

Властивості БД подібні до традиційного дизпалива, що дозволяє його використовувати без зміни паливної апаратури транспорту. На сьогодні використовують частіше сумішеве паливо. Це пов'язано з тим, що біопаливо має

більш високе значення густини і кінематичної в'язкості, в порівнянні з традиційним дизельним паливом[10].

Висока в'язкість та низька летючість БД впливає на розпилення і поширення палива вже в циліндрі двигуна, що призводить до залягання на поршневих кільцях та неповного згорання .

Молекулярна маса приблизно становить 800 кг/м^3 і більше, через що ці жири мають високу в'язкість, тим самим викликаючи проблеми при використанні їх в двигунах. Ці молекули мають розділятися на більш простіші, оскільки в розділеному вигляді вони мають меншу в'язкість та інші властивості, які вже можна порівняти з традиційним дизельним паливом. Зміна складу рослинного масла може бути досягнута такими способами: піролізом, мікроемульгуванням, розведенням і переетерифікацією.

Паливні властивості рослинного палива показують, що його кінематична в'язкість коливається в межах 30-40 сСт при 38°C . Висока в'язкість цього мастила відповідає його великій молекулярній масі в діапазоні $600\text{-}900 \text{ кг/м}^3$. Це є приблизно в 20 разів вище, ніж у дизельного палива[11].

Його теплотворна здатність знаходиться в діапазоні 39-40 МДж/кг у напроти 45 МДж/кг для дизельного палива. Теплотворні значення різних рослинних олій майже на 90% відповідають дизельному паливу. Наявність вільного кисню в рослинному паливі знижує його значення теплотворності на 10%. Метанове число коливається в діапазоні 35-50 [11], що є аналогічним або близьким до дизельного палива. Вище вказані властивості рослинного палива дають змогу замінити дизельне паливо. Але у біодизельного палива, як описано вище є головний недолік - висока в'язкість[12].

2. Кислотність

Низька окислювальна стабільність є одна з головних проблем біодизельного палива, внаслідок якого погіршується ряд експлуатаційних характеристик палива (збільшується в'язкість, і кислотне число). Спостерігаються небажані моменти такі як утворення в'язких смолистих відкладень на фільтрах, негативний вплив на ущільнюючі матеріали тощо.

Через низьку стійкість до окислення біодизельне паливо має обмежені терміни зберігання, а саме 3-6 місяців. У ряді випадків окислювальна стабільність біодизельного палива не задовольняє вимогам стандартів, значить, необхідна добавка до палива антиоксидантів, що збільшує вартість біодизельного палива і знижує його чистоту [13].

Такі фактори, як контакт з повітрям чи світлом, присутність металів, джерел тепла, помітно сприяють окисленню ефірів жирних кислот (ЖК). Окислювальна стабільність залежить від вмісту ненасичених жирних кислот, оскільки наявність подвійних зв'язків в молекулах є основною причиною окислення [14].

Ненасиченість біодизельного палива характеризує йодне число (ЙЧ), що розраховується як маса йоду (г), що приєднується до 100 г палива. чим вище йодне число, тим більше містяться ненасичені кислоти в БДП і тим нижче його окислювальна стабільність. Згідно вимогам стандарту, його йодне число не повинне перевищувати 120. Як правило, жирнокислотний склад сировини, що використовується для виробництва біодизеля, задовольняє цей показник, однак ряд біоресурсів через високий вміст поліненасичених жирних кислот мають більш високі значення ЙЧ (128-138), що знижує окислювальну стабільність палива [15].

Метилі ефіри рослинних олій відносяться до складних ефірів, яким властива підвищена схильність до поглинання вологи (гігроскопічність) і здатність при обводнюванні утворювати корозійно-активні сполуки. Наявність води в паливі, погіршує фізико-хімічні властивості і експлуатаційні характеристики палива, яких відносять: в'язкість, прокачуваність, змащувальну здатність, окиснювальну стабільність. Це призводить до зношування деталей паливної апаратури внаслідок погіршення змащувальних і протизносних властивостей палива, зростання відкладень у циліндропоршневій групі, нерівномірне розпилення палива внаслідок зміни поверхневого натягу його крапель при уприскуванні, що викликає значне збільшення розмірів цих крапель [16].

3. Низькотемпературні властивості біодизельного палива

Однією із основних властивостей біодизельного палива, яка обмежує його використання є незадовільні низькотемпературні властивості. Основними низькотемпературними властивостями дизельних палив є:

—температура помутніння – температура, при якій у паливі починають випадати парафіни;

—температура застигання – це температура, при якій паливо втрачає свою рухливість;

—гранична температура фільтрування (ГТФ) – найнижча температура, при якій паливо після охолодження у певних умовах здатне проходити через фільтрувальний пристрій з установленою швидкістю.

Температура помутніння, визначає його низькотемпературні властивості. Вона залежить від багатьох факторів і може змінюватися в процесі зберігання і використання біопалива при низьких температурах. Даний показник має суттєве значення при експлуатації автомобілів, тому що підвищується в'язкість палива, утворюються кристали, що можуть привести до засмічення паливних фільтрів і відмови паливної системи дизельних двигунів [17].

Гранична температура фільтрування – це та температура, при якій паливо після охолодження у певних умовах поки не застигло, але уже не здатне прокачуватися по паливній системі. Тому ГТФ є основним параметром, який нормалізується у вимогах стандарту ДСТУ 7688-2015 відносно використання дизельних палив в залежності від кліматичних умов.

4. Протизносні властивості

Біодизельне паливо володіє кращими змащувальними властивості, ніж дизельне паливо. Навіть в невеликій кількості 1-2% біодизельне паливо здатне істотно покращувати змащувальні властивості суміші з дизельним паливом.

Через постійне посилення вимог до зниження вмісту сірки в ДП виникають проблеми із забезпеченням змащувальних властивостей палива, що особливо є важливим для надійної роботи паливної апаратури. Відзначається, що навіть

добавка в розмірі 1-2% біодизельного палива до дизельного зможе забезпечити необхідні умови змащення паливного насоса і форсунок.

При переведенні дизелів на біодизельне паливо відзначався ефект «вимивання» відкладень з паливного бака і трубопроводів, що призводило до швидкого забивання паливного фільтра[18].

За дослідженнями впливу БД на зношення деталей паливної апаратури і надійність, встановлено, що воно має кращі протизносні властивості у порівнянні з нафтовим дизелем. Це пояснюється наявністю фосфоліпідів, які при підвищенні температури на поверхні тертя вступають у взаємодію з металом утворюючи тонку плівку (металеві мила), які запобігають зношенню деталей, що труться[19].

Водночас наявність в біодизельному паливі механічних домішок, води та спирту викликає набухання гумових деталей, закоксування розпилювачів форсунок та швидке зношення фільтрів.

5. Екологічні властивості біодизельного палива

Головною перевагою біодизельного палива є його екологічні властивості, які забезпечують хороше біорозкладання, біологічну нешкідливість, зменшення токсичності викидних газів продуктів горіння.

Важливим чинником є його менші викиди шкідливих сполук у навколишнє середовище, хоча біодизельне паливо не є абсолютно екологічно чистим, але, порівнюючи з традиційним дизпаливом, воно є чистішим. Близько 11% ваги БіоК є кисень, наявність якого покращує горіння, а отже, зменшує викиди вуглеводнів, вуглекислого газу та твердих частинок, але паливо з киснем також має тенденцію до збільшення викидів оксидів азоту.

Біодизель має 11% кисню, кількість вуглекислого газу зменшується на 80%, чадного газу — 35%, окисів сірки — 100%, аерозолів — 32%, показники яких мають важливе значення для покращення екологічного стану навколишнього середовища.

1.3. Характеристика технологічного процесу виробництва біодизельного палива та напрямки його покращення

Біопаливо, безперечно, є ідеальним завершенням біологічного циклу. Використовуючи в якості сировини відходи від переробки сільськогосподарської продукції, продукти життєдіяльності людини або тварин, можна отримати суттєву вигоду.

Біодизельне паливо може бути виготовлене як з нових, так і з відпрацьованих рослинних олій та тваринних жирів. Технологія виробництва біодизельного палива також може бути різною, але послідовність та необхідність процесів залишається однакою (Рис.1.4.).

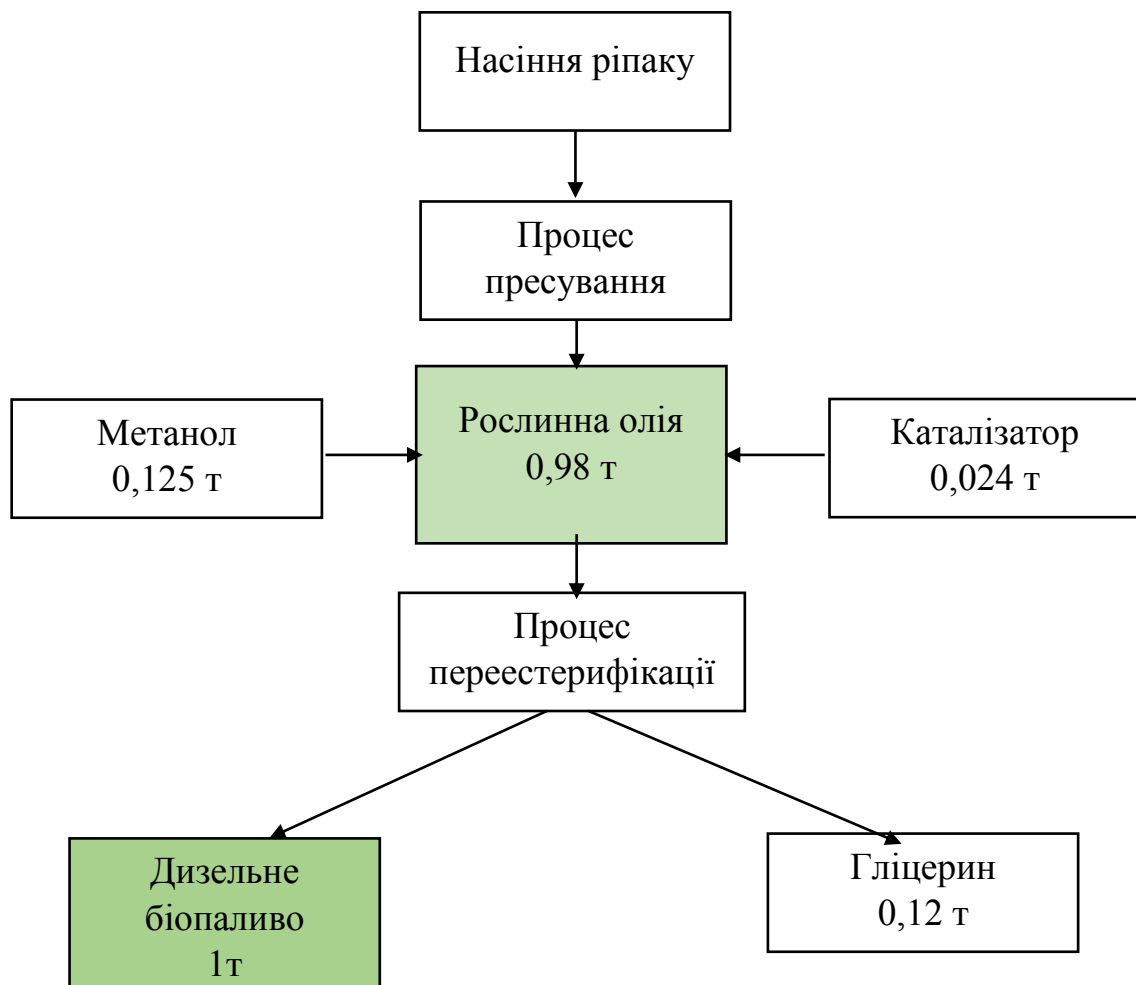


Рис.1.4. Технологія виробництва біодизельного палива

.Базовими технологіями при виробництві біодизельного палива є:

- циклічна з використанням каталізаторів;
- безкаталізаторна циклічна (з застосуванням розчинників, як правило, тетрагідрофурана);
- багатореакторна безперервна.

Переваги і недоліки перерахованих технологій наведені в табл.1.3.[20]

Таблиця1.3.

Базові технології отримання біодизельного палива

Назва технології	Характеристика	Переваги	Недоліки
Циклічна технологія з використанням каталізаторів	температура реакції біля 65°C, тиск атмосферний, час реакції від 20 хвилин до 2 годин, кількість каталізатора 1,5% від маси олії вихід метилового ефіру близько 85% від загального обсягу БД	-відносна простота технологічного процесу -невисока вартість технологічної лінії -можливість використання сировини невисокої якості	-невисокий вихід метилового ефіру -тривалість проходження реакції
Багатокаталізаторна циклічна технологія	температура реакції 30°C, тиск атмосферний, час реакції 5-10хв., розчинник – тетрагідрофуран, вихід метилового ефіру близько 98% від обсягу БД	-високий вихід метилового ефіру -невисока температура і швидкість реакції -чистота продуктів	-висока агресивність розчинників -необхідність використання додаткового устаткування
Багатореакторна безперервна технологія	температура реакції 80-160°C, тиск 2-3 атм, час реакції від 6-10хв., кількість каталізатора до 1% від маси олії, вихід метилового ефіру до 98% від обсягу БД	-високий вихід метилового ефіру -безперервність процесу -швидкість реакції	-складеність технологічного процесу -достатньо висока вартість технологічної лінії сировини

Беручи до уваги досвід європейських держав, виробництво біодизельного палива в Україні можна організувати на таких типах установок і заводів: дрібнотоннажні установки продуктивністю 300-3000 тон/рік (для фермерів), регіональні (обласні) заводи 10000-30000 тон/рік, промислові заводи державного значення 50000-100000 тон/ рік.

На прикладі міні-заводу МЗДП-1 (Рис.1.5.) розглянуто технологічну схему отримання біодизельного палива.

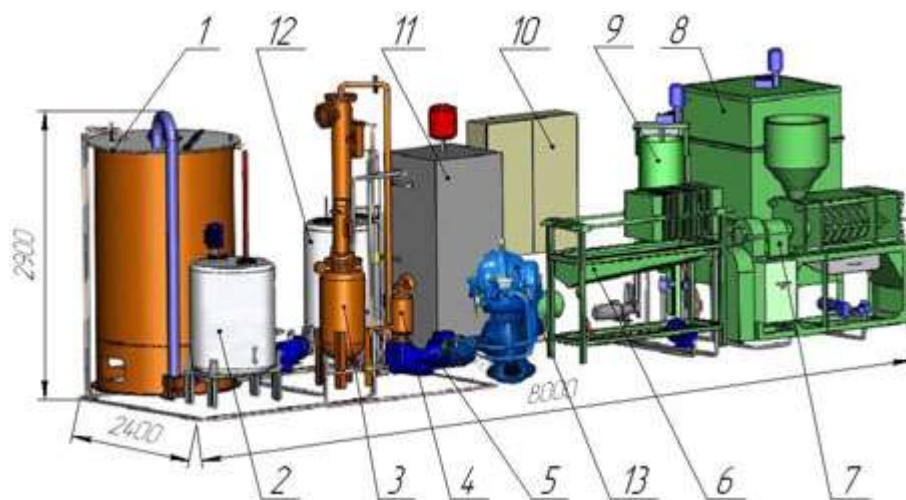


Рис.1.5. Загальна схема обладнання міні-заводу МЗДП-1 для виробництва дизельного біопалива

1 - реактор; 2 - місткість для суміші метанолу і КОН; 3 - апарат ректифікації; 4 - адсорбер; 5 - вакуум-насос; 6 - фільтр-прес; 7 - відтискний прес; 8 - місткість для накопичення масла; 9 - відстійник; 10 - шафа управління; 11 - водонагрівач; 12 - місткість для води; 13-сепаратор

Технологічний процес або технологія біодизельного палива в Україні на обладнанні міні-заводу для виробництва дизельного біопалива МЗДП-1 проходить наступним чином: насіння ріпаку автоматично, за допомогою шнекового транспортера, подаються на відтискаючий прес 7, з якого масло надходить у відстійник-очишувач 9, де звільняється від шламу, який насосом повертається для додаткового віджимання в прес. Попередньо очищена олія з відстійника 9 для повного очищення від фосфатів подається в фільтр-прес 6, а потім до збірки чистого

масла 8, в якому очищається абсорбентом "Фосфолісорб" і підігрівається до заданої температури. Підігріте і попередньо очищене масло насосом подається в реактор для виробництва біодизеля 1. Туди ж перекачується з ємності 2 розчин каталізатора в метанолі. При постійному кавітаційному змішуванні і підігріванні реагентів за допомогою водонагрівача 11 підводу води в реакторі проходить реакція переестерифікації олії, завдяки чому утворюються РМЕ (естери), які за своїми характеристиками близькі до нафтового дизельного палива мінерального палива і чим досягається низька ціна на біодизель[21].

Виготовлення БД проходить наступним чином. У реакторі з палива видаляється гліцерол (сирий гліцерин), залишки каталітичного розчину і, за допомогою кислого або нейтрального мийного розчину, який подається насосом з ємності 12, відбираються залишки мила, метанолу, поверхнево-активних речовин. Отримані естери олії висушуються в ректифікаційній апараті 3, а залишки води та метанолу конденсуються в адсорбері 4, придатним для регенерації метанол може повертатися до збірки 2, або нейтралізується в адсорбері. Звільнені від води і метанолу масляні естери, пройшовши через систему фільтрів, додатково очищаються від води і механічних домішок в сепараторі 13, адсорбуються сорбентом "Амберлайт" і подаються в збірну ємність для подальшого використання в якості дизельного біопалива [21].

1.4. Аналіз експлуатаційних проблем біодизельного палива та шляхи їх вирішення

Враховуючи, що біодизельне паливо є відносно новим видом палива, для його реалізації необхідно вдосконалювати фізико—хімічні властивості, які були б ефективними та економічно вигідними. Доведено, що за збільшенням об'ємної частки біологічної складової у суміші палива відбувається поступове погіршення економічних та потужних показників дизеля.

Проаналізовано основні експлуатаційні проблеми застосування біодизельного палива:

- малий термін зберігання;
- підвищена в'язкість, помутніння, утворення кристалів;
- утворення корозійно—активних сполук;
- незадовільні низькотемпературні властивості;
- погіршення прокачуваності палива, змащувальної здатності та протизносних властивостей;
- засмічення паливних фільтрів;
- нижча теплота згоряння.

Кожна із проблем заслуговує особливої уваги, так як біодизельне паливо є перспективним видом палива, особливо для нашої країни, яка має хороші умови для вирощування сировини. Важливими показниками є його температура помутніння, застигання та гранична температура фільтрування.

Покращення низькотемпературних властивостей дизельних палив має великий інтерес та має велике практичне значення. Це пов'язано більшою мірою з особливостями клімату України, а також з недостатніми потужностями НПЗ по виробленню зимових і арктичних дизельних палив.

Запропоновано певні підходи для покращення низькотемпературних властивостей біодизельного палива: змішування з нафтовим дизельним паливом; хімічна або фізична зміна вихідного масла або продукту біодизельного палива, а також використання присадок.

Для покращення фізико-хімічних параметрів біологічного дизельного палива також було розглянуто модифікація за рахунок його багатofакторної енергетичної обробки. В якості енергетичних впливів використовуються механічний, акустичний, електромагнітний та тепловий впливи.

Найактуальнішим, перспективним та економічно доцільним методом регулювання низькотемпературних властивостей ДП є застосування депресорних та депресорно—диспергуючих присадок. Цей спосіб вважається найбільш технологічно і економічно вигідним і сприяє розширенню ресурсів ДП, підвищує гнучкість і ефективність нафтопереробки і граничної температури фільтрування біопалива.

В основному депресори вводяться в дизельне паливо на НПЗ, але можуть використовуватись і кінцевим споживачем для покращення низькотемпературних властивостей палив. Депересори перешкоджають збільшенню утворення кристалів парафіну. При тривалому зберіганні палив утворені дрібні кристали осідають і в результаті чого утворюється 2 шари: верхній, світлий і нижній мутний, який є збагачений парафінами.

Наприклад, окиснювальна стабільність біодизельних палив, що містять в основному ефіри ненасичених карбонових кислот є низькою в порівнянні з дизелем нафтового походження. Цим викликані відкладення на фільтрах паливної системи транспорту і це ж може привести до нагароутворення в циліндропоршневій групі. Окиснювальна стабільність може бути підвищена добавкою інгібіторів радикально-ланцюгового окислення типу екранованих фенолів, а також необхідна добавка до палива антиоксидантів, що збільшує вартість біодизельного палива і знижує його чистоту [22].

Корозійна активність сумішевих палив вимагає ще подальших досліджень. Звертає на себе увагу високе кислотне число БДП, але проведена оцінка корозійної агресивності палив, що містять до 30% БіоК, показала відсутність корозії на мідній пластинці[23].

Усунути деякі недоліки можна також правильним підбором сировини, технології переробки або змішуванням з традиційним дизельним паливом.

1.5. Типи присадок в біодизель

Дослідження властивостей біодизельних палив визначає основні типи присадок, які бажано застосовувати для забезпечення нормального функціонування транспортних засобів.

Рекомендується обов'язково застосовувати такі типи присадок:

–біоцидні, так як паливо являє собою метилові або етилові ефіри жирних кислот, що є досить сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів);

–антиоксидантні (БД досить швидко окиснюється при тривалому зберіганні в умовах відносно високих температур, попаданні вологи, контакті з деякими металами та недостатньому очищенні палива від жирних кислот та гліцерину);

–депресорні (для зниження температури застигання, показників ГТФ (значення цієї характеристики для БДП з різної сировини становить $(-2\text{--}+14)^\circ\text{C}$, для дизельного палива це значення за вимогами стандартів становить $(-25\text{--}10)^\circ\text{C}$);

–хелатувальні, так як тривалий контакт БД з міддю, бронзою, свинцем, оловом та цинком може призвести до зростання швидкості процесу розкладання та до утворення відкладень. Дані присадки, зв'язують важкі метали з органічними сполуками, з яких переважно і складається БД.

1.6. Висновок до розділу

Особливо перспективним є застосування біодизельного палива, як заміна традиційного палива, але необхідно ще приділити час для удосконалення властивостей та якості палива, розробки нових методів та обладнання для його масштабної реалізації.

Розглянуто актуальність та доцільність використання біодизельного палива в Україні та світі, проаналізовано фізико—хімічні властивості та способи їх модифікації.

Розкрито основні експлуатаційні проблеми біодизельного палива, визначено, що одним із основних експлуатаційних показників є температура фільтрування, що характеризує низькотемпературні властивості біодизельного палива. Тому в подальшому буде розглядатись як саме змінюються дані властивості біопалива при застосуванні депресорно—диспергуючої присадки, так як вони є зручними у використанні, ефективними та економічно доцільними.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. План проведення досліджень

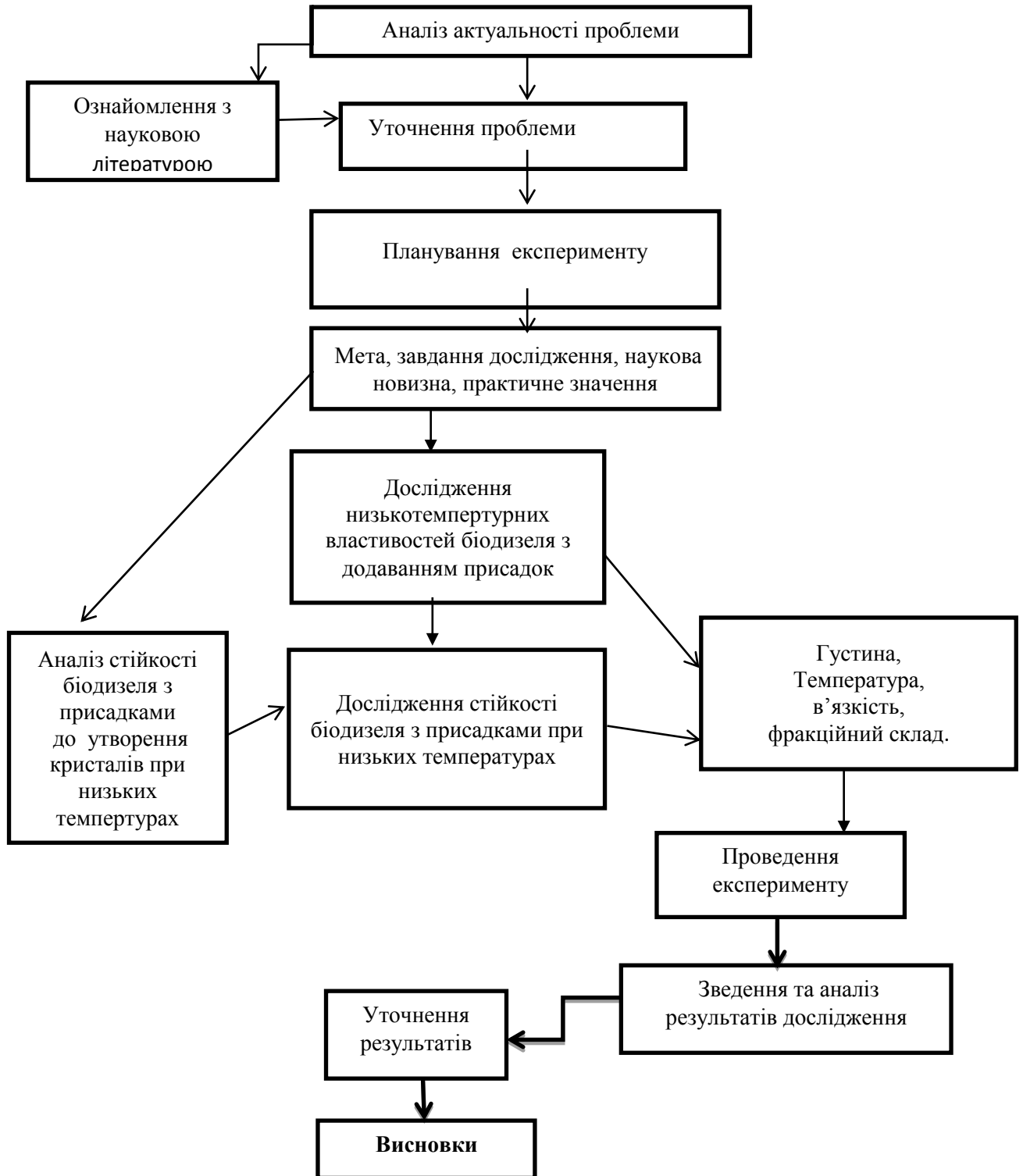


Рис. 2.1. План проведення дослідження

Для проведення якісного експериментального дослідження необхідно скласти план досліду (рис.2.1.), який умовно можна розділити на 4 етапи. На першому етапі було проведено детальний теоретичний аналіз раніше опублікованих робіт з теми дослідження: актуальність використання біодизельного палива; дослідження впливу депресорно-диспергуючих присадок на БД та ДП; постановку мети та завдання дослідження; вивчення реальної практики дослідженої проблеми. Наступним етапом є вибір потрібної кількості експериментальних об'єктів, які необхідні для проведення експерименту. Третій етап передбачає процес проведення експерименту з перевірки ефективності певної системи заходів. Заключним етапом є підведення підсумків експерименту.

2.2. Порівняльний аналіз хімічного складу біодизельного та дизельного палива

Дизельне та біодизельне паливо - це два органічних продукту на основі вуглецю, що добуваються з різних джерел. Перший вид утворюється в результаті процесу крекінгу сирої нафти, а другий, як відомо, витягується з тваринних жирів і рослинних олій. Дизельне паливо, хоч і не такий поширений, як високооктановий бензин, але він більш пристосований до дорогих дизельних двигунів через високу щільність енергії. БД є продуктом вилучення, отриманим з рослинних олій та тваринних жирів, в той час як дизельне паливо з невідновлюваних джерел енергії, присутніх в земній корі, запаси яких швидко зменшуються. Тому найбільша відмінність між ними є те, що дизельне паливо є вичерпним, непоновлюваним джерелом енергії, тоді як біодизельне паливо є повною його протилежністю.

Дизельне паливо є головним видом палива для дизельних двигунів, виходить з гасово-газойлевих фракцій прямої перегонки нафти. Складається з певного набору хімічних елементів:

- парафінових вуглеводнів (10-40% складу) – це суміш твердих вуглеводнів з вмістом в молекулі максимальної кількості атомів водню і атомів вуглецю в кількості 18-35. Присутні у всіх природних рідких копалин - метані, нафти, пропані - і їх похідних;

- нафтових вуглеводнів (20-60% складу) являють собою циклічні насичені вуглеводні, які характеризуються циклічною будовою атомів в молекулах. У нафтопродуктах, з яких виробляють паливо, зустрічаються переважно гомологи циклогексана і циклопентана.;

- ароматичних вуглеводнів (15-30% складу) - органічні циклічні сполуки. Характеризуються ароматичною системою: розташуванням шести вуглецево-водневих груп в кутах молекулярного шестикутника. Це явище називається бензольним кільцем.

У складі також можуть бути присутні додаткові елементи такі як: смолисті, сірчисті з'єднання, вода, механічні домішки.

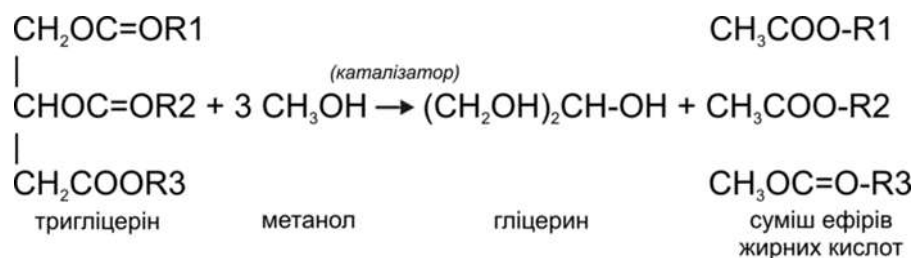
Відношення вуглеводнів певної групи до загальної маси палива, залежать від багатьох чинників:

- місця розташування, де видобувається нафта. У продукті з одного регіону може бути 20% вмісту алканів, в іншому регіоні показник збільшиться до 40%;

- температури перегонки нафти. Багато хімічних речовин при тепловій обробці речовин вступають в реакції розпаду, заміщення, приєднання; склад продукту і його властивості змінюються.

- діючих присадок. У готове дизельне паливо додають присадки, які змінюють його характеристики і теж впливають на підсумковий склад дизеля.

Біодизельне паливо – це паливо на основі жирів тваринного, рослинного і мікробного походження, а також продуктів їх етерифікації, може використовуватись самостійно або в суміші зі звичайним дизельним паливом.



Якщо змішати 20% біокомпонента та 80% дизельного палива, то таку суміш приймають практично всі дизельні авто без проблем. Якщо процент в суміші перевищує 20%, тоді потрібна вже невелика модифікація двигуна.

До основних компонентів біодизельного палива можна віднести:

- рослинна олія (соя, соняшник, ріпак) або тваринний жир;
- спирти (етилловий або ізопропанол,-метиловий, метиловий);
- ефіри(складні моноалкілові чи метилові ефіри жирних кислот);
- консерванти та тригліцериди.

Основною перевагою БД над ДП при згорянні є зменшення викидів практично в 2 рази сажі, вуглекислого газу, сірки в атмосферу, а продукти розпаду при згорянні виділяють оксид азоту на 10% більше, ніж виділяється при згорянні двигуна (Рис2.2.). Горіння проходить при скороченні більше 90% кількості вуглеводнів, що не згоріли та на 75-90% ароматичних вуглеводнів. Біодизель є екологічно чистим, не має запаху та не містить в складі сірки, а завдяки більшому вмісту кисню, володіє кращими горючими властивостями.



Рис.2.2. Горіння біодизельного та дизельного палива

Кожний із видів палива повинний відповідати певним стандартам, що буде гарантом якості палива (табл.2.1).

Фізико-хімічні показники біодизельного та дизельного палив

Показники	EN 14214:2003			ДСТУ 3868-99		
	Розмірність	межі		Розмірність	Значення для марок	
		min	max		Л	З
1	2	3	4	5	6	7
Вміст ефірів	%	96,5	-	-	-	-
Густина за температури 15°C	кг/м ³	860	900	за температури 20°C, кг/м	860	840
Кінематична в'язкість за температури 40°C	мм ² /с	3,5	5,0	за температури 20°C, кг/м ³	3,0-6,0	1,8-6,0
Температура спалахування	°C	120	-	°C	40-62	35-40
Вміст сірки	мг/кг	-	10,0	%	0,05-0,20	0,05-0,20
Коксівність 10% залишку	%	-	0,30	%	0,30	0,30
Цетанове число	-	51	-	-	45	45
Зольність	%	-	0,02	%	0,01	0,01
Вміст води	мг/кг	-	500	-	-	-
Окислювальна стабільність, 110 °C	Год	6	-	-	-	-
Кислотне число	міліграм КОН/г	-	0,5	міліграм КОН на 100 см ³ палива, не більше	5	5
Йодне число	г I ₂ /100 г	-	120	г йоду на 100 г палива, не більше	6	6
Метиллові ефіри ліноленої кислоти	% (м/м)	-	12	-	-	-
Поліненасичені (>4 подвійні зв'язки) метиллові ефіри	% (м/м)	-	1	-	-	-

продовження таблиці 2.1.

1	2	3	4	5	6	7
Вміст метанолу	% (м/м)	-	0,2	показники, розмірність	-	-
Вміст моногліцеридів	% (м/м)	-	0,8	фракційний склад	-	-
Вміст дигліцеридів	% (м/м)	-	0,2	50% переганяється при температурі, °С. не вище	280	280
Вміст тригліцеридів	% (м/м)	-	0,2		-	-
Вільний гліцерин	% (м/м)	-	0,02	96% переганяється при температурі °С не вище	370	370
Загальний гліцерин	% (м/м)	-	0,26	температура застигання °С не вище	-10	-26
1-а група металів (N+K)	міліграм/ кг	-	5	масова частина меркаптанової сірки, %, не більше	0,01	0,01
2-а група металів (Ca+Mg)		-		вміст сірководня	Відсутні	Відсутні
Вміст фосфору	міліграм/ кг	-	10	концентрація фактичних смол, міліграм на 100 см ³ палива	40	30
				коефіцієнт фільтрованості, не більше	3	3
				гранична температура фільтрованості°С. не вище	-5	-15

До основних елементів, кількість яких є важливою у паливах, можна віднести карбон, гідроген та кисень. Відсотковий вміст зображений у табл. 2.2.

Відсотковий вміст елементів у дизельному паливі, дизельному біопаливі та їх сумішах

Тип палива	Дизельне паливо (літне)	Дизельне паливо + 25% біопалива	Дизельне паливо + 75% біопалива	Дизельне біопаливо
С,%	87	84,675	80,025	77,3
Н,%	12,6	12,525	12,375	12,3
О,%	0,4	2,8	7,6	10

Синтезовані метилові ефіри рослинних олій на сьогодні не відповідають деяким вимогам технічних умов до дизельних палив, не співпадають такі фізико-хімічні характеристики, як в'язкість, щільність, фракційний склад, кислотне та йодне число і низькотемпературні властивості. Тому на сучасному етапі таке біопаливо використовується тільки в якості компонента дизельного палива. Але завдяки додатковій модифікації паливних систем або самого біодизельного палива за допомогою присадок, можливе його використання як самостійного палива.

Розглянувши основні характеристики біодизельного та дизельного палива, можна виділити ряд переваг та недоліків альтернативного палива.

Перевагами такого палива будуть:

- поновлювальна сировинна база, тобто відходи від збору врожаю посівів;
- вищий показник змащувальної здатності біодизельного палива порівняно зі звичайним дизельним паливом, що сприяє тривалішому «життю» форсунок;
- цетанове число БДП становить 51 (мінерального дизпалива - близько 45), що покращує швидкість запуску двигуна;
- висока температура спалахування робить біодизельне паливо одним з найбільш пожежобезпечних видів палива;
- кількість викидів шкідливих сполук і твердих часток при роботі двигуна на БДП зменшується на 20-25%, чадного газу - на 10-12%;

На сучасній стадії розробок біопаливо з рослинної сировини має суттєві недоліки, серед них:

- біодизельне паливо є кращим розчинником, ніж дизельне паливо, тому руйнує накопичений наліт, тим самим забиває паливні фільтри та інжектори;
- теплотворна здатність нижче, ніж звичайного дизпалива;
- здатність викликати корозію гумових частин, прокладок, фільтрів, що позначається на собівартості експлуатації транспорту;
- зберігати біодизель понад три місяців не рекомендується, оскільки він розкладається;
- собівартість виробництва біопалива дорожче, ніж звичайного дизеля;
- температура, за якої чисте БД починає гуснути залежить від суміші ефірів, а відповідно від сировини, що використовувалась для виробництва палива. Наприклад біодизельне паливо виготовлене з певних різновидів канולי починає застигати при мінус 10 °С, виготовлений з тваринних жирів стає гелеподібним при плюс 16 °С. Взимку використовується низькотемпературне біодизельне паливо, що містить домішки котрі значно знижують температуру його загуснення.

Завдяки виду сировини та складу палива, очевидно, що продукти горіння біопалива є набагато безпечнішими для екології, ніж вихлопні гази дизельного палива. Тому варто розглядати біодизельне паливо, як альтернативу традиційному паливу, але ще потрібно проводити ряд модифікацій, щоб забезпечити максимально комфортні умови його використання. Так, як одна із нагальних проблем, яку необхідно вирішити є низькотемпературні властивості та застигання палива, буде розглянуто, як за допомогою депересорно-диспергуючих присадок можна вирішити це питання.

2.3. Застосування депресорно-диспергуючих присадок

Дизельне паливо являє собою суміш гідрокарбонатів, які частково при охолодженні, кристалізуються і утворюють парафін. Парафін відділяється від рідини і через це паливо виглядає каламутне - до точки помутніння. Спочатку парафін формує малі кристалики, але при зниженні температури, вони з'єднуються і ростуть, що призводить до засмічення фільтрів, труб, шлангів, і потім їх доводиться чистити або розчиняти в паливі. Тому на сьогоднішній день нафтопереробні заводи роблять все можливе для оптимізації низьких температур.

Ефективність присадок визначається прийомністю дизельних палив до депресорів та диспергаторів – вплив будь-якої присадки суттєво залежить від хімічного складу палива, який, у свою чергу, залежить від хімічного складу нафти та способу отримання палива.

В даному дослідженні концентрація присадок бралась згідно інструкцій, відповідно для дизельного палива було взято середню кількість присадки, а для біодизельного для порівняння залежності кількості присадки взято мінімальну та максимальну концентрацію згідно діапазону застосування. Візуальний вигляд бутилок для присадок, місткістю 100 г зображено на рис.2.3.



Рис.2.3. Візуальний вигляд бутилок досліджуваних присадок

- 1- депресорна присадка Pachem-BioCFI-20;
- 2- зимовий пакет присадок bioesters Pachem-BZ;
- 3- літній пакет присадок Pachem-BL.

В даній роботі використовувались такі присадки:

Депресорна присадка Pachem-BioCFI-20. Pachem-BioCFI-20 – відповідним образом підібрана депресорна присадка, яка призначена для покращення показників втрати плинності біодизельного палива в умовах низьких температур (температура помутніння, температура плинності). BioCFI-20 являє собою прозору, гомогенну рідину янтарного кольору і високої в'язкості. Фізико-хімічні властивості даної присадки наведені у табл.2.2.

Таблиця 2.2.

Фізико-хімічні властивості депресорної присадки Pachem-BioCFI-20

№	Параметр	Значення
1	Зовнішній вид, при 20°C	Рідина янтарного кольору
2	Густина, при 15°C, кг/м ³	0,900-0,960
3	Температура плинності, °C	0-2
4	Температура займання менше, °C	62
5	В'язкість, мм ² /с	100

Pachem-BioCFI-20 застосовується в якості присадки, яка покращує текучість біодизельного палива в умовах низької температури, що забезпечує безпечну експлуатацію двигуна в зимових умовах. Більш висока доза депресорної присадки надає можливість знизити значення ГТФ, навіть до температури нижче мінус 30 °C.

Зимовий пакет присадок bioesters Pachem-BZ. Pachem-BZ багатofункціональний, зимовий пакет удосконалюючих присадок до біоєфірів. Містить присадку для поліпшення низькотемпературних властивостей біоєфірів, а також антиоксидантні, протизапальні, антикорозійні, антипінні присадки і деемульгатори. Також входить до складу спеціальний біоцид, що запобігає розвитку флори і дає можливість довго зберігати біосферу без негативних змін споживчих властивостей. Фізико-хімічні властивості присадки Pachem-BZ зображено в таб.2.3.

Фізико-хімічні властивості присадки RacheM-BZ

№	Параметр	Значення
1	Зовнішній вид, при 20°C	Янтарний колір
2	Густина, при 15°C, кг/м ³	0,900-0,940
3	Температура плинності більше, °C	0
4	Температура займання менше, °C	23
5	В'язкість менше, мм ² /с	40
6	Вміст біоциду менше, %	0,07

RacheM-BZ призначений для удосконалення біоєфірів на базі рапсового масла, а також інших олій. Пакет покращує багато фізико-хімічних властивостей біопалива і захищає їх під час тривалого зберігання. Біоєфіри, що забезпечені пакетом, мають високу стійкість до окислення і не виявляють корозійних властивостей. Великою перевагою даної присадки є значне зниження ГТФ і температури плинності біоєфіру. Залежно від виду сировини, з якого зроблений біоєфір, депресатор, що міститься в пакеті, може зменшити показник ГТФ до температури, значно нижчої від -20°C, і навіть нижчої від -30°C.

Літній пакет присадок RacheM-BL. RacheM-BL – це багатофункціональний, літній пакет удосконалюючих присадок до біоєфірів. Завдяки спеціально підібраним складовим володіє антикорозійними, антиокислювальними, деемульгаційними та антипінними властивостями. Також до його складу входить спеціальний біоцид, що запобігає розвитку флори та дає можливість довше зберігати біосферу без негативних змін властивостей. Фізико-хімічні властивості присадки RacheM-BL зображено в таб.2.4.

Фізико-хімічні властивості присадки RACHEM-BL

№	Параметр	Значення
1	Зовнішній вид, при 20°C	бурштиновий колір
2	Густина, при 15°C, кг/м ³	0,920-0,980
3	Температура плинності більше, °C	-30
4	Температура займання менше, °C	23
5	В'язкість більше, мм ² /с	20
6	Вміст біоциду менше, %	0,5

RACHEM-BL призначений для удосконалення біоєфірів, що були виготовлені на основі рапсової олії, а також інших масел. Пакет виправляє багато фізико-хімічних властивостей біопалива, запобігає утворенню осаду в двигуні і захищає біоєфіри під час тривалого зберігання, завдяки присутності ретельно підібраних біоцидів. Паливо, забезпечене пакетом, має високу стійкість до окислення і не виявляє корозійних властивостей.

2.4. План факторного експерименту

Найпростішою моделлю системи є так звана модель «чорного ящика», в якій акцент робиться на призначенні та поведінці системи, а про її будову є тільки опосередкована інформація, що відображається у зв'язку із зовнішнім середовищем.

На рис.2.6 зображено чорний ящик, де показано фактори, від яких залежать низькотемпературні властивості палива з присадками. Показано, що до основних факторів, від яких залежить результат дослідження є сам вид присадки, її концентрація та вид палива, який досліджувався. Додаткові чинники, на які слід

звертати увагу є густина та фільтрація палива. Вихідний результат дослідження залежить від зміни показників вязкості та граничної температури фільтрування.

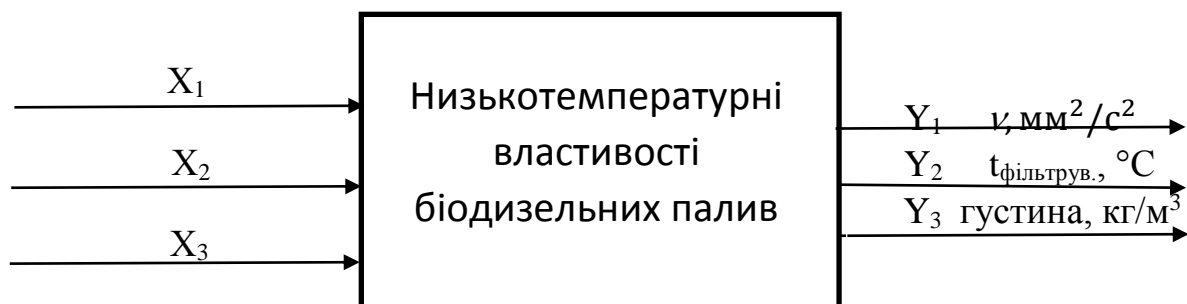


Рис. 2.4. Модель «чорний ящик» факторного експерименту, де:

X_1 – вид палива(ДП, ДП + біоК);

X_2 – вид присадки (Pachem-BioCFI-20, Pachem-BZ, Pachem-BL);

X_3 –концентрація присадки, % мас.;

До факторів, значення яких залежить від змінних чинників відносяться:

Y_1 – в'язкість, мм²/с²;

Y_2 - гранична температура фільтрування, °С;

Y_3 - густина, кг/м³.

В табл.2.5. розглянуто характеристику факторів, що впливають на результат досліджу.

Таблиця 2.5.

Характеристика змінних факторів

№ з/п	Фактор	Рівень			Інтервал варіації
		-1	0	+1	I_{var}
1	Концентрація присадки, % мас.:				
	Pachem-BioCFI-20	0	0,11	0,22	0-0,22
	Pachem-BZ	0	0,125	0,25	0-0,25
	Pachem-BL	0	0,125	0,25	0-0,25
2	Вид палива	-	-	-	-
3	Вид присадки	-	-	-	-

2.5. Методи дослідження

Дослідження вуглеводневих палив та біопалив являє собою цілий комплекс випробувань та досліджень, який забезпечує контроль якості та відповідність нормам. Для проведення дослідження необхідне дизельне паливо, присадки та біокомпонент.

У зразки палива добавлено присадки, за допомогою яких зміняться низькотемпературні властивості (рис.2.7.).

Для визначення низькотемпературних властивостей палива проводять дослідження густини, в'язкість та температуру фільтрування дизельного палива .

Для проведення дослідження даної роботи було використано такі об'єкти:

- паливо дизельне марки ДП-Л- Є5-В0(ДСТУ 7688:2015);
- присадка депресорна Pachem-BioCFI-20;
- зимовий пакет присадок для RME bioesters Pachem-BZ;
- літній пакет присадок для RME Pachem-BL;
- етилові естери рижієвої олії.



Рис.2.5. Досліджувані зразки

Дизельне паливо та депресорно-диспергуючі присадки були взяті та досліджені у випробувальній лабораторії ТОВ Сертифікаційний інформаційний

центр в Інституті загальної та неорганічної хімії імені В.І. Вернадського НАН України.

Під час експерименту для дослідження використовувались такі підготовлені зразки:

- дизельне паливо;
- дизельне паливо + 0,2%мас. присадки Pachem-BioCFI-20;
- дизельне паливо + 0,2%мас. присадки Pachem-BZ;
- дизельне паливо + 0,25%мас. присадки Pachem-BL;
- 7%-й розчин естерів жирних кислот у дизельному паливі;
- 7%-й розчин естерів жирних кислот у дизельному паливі + 0,18%мас. Pachem-BioCFI-20;
- 7%-й розчин естерів жирних кислот у дизельному паливі + 0,22%мас. Pachem-BioCFI-20;
- 7%-й розчин естерів жирних кислот у дизельному паливі + 0,18%мас. Pachem-BZ;
- 7%-й розчин естерів жирних кислот у дизельному паливі + 0,25%мас. Pachem-BZ;
- 7%-й розчин естерів жирних кислот у дизельному паливі + 0,25%мас. Pachem-BL.

Таблиця 2.6.

Вид та кількість присадок в досліджуваних зразках

№	Паливо	Присадка	Концентрація присадки,%мас.
1	2	3	4
1	ДП	Pachem-BioCFI-20	0,2
2	ДП +7% біоК		0,18
3	ДП +7% біоК		0,22

продовження таблиці 2.6.

1	2	3	4
4	ДП	Pachem-BZ	0,2
5	ДП +7% біоК		0,18
6	ДП +7% біоК		0,25
7	ДП	Pachem-BL	0,25
8	ДП +7% біоК		0,25
9	Контроль/ДП	-	-
10	Контроль/ ДП +7% біоК	-	-

Якість палива цілком відповідає вимогам європейського стандарту EN 590 «Палива для двигунів внутрішнього згоряння. Паливо дизельне. Технічні вимоги і методи випробувань» та ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне Євро. Технічні умови».

Визначення густини. Визначення густини палива проводились відповідно до ДСТУ EN ISO 3675:2012 [24]. Суть даного методу полягає у зануренні ареометру у випробувальний продукт, визначення показника за шкалою ареометру при температурі випробування і перерахунку результату на густину при 20°C. Ареометри, що використовувались у дослідженні відкалібровані та мають сертифікати. Щоб визначити густини палива у циліндр для ареометрів наливаємо випробувальне паливо, уникаючи утворення бульбашок повітря. Чистий та сухий ареометр повільно та обережно опускаємо у циліндр зі зразком, не допускаючи змочування частини стержня, що знаходиться вище рівня занурення ареометра. Коли ареометр встановився і перестав колихатись, відраховуються показники по верхньому краю меніска, але так, щоб очі знаходились на одному рівні з меніском (рис.2.8.). Перерахунок результатів проводимо відповідно до вимог ДСТУ.

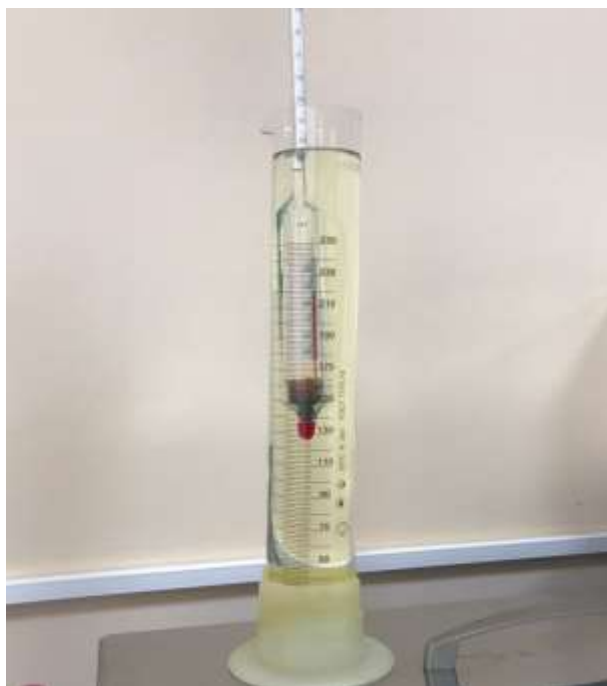


Рис.2.6. Визначення густини ареометром

Визначення в'язкості. Кінематична в'язкість об'єктів досліджуваних зразків визначалась за ГОСТ 33- 2000 [25]. Цей стандарт установлює метод визначення кінематичної в'язкості нафтопродуктів, прозорих та непрозорих рідин визначенням часу стікання певного об'єму рідини під дією сили тяжіння через калібрований капілярний віскозиметр. Метод визначення кінематичної в'язкості проводився у такій послідовності. Включається термостат та очікується нагрівання бані до заданої температури (40 °С). При досягненні заданої температури чистий, сухий віскозиметр заповнюємо досліджуваним зразком. Для цього опускається кінець коліна 1 з капіляром в пробу. Отвір 2 віскозиметра (рис.2.9) затискаємо гумовою грушою, а вільний отвір другого коліна закриваємо пальцем та засмоктуємо зразок у віскозиметр до мітки М1.

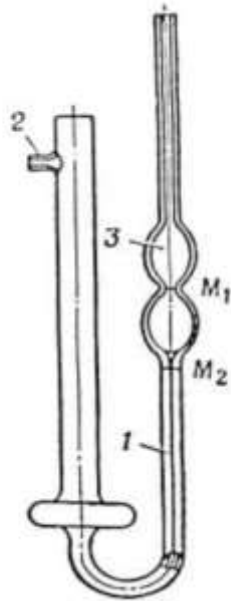


Рис.2.7. Віскозиметр типу ВПЖ-2

Встановлюється заповнений віскозиметр в нагріту баню термостату і витримується мінімум 15 хв, до тих пір, поки не прогріється до температури випробування.

Після того, як зразок досяг температурної рівноваги, доводимо об'єм зразку вище мітки верхнього резервуару 3. При вільному стіканні зразка, секундоміром визначається час, який необхідний для переміщення меніску від мітки M1 до мітки M2. Час стікання рідини повинний бути не менше 200 с. Так повторно визначається час стікання зразка. Якщо результати двох вимірювань збігаються, то розраховуємо середнє арифметичне цих двох результатів. Кінематичну в'язкість ν , мм² /с, розраховуємо за формулою:

$$\nu = C \cdot t, \quad (2.1.)$$

де: C – калібрована постійна віскозиметру, мм² /с²;

t – середнє арифметичне значення часу стікання, с.



Рис.2.8. Визначення в'язкості

В даній роботі вимірювання в'язкості досліджуваних зразків проводилась за допомогою віскозиметра діаметром 0,62 та при каліброваній постій віскозиметра $C=0,01061$.

Гранична температура фільтрування. Основною проблемою при експлуатації дизельного палива у холодний період є погіршення його низькотемпературних властивостей. До головних низькотемпературних властивостей дизельних палив можна віднести:

- температура застигання – це та температура, при якій паливо втрачає свою рухливість;

- температура помутніння – це температура, при якій починають випадати парафіни у паливі;

- гранична температура фільтрування (ГТФ) – це найнижча температура, при якій паливо у певних умовах після охолодження здатне проходити через фільтрувальний пристрій з установленою швидкістю. Саме ГТФ є основним параметром, який нормалізується у вимогах стандарту ДСТУ 7688-2015 відносно використання дизельних палив в залежності від кліматичних умов.

В Україні ГТФ визначається відповідно до ДСТУ EN 116:2012 [26], який поширюється на паливні дистилати, що призначенні для використання у дизельних двигунах, враховуючи і ті, що мають вже у своєму складі присадки, які підвищують їхні низькотемпературні властивості.

Виконання методу полягається у поступовому охолодженні досліджуваного палива з інтервалом в 1°C та його стіканні через фільтраційну сітку при вакуумі 1961 Па. Фіксується кінцева температура, при якій паливо зі швидкістю менше ніж за 60 секунд не проходить фільтр, або коли паливо не буде повністю стікати у випробувальну місткість раніше, ніж відбудеться охолодження на 1 °C.

У роботі використовувався апарат УТФ-70, який зображено рис.2.11.



Рис.2.9. Апарат УТФ-70 для визначення ГТФ

Перед кожним дослідженням розбирається фільтр і промиваються його деталі, а також вимірювальний посуд, піпетку та термометр розчинником, потім ополіскують ацетоном і висушують. Провіряється чистота та сухість.

Для визначення ГТФ ізоляційне кільце поміщають на дно кожуха, а вимірювальну посудину наповнюють досліджуваним паливом до мітки, відповідно 45 см³. Закривають його пробкою, в якому знаходиться піпетка з фільтром та

термометр та встановлюємо так, щоб термометр був паралельно до піпетки та нижній кінець його знаходився на 1,5 мм від дна посудини.

Кожух поміщається вертикально на глибину 85 мм в охолоджуючій бані, в якій підтримується температура мінус 34°C, а вимірювальний посуд поміщається в кожусі у вертикальному положенні. При відкритому запірному крані з'єднують піпетку з вакуумною установкою за допомогою шлангів, які приєднані до крану. Включають вакуум і встановлюють потік повітря так, щоб U-подібний манометр показував зниження тиску 200 мм водного стовпчика під час всього випробовування. Коли температура досліджуваної проби досягає відповідної величини, встановлюється запірний кран так, щоб фільтр був з'єднаний з вакуумом, спричиняючи всмоктування проби палива через фільтр в піпетку, одночасно фіксують час стікання. Даний процес повторяється після кожного пониження температури проби на 1°C до досягнення температури, при якій припиняється потік через фільтр, або піпетка не наповнюється до мітки протягом 60 секунд. Записується температура початку останньої фільтрації.

2.6. Висновок до розділу

В даному розділі було розглянуто план та послідовність проведення дослідження та зображено план факторного експерименту. Проведено порівняльний аналіз хімічного складу біодизельного та дизельного палива, а також визначено, які переваги та недоліки має біодизельне паливо у порівнянні з традиційним дизелем.

Для вирішення однієї із основних проблем застосування біодизельних палив, а саме, низькотемпературних властивостей, запропоновано використання депресорно-диспергуючих присадок. Для визначення впливу даних присадок на властивості дизельного та біодизельного палив, розглянуто методики, які потрібні для отримання даних про низькотемпературні властивості, а саме: визначення густини, в'язкості та граничної температури фільтрування.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ДЕПРЕСОРНО-ДИСПЕРГУЮЧОЇ ПРИСАДКИ НА НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

3.1. Порівняльна оцінка в'язкості та ГТФ зимового, літнього дизельного палива та біокомпонента

Виробництво літнього та зимового палива дещо відрізняється, тому показники та вимоги до них також будуть різними. В табл.3.1. показано порівняльну оцінку основних показників для визначення низькотемпературних властивостей, а саме в'язкості та ГТФ зимового, літнього дизельного палива та біокомпонента.

Таблиця 3.1.

Порівняльна оцінка в'язкості та ГТФ зимового, літнього дизельного палива та біокомпонента

№	Показник	Літнє ДП	Зимове ДП	ДП _{Bio-7}
1	В'язкість, мм ² /с ²	2,614	2,67	5,16
2	ГТФ, °С	-9	-20	-9

Згідно даних з таблиці 3.1. побудовано діаграми (рис3.1.(а, б)) для візуального порівняння даних.

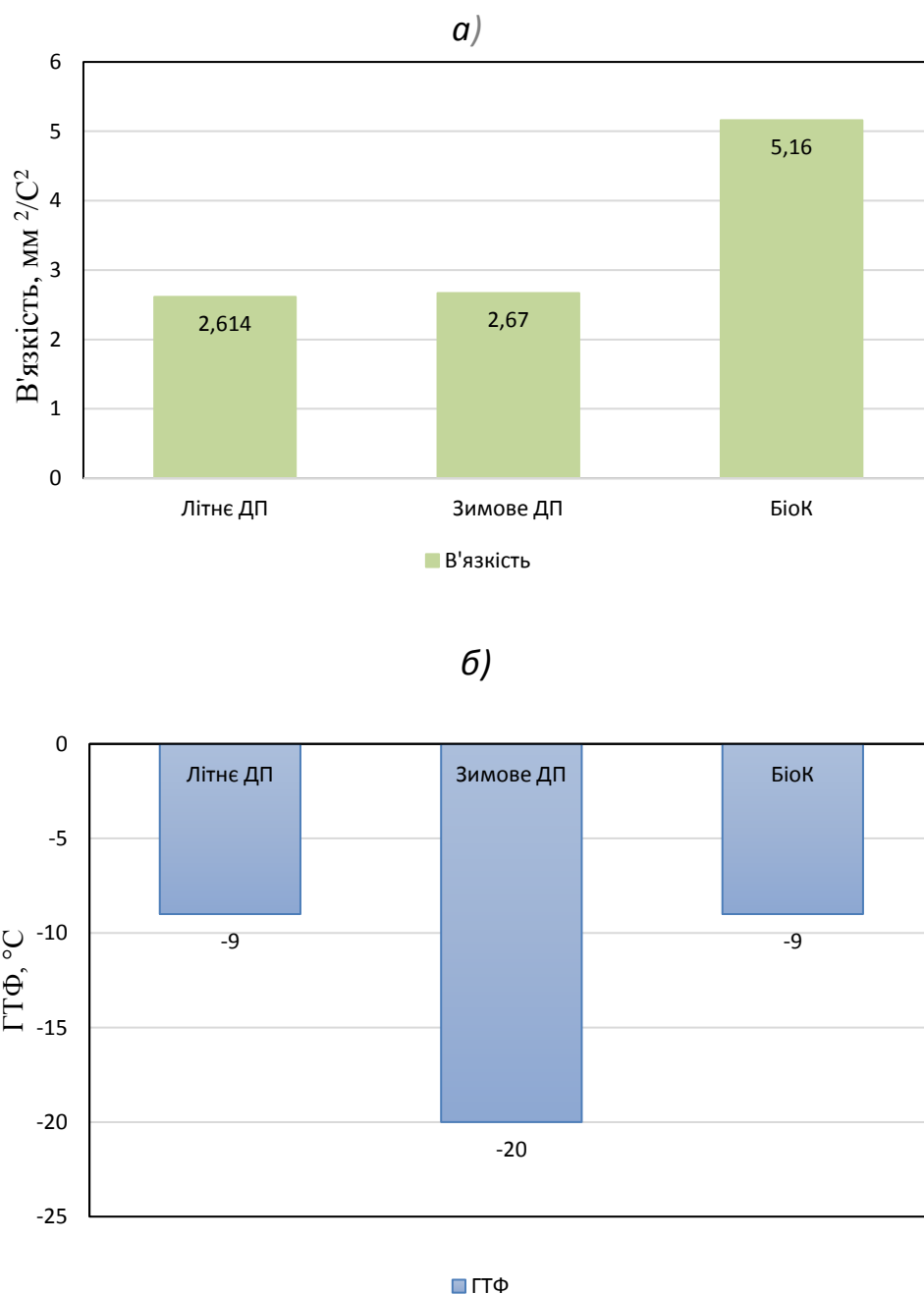


Рис.3.1. Порівняльна оцінка в'язкості (*a*) та ГТФ (*б*) зимового, літнього дизельного палива та біокомпонента

Проаналізувавши дані діаграм, можна зробити висновок, що в'язкість традиційного літнього та зимового палива є практично однаковою, а в'язкість біокомпонента (рижівової олії) є значно більшою у порівнянні. За критеріями якості палива біокомпонент з таким показником в'язкості не рекомендується до застосування як самостійного палива.

Гранична температура фільтрації палив та біокомпонента є найкращою у зимового дизельного палива і не так потребує додаткової модифікації, як літнє паливо. Для того, щоб використання літнього палива у зимовий період стало можливим, необхідно його модифікувати, а саме додавати депресорно-диспергуючі присадки. Тому в даній роботі модифікується літнє паливо для дослідження зміни низькотемпературних властивостей.

3.2. Визначення густини та в'язкості досліджуваних зразків

На прикладі присадки PACHEM-BL показано зміни густини дизельного та біодизельного палива при введенні присадки, які наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Густина контрольних зразків та зразків з присадкою PACHEM-BL

№	Паливо	Присадка	Густина при 15°C, кг/м ³
1	ДП	-	827,7
2	ДП	+	827,2
3	ДП _{Bio-7}	-	829,7
4	ДП _{Bio-7}	+	830,0

Так, як кількість введеної присадки є малою, зміни в густині є незначними, а саме показник у двох контрольних розчинах змінюється на $\pm 0,3$ кг/м³. Тому в подальшому дослідженні впливу присадок на низькотемпературні властивості показники густини не будуть враховуватись.

При дослідженні в'язкості отримано дані, які зображено у таблиці 3.3.

В'язкість досліджуваних зразків

№	Паливо	Присадка	Концентрація присадки, %	В'язкість $\text{мм}^2/\text{с}^2$
1	ДП	Pachem-BioCFI-20	0,2	2,634
2	ДП _{Bio-7}		0,18	2,749
3	ДП _{Bio-7}		0,22	2,769
4	ДП	Pachem-BZ	0,2	2,620
5	ДП _{Bio-7}		0,18	2,711
6	ДП _{Bio-7}		0,25	2,724
7	ДП	Pachem-BZ	0,25	2,618
8	ДП _{Bio-7}		0,25	2,703
9	ДП	-	-	2,614
10	ДП _{Bio-7}	-	-	2,65

Для кращого порівняння даних побудовано діаграми, на яких зображено зміну в'язкості ДП (Рис.3.2.) та ДП_{Bio-7} (Рис.3.3.) при введенні присадок.

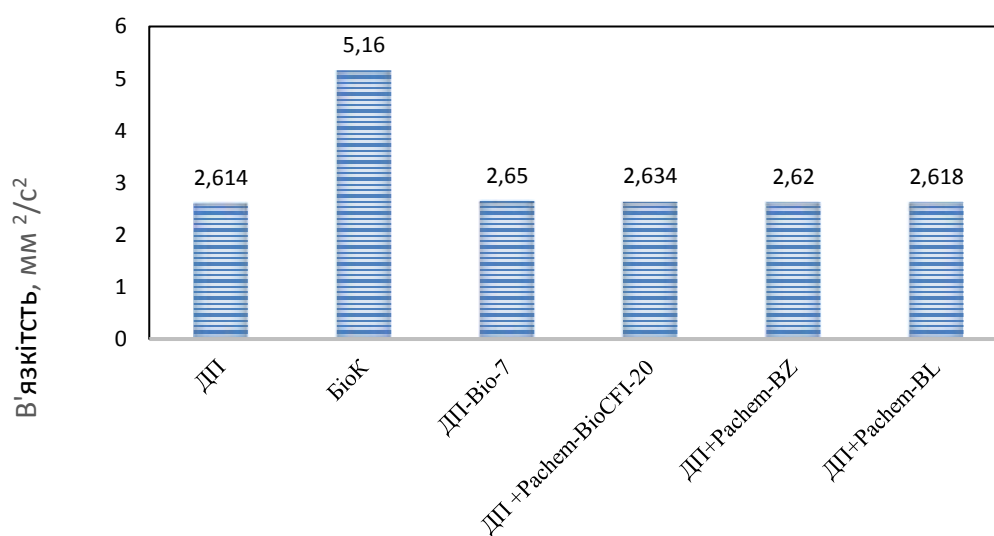


Рис.3.2. Вплив присадки на в'язкість дизельного палива

Аналізуючи діаграму на рис.3.2. помітно, що найбільша в'язкість є у чистого біокомпонента, але при додаванні його у дизельне паливо з присадками значення в'язкості стає меншим. При додаванні присадки Pachem-BioCFI-20 у дизельне паливо спостерігається найбільше збільшення в'язкості у порівнянні з іншими зразками. В'язкість даного зразка з присадкою становить 2,634 мм²/с² у порівнянні з початковим показником ДП 2,614 мм²/с².

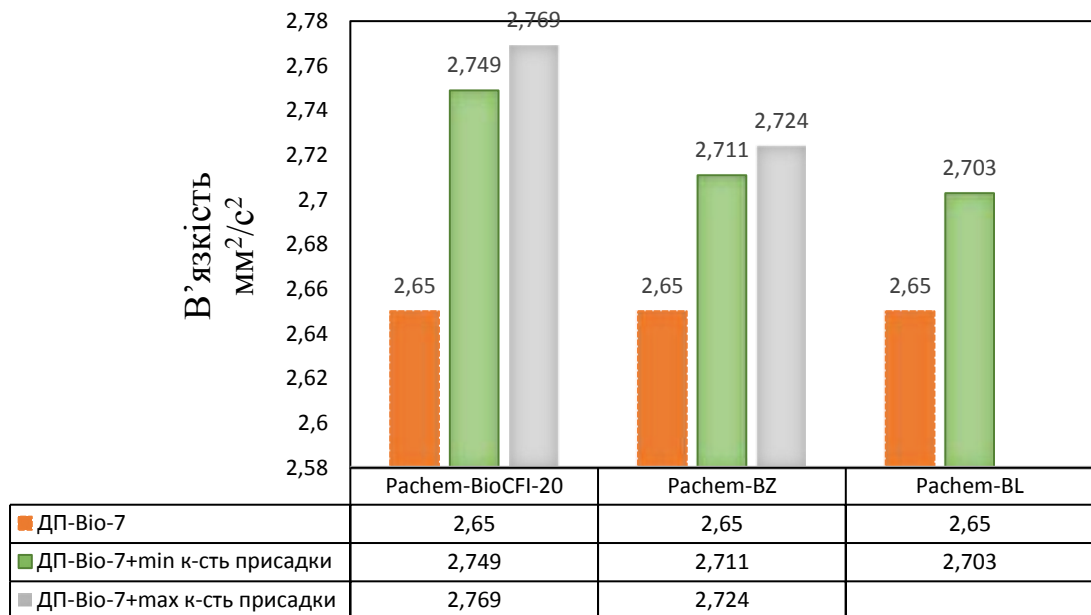


Рис.3.3. Вплив мінімальної та максимальної концентрації присадки на в'язкість біодизельного палива

На рис.3.3. зображено вплив присадок при їх мінімальній та максимальній концентрації на в'язкість біодизельного палива. Найбільший вплив на в'язкість показала присадка Pachem-BioCFI-20 при її максимальній концентрації 0,22% мас. в'язкість становить 2,769 мм²/с² напроти початкової в'язкості контрольного розчину, яка становить 2,65 мм²/с². В загальному показники в'язкості найбільше змінились при використанні присадки Pachem-BioCFI-20, а найменше різницю в значеннях в'язкості показало застосування присадки Pachem-BL.

3.3. Визначення граничної температури фільтрування досліджуваних зразків

Основним критерієм, яким характеризуються низькотемпературні властивості палива є гранична температура фільтрування. Тому саме по цих показниках (табл.3.4.) відчутна різниця значень чистих контрольних зразків та досліджуваних зразків з певним видом присадки.

Таблиця 3.4.

Гранична температура фільтрування досліджуваних зразків

№	Паливо	Присадка	Концентрація присадки, %	ГТФ, °С
1	ДП	Pachem-BioCFI-20	0,2	-19
2	ДП _{Bio-7}		0,18	-21
3	ДП _{Bio-7}		0,22	-24
4	ДП	Pachem-BZ	0,2	-16
5	ДП _{Bio-7}		0,18	-18
6	ДП _{Bio-7}		0,25	-18
7	ДП	Pachem-BL	0,25	-9
8	ДП _{Bio-7}	-	0,25	-4
9	ДП	-	-	-9
10	ДП _{Bio-7}	-	-	-4

Для кращого порівняння даних побудовано діаграми, на яких зображено зміну ГТФ дизельного та біодизельного палива.

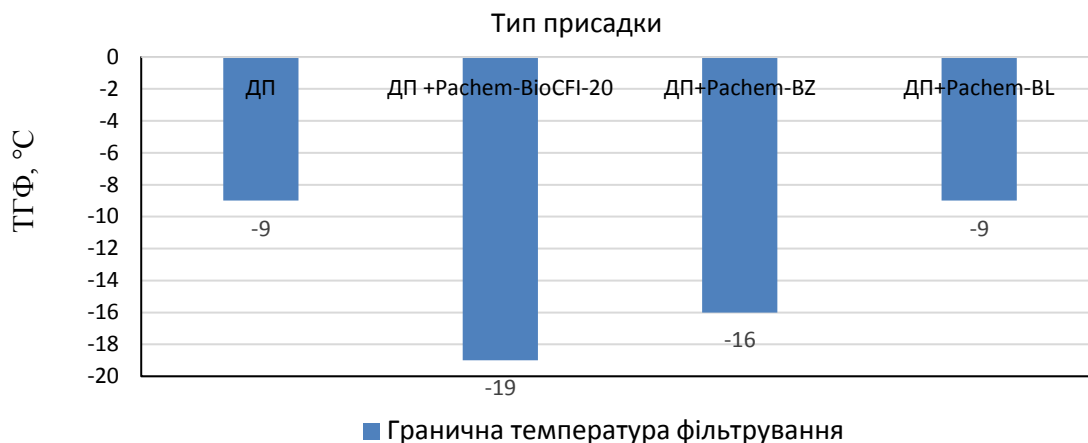


Рис.3.4. Вплив присадки на ГТФ дизельного палива

На рис.3.4. зображено вплив присадок на ГТФ традиційного дизельного палива. За результатами дослідження можна зробити висновок, що присадка Pachem-BioCFI-20 найбільше знизил показник ГТФ дизельного палива, а саме на мінус 10 °C, що становить загальну температуру фільтрування мінус 19 °C. Пакет присадок Pachem-BL ніяк не вплинув на значення ГТФ, так як пакет призначений для модифікацій палива у літній період.

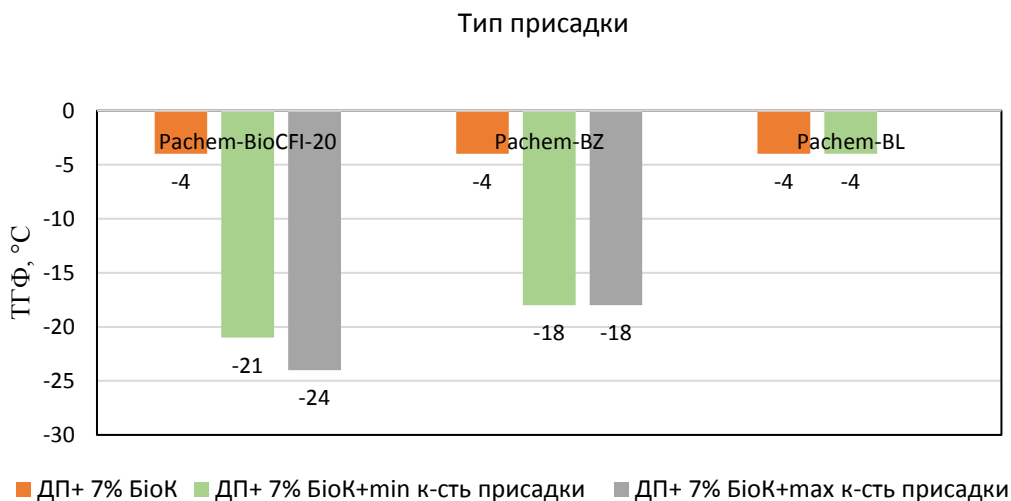


Рис. 3.5. Вплив мінімальної та максимальної концентрації присадки на ГТФ біодизельного палива

На рис.3.5 показано зміну ГТФ біодизельного палива з різними концентраціями присадок. Початковий показник ГТФ БД є дуже низьким, що не

відповідає вимогам і для літнього використання. Але при введенні присадки помітно суттєві зміни. Найкращий результат отримано при використанні присадки Rachen-BioCFI-20 при концентрації 0,22% мас. і показник знизився до мінус 24 °С. Використання зимового пакету присадок Rachen-BZ не залежно від її концентрації змінив ГТФ БД до мінус 18 °С. Пакет присадок Rachen-BL ніяк не вплинув на значення ГТФ, так як пакет призначений для модифікацій палива у літній період.

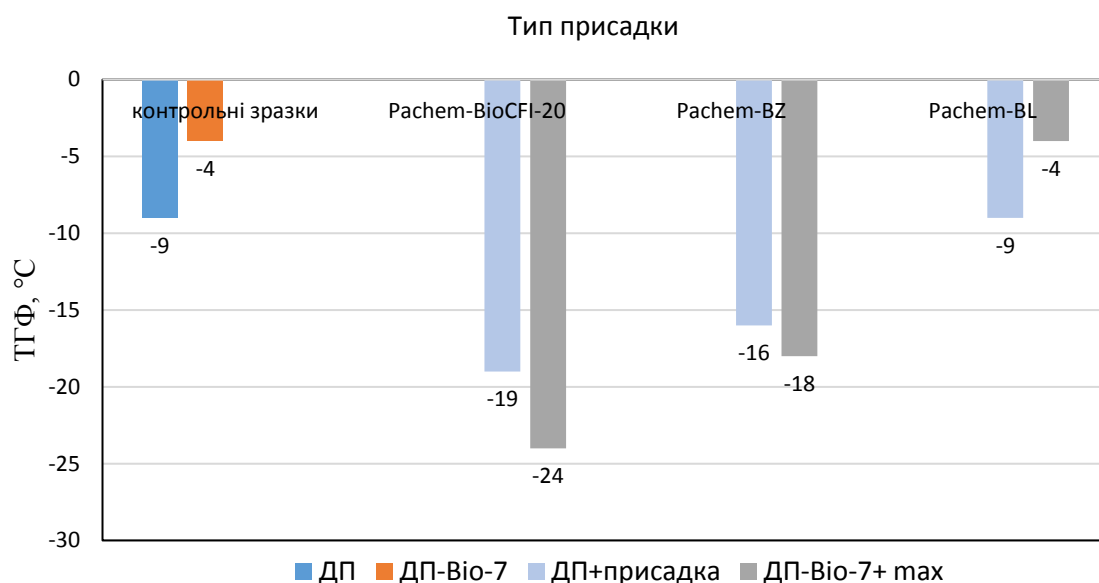


Рис.3.6. Порівняльний аналіз ефективності дії присадок на ДП та ДП_{Bio-7}

Для порівняння ефективності дії присадок на ДП та ДП_{Bio-7} зображено діаграму на рис.3.6. Можна зробити висновок, що найкращий результат показала присадка Rachen-BioCFI-20 при концентрації 0,22%мас., яка була введена у ДП_{Bio-7} і ГТФ знизилась до мінус 24 °С. Також помітно, що ефективність присадки є кращою при її застосуванні з біодизельним паливом, ніж з традиційним ДП. Тому при використанні даних присадок рекомендується додати також біокомпонент, щоб ГТФ була нижчою. Присадки літнього пакету Rachen-BL не призвели до жодних змін низькотемпературних властивостей у двох видах палива, а зимовий пакет присадок Rachen-BZ також показав кращий результат для ДП_{Bio-7}, з різницею для ДП у мінус 2 °С.



Рис.3.7. Залежності ГТФ від концентрації присадки Rachen-BioCFI-20, де:

- 1- ДП_{Bio-7} ;
- 2- ДП_{Bio-7}+ Rachen-BioCFI-20 в конц. 0,18%мас.,
- 3- ДП_{Bio-7}+ Rachen-BioCFI-20 в конц. 0,22%мас.

На рис.3.7. зображено як залежить ГТФ від концентрації присадки на прикладі присадки Rachen-BioCFI-20, яка в дослідженні показала найкращий результат. Помітно, що при різних концентраціях показник ГТФ міняється, хоч і зміни є невеликими. Присадка при концентрації 0,18%мас. змінює даний показник палива до мінус 21°C, а при більшій її концентрації 0,22%мас. ГТФ палива у порівнянні з меншою концентрацією зменшується на 3°C, що становить мінус 24 °C. Отже, показник ГТФ палива залежить від кількості введеної присадки.

3.4. Рекомендації щодо покращення низькотемпературних властивостей біодизельного палива

За отриманими результатами даного дослідження, можна рекомендувати застосування в зимовий час депресорної присадки Rachen-BioCFI-20 у концентрації 0,22% мас. у біодизельне паливо (при додаванні присадки гранична температура фільтрування понизилась з мінус 4 °C до мінус 24 °C).

При введенні присадки Rachen-BioCFI-20 у концентрації 0,2% мас. в традиційне дизельне паливо зафіксовано зниження граничної температури фільтрування з мінус 9 °С до мінус 19°С, що є ефективним результатом і рекомендується до застосування.

Введення пакету присадок Rachen-BZ у порівнянні з присадкою Rachen-BioCFI-20 є на 10% менш ефективним.

Пакет присадок Rachen-BL не рекомендується для застосування з ціллю покращення низькотемпературних властивостей дизельного та біодизельного палива, так як в результаті досліджень значення показників граничної температури фільтрування залишились беззмінними.

Застосування присадок є простим, ефективним та економічно вигідним способом модифікації палива, який буде ще довго залишатись актуальним на ринку.

3.5. Висновки до розділу

Присадка Rachen-BioCFI-20 найбільше знизила показник ГТФ. Максимальну зміну показника граничної температури фільтрування зафіксовано у зразку ДП_{Bio-7} з додаванням присадки Rachen-BioCFI-20 у концентрації 0,22% мас., де температура понизилась на 20 °С. На прикладі присадки Rachen-BioCFI-20 показано залежність ГТФ від її концентрації, де зроблено висновок, що при збільшенні концентрації введеної присадки показник також змінюється в кращу сторону.

Введення присадки Rachen-BioCFI-20 з концентрацією 0,22%мас. у зразок ДП_{Bio-7}, показало найбільшу зміну показників в'язкості : з 2,65 мм²/с² до 2,769 мм²/с². Дані зміни є незначними, тому в результаті визначення ефективності присадок на ГТФ не враховувались.

Досліджено, що пакет присадок Rachen-BL не проявив впливу на низькотемпературні властивості дизельного та біодизельного палива, показники ГТФ лишились беззмінними, а в'язкість та густина збільшилась на декілька одиниць, але порівнюючи з іншими двома зразками, ця присадка найменш ефективна.

Розроблено рекомендації щодо покращення низькотемпературних властивостей біодизельного палива.

Отже, в даній роботі було доведено ефективність застосування депресорних присадок для покращення низькотемпературних властивостей.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Загальна характеристика використання палива

З моменту появи автомобільних двигунів внутрішнього згорання та до сьогодні, як пальне використовуються продукти нафтопереробки: бензин чи дизельне паливо.

Перший бензин отримав Майкл Фарадей ще в 1825 році, але досліді з нафтою проводилися і раніше. Звичайно, технологія була проста дуже простою, а принцип роботи заводу був дуже схожий на принцип роботи самогонного апарату. Ємність з нафтою ставили всередину печі і продукт нагріву по трубі йшов в приготовлену заздалегідь бочку. Труба проходила через бочку з водою, яка виконувала роль охолоджуючого елемента. Отримана очищена нафта використовувалася в основному для освітлення приміщень. А саме той продукт, який ми знаємо як бензин, отримав англійський фізик і випробувач Фарадей, виділивши досвідченим шляхом вуглеводневе з'єднання, яке потребує мінімальних умов для займання.

Приблизно через сімдесят років був винайдений процес більш ретельного розкладання нафти на складові. Російський інженер на прізвище Шухов зумів домогтися набагато більшого ККД на виході і збільшити обсяг виробленого бензину. Що послужило просуванню цього пального в якості палива для двигунів внутрішнього згорання, які були вдосконалені німцем Даймлером.

Трохи пізніше реалізація бензину налагодилася, але все одно його доводилося купувати вже розлитим в різні ємності у вигляді відер або бутлів. Розвиток машинобудування та збільшення кількості автомобілів призвело і до появи спеціалізованих сховищ. Хоча сам процес заправки все ще залишав бажати кращого.

Основним конкурентом бензину є дизельне паливо. Це пальне зобов'язане своєю назвою німецькому інженеру Рудольфу Дизелю, який ще в юнацьку пору

мріяв про двигун, який залишить за своїми характеристиками парової далеко позаду. І спочатку весь агрегат був розрахований на вугільний пил. Але розробка такої схеми була занадто складна і Дизель вирішив зупинитися на дешевих продуктах переробки нафти на кшталт мазуту. Паливо всмоктувалось в циліндр, але для його займання не потрібні були свічки. Займання досягалось шляхом величезного тиску, яке створювалося в камері. Це була досить складна конструкція, і тому пішло більше п'яти років на конструювання першого діючого зразка. Рушійною силою був гас, він забезпечив ККД в два рази більше, ніж у парової машини.

Переробку під дизель справили вже інші інженери. Ліцензію на виробництво двигунів такого типу купив Еммануїл Нобель і організував підприємство по збірці під Петербургом. Так як у гасу ціна була досить висока, то він попросив своїх співробітників кілька переробити конструкцію. І двигун став із задоволенням споживати сиру нафту, а потім і солярку. Протягом свого життя Рудольф Дизель не зумів створити автомобіль, серцем якого б став його двигун. Він тільки розробив геніальну ідею. Вона втілилася в реальність тільки через десять років після його загадкового зникнення в кінці вересня 1913 року. Ідея створення легковика на дизельному паливі виникла ще в 1933 році, але перші експерименти успіху не принесли. І ось був випущений перший екземпляр 260D, який мав у своєму арсеналі чотирициліндровий двигун об'ємом 2,5 літра. Потужність дизельного агрегату досягала 45 кінських сил при значенні тахометра близько 3000 об / хв. І вперше була досягнута нова планка економічності таких двигунів - 9л на 100км. Бензиновий двигун тієї ж компанії споживав трохи більше - 13 л.

В даний час з'являється все більше видів альтернативних джерел енергії для автомобілів, але ця конкуренція була і на початку минулого століття. На самій зорі автомобілебудування спирт і рослинна олія ледь не перемогли вуглеводневі сполуки.

Для переходу на етанол треба зробити ще дуже багато, зараз тільки 17 відсотків машин можуть споживати цей вид палива. Але майже 70 відсотків можуть їздити на суміші, в якій присутня лише 15 відсотків бензину, а інший обсяг займає

спирт. І абсолютно будь-який двигун поставиться толерантно до 15-процентного додавання етанолу в звичний бензин.

Ще одним варіантом, здатним замінити бензин, є водень. Є паливні елементи, які здатні утримувати цей хімічний елемент і передавати його безпосередньо двигуну, де відбувається зіткнення водню з киснем. В результаті виділяється велика кількість тепла, яке перекладається в роботу. Виробляється електричний струм, він і рухає автомобіль. Простіший варіант - це електромотори, які харчуються вже виробленим і накопиченим електрикою. Зараз кожен великий виробник випускає моделі, оснащені електродвигуном.

На сьогодні при впровадженні нових палив, особливу увагу звертають на екологічність, економічність та раціональне споживання палива, а з роками людство вибере найкомфортніше паливо чи енергоносіє, що буде відповідати всім стандартам та вимогам.

4.2. Токсичність ВГ дизельного палива та вплив на організм людини

Основними джерелами забруднення повітря автомобілів є відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), паливні випаровування, картерні гази. Двигун внутрішнього згорання – це тепловий двигун, в якому хімічна енергія палива перетворюється в механічну роботу. По виду палива ДВЗ підрозділяють на двигуни, що працюють на бензині, газі і дизельному паливі.

Дизельне паливо являє собою суміш вуглеводнів нафти та порівняно з бензином має більшу токсичність. Однак, маючи більш низьку випаровуваність, у пароподібному стані проявляє на організм людини менш отруйні властивості, порівняно з бензином. На сьогодні зниження токсичності відпрацьованих газів дизелю приділяють особливу увагу у зв'язку з розширенням сфери його застосування і збільшення загальної кількості автомобілів, автобусів та інших машин з дизельними силовими установками. Кожен автомобіль викидає в атмосферу з відпрацьованими газами близько 200 різних компонентів. Найбільша група з'єднань – вуглеводні. Тому, як і покращення економічних властивостей

дизелю, зниження токсичності його відпрацьованих газів становить серйозну проблему.



Рис.4.1. Забруднення автомобілями навколишнього середовища

Відпрацьовані гази дизельного палива являють собою багатоконпонентну суміш, що містять продукти повного і продукти неповного згорання вуглеводнів у паливі (монооксид вуглецю CO , газоподібні вуглеводні C_nH_x , альдегіди RCHO , сажа C). У відпрацьованих газах присутні кисень O_2 , невикористаний при згоранні палива, та основний компонент повітря – нітроген N_2 і продукти його окиснення – оксиди нітрогену NO_x , газоподібні продукти окиснення сірки SO_2 , яка міститься у паливі.

Також у ВГ присутні «тверді частинки», основним компонентом якого є сажа. Токсичність відпрацьованих газів дизельного палива визначається 0,1-1% від їх загального об'єму. При цьому 80-95% від загальної маси токсичних компонентів припадають на долю п'яти з них: NO_x , CO , C_nH_x , альдегідів RCHO та діоксид сірки SO_2 [45].

Одним з основних токсичних компонентів відпрацьованих газів дизельного палива є оксиди нітрогену NO_x – монооксид NO , діоксид NO_2 , оксид нітрогену (I), ангідрид нітрогену N_2O_3 тощо. З оксидів нітрогену NO_x , що містяться у відпрацьованих газах дизелю, 95-98% припадає на монооксид NO та 2-5% на діоксид NO_2 . Токсичність діоксиду NO_2 у 7 разів вище ніж у монооксиду NO , який є нестабільним. При нормальних умовах NO окислюється до NO_2 протягом 0,5-1 до

100 годин. Оксид азоту утворюється при високих температурах у камері згорання шляхом окиснення нітрогену повітрям [46].

СО присутній у атмосфері у малій кількості, а у ВГ двигунів внутрішнього згорання його вміст може досягати до 12% [46]. Дизель відрізняється порівняно невеликою концентрацією цього токсичного компонента у відпрацьованих газах, його кількість не більше 0,4-05%. У порівнянні з діоксидом СО₂ монооксид вуглецю СО менш стабільний. Монооксид вуглецю є компонентом неповного окислення палива, що утворюється в камері згорання через нерівномірний розподіл палива в зоні горіння, що призводить до виникнення зон з низьким коефіцієнтом надлишку повітря α , де спостерігається не згорання палива.

Легкі газоподібні вуглеводні С_{Н_x} відпрацьованих газів дизелів відносяться, в основному, до парафінових і олефінових вуглеводнів.). У дизельних двигунах на частку метану доводиться від загального змісту відпрацьованих газів 2-6% незгорілих вуглеводнів []. Інші вуглеводні присутні у відпрацьованих газах дизелів в менших кількостях.

Найважливішим токсичним компонентом відпрацьованих газів дизелів є тверді частинки, що захоплюються спеціальним фільтром при проходженні через нього відпрацьованих газів [46]. Вони складаються з розчинних і нерозчинних в органічних розчинниках фракцій. Перші містять незгорілі частки палива і моторного масла. Нерозчинні складові твердих частинок включають сажу, сульфати, що утворюються при згорянні сірки, яка присутня в паливі, і оксидів металів, що додаються в паливо і масло в якості присадок. Але головний компонент твердих частинок є сажа, яка, в свою чергу, складається в основному з вуглецю С (95-98%). Частинки сажі являють собою пористі формування вуглецю С і мають лінійні розміри 0,1-100 мкм (в основному від 0,2 до 1,0 мкм). Наявність сажі у відпрацьованих газах дизелів призводить до втрати їх прозорості та появи чорного диму. Оптична щільність відпрацьованих газів залежить від кількості і розмірів частинок сажі. Видиме диміння відповідає змісту сажі у відпрацьованих газах більшого 0,1 г/м³.

У зв'язку з інтенсивним зростанням і розвитком промисловості, автотранспорту, збільшуються і викиди в атмосферу різних хімічних елементів, які завдають шкоди організму людини. Хімічні елементи потрапляють в організм з вихлопними газами, з викидами промислових об'єктів. Викиди, які потрапляють в атмосферу з автомобілів складають 90% забруднюючих речовин. Населення, особливо у великих містах, отримують шкідливий вплив токсичних речовин у високих концентраціях, що порушують діяльність багатьох фізіологічних функцій організму. Згубно впливають на роботу функціональних систем організму. Виникають захворювання з боку дихальних шляхів такі, як: астма, алергія, бронхіт, гайморит, подразнення дихальних шляхів, пухлини, емфізема легень, алергічні реакції.

З боку серцево-судинної системи: задишка, запаморочення, почастищення симптомів стенокардії, що провокують розвиток інфаркту міокарда, призводять до тромбозів.

З боку нервової системи: нездужання, дратівливість, порушення сну.

Деякі хімічні елементи мають властивість осідати в організмі, особливо важкі метали. Накопичуючись поступово в організмі, ці речовини зашлаковують організм і природно згодом це призводить до серйозних захворювань. Особливо небезпечно це тим, що різко збільшуються випадки появи у людей ракових пухлин.

4.3. Порівняльна оцінка токсичності дизельного та біодизельного палива

Постійне посилення вимог нормативно-технічних документів щодо зменшення викидів шкідливих речовин з ВГ вимагає від виробників автомобілів зосереджувати значні зусилля для пошуку шляхів комплексного вирішення проблеми екологічної безпеки автомобільного транспорту.

Специфічна особливість дизельних автомобілів – димність ВГ. Концентрація часток сажі у ВГ дизельних автомобілів визначає величину їх димності. При наявності у ВГ водяної пари, аерозолів палива та мастила спостерігається дим сірого

кольору. Чорний дим складається з майже вільних від вуглеводнів сухих часток сажі.

До шкідливих компонентів ВГ відносяться: оксид вуглецю, оксиди азоту, група вуглеводнів, включаючи парафіни, олефіни, ароматики та інші речовини. Далі йдуть альдегіди та двоокис вуглецю. При згорянні сірчистих палив утворюються неорганічні речовини – сірчистий ангідрид та сірководень [27]. Особливу групу складають канцерогенні поліциклічні вуглеводні, в тому числі найбільш активний бенз(а)пірен, що є індикатором присутності канцерогенів у ВГ [29].

Знизити викиди шкідливих компонентів у ВГ можна досягти шляхом застосування альтернативних палив. Найбільш перспективним альтернативним паливом для дизельних ДВЗ є біопалива, отримані з рослинних олій та жирів тваринного походження, зокрема їх метилові ефіри. Такі палива отримуються з відновлюваних природних ресурсів, тому під час їх використання зберігається баланс CO₂ на планеті. Біопаливо (БП) може використовуватися без істотних змін у конструкції двигуна та змішуватися зі стандартним дизельним паливом (ДП) у будь якій пропорції від 0 до 100%. Встановлено, що під час використання БП у чистому вигляді, або у вигляді домішки до ДП спостерігається значне зниження викидів продуктів неповного згорання, у тому числі сажі, яка швидко забруднює блоки каталітичного нейтралізатора.. У деяких випадках спостерігається незначне підвищення викидів оксидів азоту, яке пов'язане з підвищенням температури у циліндрі двигуна внаслідок більш повного згорання БП. Таке підвищення відбувається у разі підвищення ефективного коефіцієнту корисної дії (ККД) Знизити викиди оксидів азоту у такому випадку можна шляхом зменшення кута випередження впорскування палива [29]. Крім того для зниження викидів оксидів азоту можуть використовуватися спеціальні системи нейтралізації [30] та рециркуляція ВГ.

Важливим чинником, що викликає підвищений інтерес до біодизельного палива, є його менші викиди шкідливих сполук у навколишнє середовище. Біодизельне паливо не є абсолютно екологічно чистим, але, порівнюючи з традиційним дизпаливом, воно є чистішим.

Близько 11% ваги B100 є киснем. Наявність кисню в біодизелі покращує горіння і, отже, зменшує викиди вуглеводнів, вуглекислого газу та твердих частинок; але паливо з киснем також має тенденцію до збільшення викидів оксидів азоту.

Випробування двигуна підтвердили очікуване збільшення і зменшення кожного вихлопного компонента від двигунів без контролю викидів. Користувачі біодизельного палива також відзначають, що вихлопні запахи краще, ніж вихлопні гази з двигунів, що спалюють звичайний дизель.

Наприклад, в продуктах згоряння біопалива на 8-10% менше окису вуглецю, майже на 50% менше сажі й значно менше сірки (0,005% проти 0,2% у звичайного дизельного палива). Через збільшений вміст кисню у біопаливі продукти згоряння містять приблизно на 10% більше окису азоту порівняно з нафтовим дизельним паливом.

Менше викидів CO₂. При згорянні біодизельного палива виділяється рівно така ж кількість вуглекислого газу, що було спожито з атмосфери рослиною, що є вихідною сировиною для виробництва олії, за весь період її життя. Він дає меншу кількість викидів вуглекислого газу в атмосферу, ніж звичайне дизпаливо, але все таки це не нульовий викид.

При використанні біодизельного палива зменшується ризик ракових захворювань у населення, що є досить високим, зокрема у нашій країні. Біодизель має 11% кисню, кількість вуглекислого газу зменшується на 80%, чадного газу — 35%, окисів сірки — 100%, аерозолів (димових частинок розміром менше 10 мікрон) — 32%. Саме ці показники мають важливе значення для покращення екологічного стану довкілля.

У той же час, використання біодизельного палива призводить до зростання викидів в атмосферу оксиду азоту (NO_x). Загалом, біодизельне паливо не містить азоту, так що феномен зростання викиду NO_x не пов'язаний з його хімічним складом. NO_x утворюється при реакції атмосферного азоту з гарячими газами в камері згоряння. На кількість утвореного оксиду азоту впливає хімічний склад

біодизеля, причому різниця може досягати 15%. Найбільша кількість NOx утворюється при використанні біодизеля на основі соєвої олії.

Порівняльний аналіз якості вихлопних газів традиційного і дизельного палива показав істотну перевагу останнього з екологічної точки зору. Зокрема кількість димних часток знизилась більш як на 50 %. Емісійні характеристики еко-дизеля підтверджують, що це прекрасне незабруднююче паливо, особливо у відношенні зниження колоїдних вуглеводних часток. Емісія оксидів сірки і ароматичних складових близька до нуля. Баланс CO₂ дорівнює нулю. Екологічна привабливість цього палива очевидна [31].

Отже, біодизельне паливо має ряд переваг порівняно з дизельним паливом із нафти:

- значне зменшення емісії окису і двоокису вуглецю в порівнянні з дизельним паливом;
- біодизель має кращі мастильні властивості ніж дизель, тому зменшує зношуваність двигуна і продовжує термін його служби;
- при згоранні вихлопні гази є білими, а не чорними як при згоранні дизелю;
- температура загоряння біодизеля є вищою ніж в дизелю, тому він є безпечнішим;
- біодизельне паливо має вище цетанове число ніж дизель, тому якість згорання палива є кращою;
- кількість викидів шкідливих сполук і твердих часток при роботі двигуна на біодизельному паливі зменшується на 20-25%, чадного газу - на 10-12%, ніж при роботі на мінеральному дизельному паливі;
- у біодизелі відсутній неприємний бензолний запах, а викиди автомобіля, що працює на ньому, пахнуть смаженим насінням;
- біодизель відноситься до екологічних видів палива, тож вуглекислого газу в викидах двигунів рівно стільки, скільки споживається із атмосфери рослинами, з яких отримується олія;

- біодизель, потрапляючи в довкілля, дуже швидко піддається біологічному розкладанню: в ґрунті чи в воді мікроорганізми протягом 21 дня на 90% переробляють біодизель, протягом 28 днів — на 99%. Досліджено, що один літр мінерального палива може забруднити 106 л питної води і привести до загибелі водної флори і фауни, тоді як біодизель при потраплянні в воду не наносить шкоди ні рослинам, ні тваринам;

- при роботі двигунів на біодизельному паливі значно зменшується об'єм шкідливих викидів інших продуктів згоряння, в тому числі сірки — на 98%, сажі — від 50 до 61%, гідрокарбонатів та вуглекислих монооксидів — на 30–34%.

Таким чином, біодизельне паливо представляє інтерес як реальна перспектива часткової заміни нафтового дизельного палива, без необхідності створення нових заправних станцій і кардинальної зміни двигунів внутрішнього згорання. Економічний ефект від використання цього палива може скласти значну суму, а також дозволить значно скоротити шкідливі викиди в атмосферу.

4.4. Висновок до розділу

На сьогодні історія палива продовжується писатись, так як надалі проводяться все більше досліджень та знаходять нову сировину, технології виробництва палива.

Постійне зростання виробництва автомобілів, обладнаних двигунами внутрішнього згорання, призводить до збільшення їх впливу на довкілля. Найбільш вагомим джерелом забруднення навколишнього середовища автомобілями є викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів в атмосферу, які завдають шкоди організму людини та навколишньому середовищу.

Знизити викиди шкідливих компонентів у ВГ можна досягти шляхом застосування альтернативних палив. Найбільш перспективним альтернативним паливом для дизельних ДВЗ є біопалива, отримані з рослинних олій та жирів тваринного походження, зокрема їх метилові ефіри. Важливим чинником, що викликає підвищений інтерес до біодизельного палива, є його менші викиди шкідливих сполук у навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Охорону праці і здоров'я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України. Так, Конституція України одним з основних соціальних прав громадян визначає право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці. Охорона праці за своєю сутністю є турботою про людину у процесі використання її праці і розглядається як охорона працездатності людини. З іншого боку, відносини щодо охорони праці — невід'ємна складова організації процесу праці, що створює умови для стабільної та успішної трудової діяльності громадян.

Кожне підприємство, а особливо ті, які працюють зі шкідливими речовинами повинні забезпечити безпечні умови праці для своїх співробітників. Норми безпечного робочого місця прописані Законом України «Про охорону праці». Також роботодавець повинен забезпечити, а працівник чітко дотримуватися інструкції з техніки безпеки в роботі.

5.1. Аналіз умов праці

Робоче місце – це частина виробничого простору одного або групи працівників, оснащена основним і допоміжним технологічним обладнанням, інвентарем, інструментом, робочими меблями, необхідними для виробництва певного виду робіт. У середині робочого місця виділяють робочу зону – частину простору, в межах якого здійснюються трудові дії працівника. Вимоги до організації робочого місця розробляються такою галуззю науки, як ергономіка. Основними завданнями якої є вивчення функціональних можливостей людини в трудових процесах і розробка рекомендацій щодо створення оптимальних умов праці.

Дана кваліфікаційна робота проводилась в лабораторії інституту загальної та неорганічної хімії імені В.І. Вернадського НАН України., що представляє собою кімнату розміром 24 м^2 (довжина становить 6 м, ширина – 4 м). Висота хімічної лабораторії становить 3 м, отже об'єм приміщення – 72 м^3 , кількість робочих місць складає три. Відповідно до норм, площа одного робочого місця повинна складати не менше $4,5 \text{ м}^2$, а об'єм – не менше 15 м^3 , фактично ж площа, відведена для одного працівника в цій лабораторії складає 12 м^2 та 36 м^3 . Згідно норм, значення площі та об'єму, що приходяться на одного працівника становлять 8 м^2 та 24 м^3 відповідно, можна зробити висновки, що робоче приміщення відповідає вимогам.

У виробничому процесі на організм людини діє комплекс чинників, що можуть позитивно або негативно вплинути на її стан здоров'я та на працездатність. Ці чинники залежно від часу дії та інтенсивності можуть бути небезпечними або шкідливими. Небезпечними є чинники, що здатні при певних умовах викликати серйозне порушення здоров'я або загибель організму, а до шкідливих відносяться чинники, які негативно впливають на працездатність або можуть викликати професійні захворювання. Шкідливі і небезпечні чинники, відповідно до державного стандарту, за своєю дією та природою впливу поділяються на такі класи: хімічні, фізичні, біологічні та психофізіологічні. До хімічних шкідливих та небезпечних чинників відносяться шкідливі речовини, що містяться в повітрі робочої зони, а саме різні токсичні, сенсibiliзуючі, подразнюючі та мутагенні речовини. Вони можуть викликати загальні, місцеві або віддалені в часі негативні наслідки на організм людини. До фізичних належить мікроклімат, рівень освітлення та шум. І як окремий вид шкідливі і небезпечні чинники виділяють електробезпеку.

Мікроклімат виробничого приміщення

Мікроклімат виробничих приміщень – це сукупність параметрів повітря у виробничому приміщенні, які діють на людину у процесі праці, на його робо-чому місці, у роб зоні.

Параметри мікроклімату:

- 1) температура повітря T , $^{\circ}\text{C}$;
- 2) відносна вологість Y , %;

3) швидкість руху повітря V , м/с.;

Нормування параметрів мікроклімату здійснюється згідно ДСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99.

Встановлені оптимальні та допустимі параметри мікроклімату.

Оптимальні — це комплекс мікрокліматичних чинників, які в умовах тривалої та систематичної дії на людину створюють комфортні теплові відчуття та збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції.

Допустимі – комплекс мікрокліматичних чинників, які в умовах тривалої та систематичної дії на людину можуть викликати дискомфортні відчуття та зміни теплового стану організму без шкоди для здоров'я.

Таблиця 5.1

Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості повітря і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень для категорії робіт Іб

Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
Холодний	21-23	20-24	60-40	Не більше 75	0,1	Не більше 0,1
Теплий	22-24	21-28	60-40	60-при 27°С	0,1	0,3-0,1
Існуючі умови на робочому місці	21-22		64		0,1	

Параметри мікроклімату нормуються залежно від наступних факторів:

- 1) періоду року;
- 2) категорії важкості робіт по фізичному навантаженню;

3) виду робочого місця.

Згідно норм виконувана мною робота належить до категорії Іб, оскільки більшість часу необхідно проводити в сидячому положенні, іноді в стоячому або ходити, при одержанні незначних фізичних навантажень. У табл. 5.1 наведені оптимальні, допустимі та існуючі умови праці [50].

Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

За ступенем впливу на організм людини шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

- 1) надзвичайно небезпечні;
- 2) особливо небезпечні;
- 3) помірно небезпечні;
- 4) малонебезпечні.

Дизельне паливо за своєю природою має більші токсичні властивості порівняно з бензином. Але володіючи більш нижчою випаровуваністю він надає меншу отруйну дію, ніж бензин. Гранично допустима концентрація дизельного палива у повітрі 0,3 мг/дм³.

Токсичні речовини, що містяться у відпрацьованих газах дизелю за природою можна поділи на дві групи: продукти неповного згорання вуглеводневого палива (монооксид вуглецю, вуглеводи, альдегіди, сажа тощо) та продукти окиснення хімічних елементів, які входять до складу палива і повітря (оксиди сірки та нітрогену).

Під час виконання роботи використовувалися наступні шкідливі речовини: чадний газ, оксид азоту (ІІ), нафталін . Норми ГДК наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2.

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

№ з/п	Речовини	Гранично допустимі концентрації в мг/м ³		
		Максимальна разова	Середньо-добова	Клас небезпечності
1.	Чадний газ	3,0	1,0	4

2.	Оксид азоту (II)	0,04	0,04	3
3.	Нафталін	20	-	4

При роботі з вище згаданими хімічними речовинами використовувалися засоби особистого захисту, такі як гумові рукавички та захисні окуляри, рукавички гумові [51].

Освітлення

Освітлення застосовується для створення оптимальних рівнів освітленості на робочих поверхнях завдяки одночасному використанню системи загального і місцевого освітлення.

У хімічна лабораторії інституту загальної та неорганічної хімії, освітлення забезпечується вікнами в кількості 2 шт. та 4 світильниками (12 шт. люміноцентних ламп типу T8 TL-D Standard Colours F18W/54-765 G13 Philips), що знаходяться на стелі. Також присутнє додаткове освітлення у витяжних шафах та на двох робочих місцях (2 лампи типу T8 TLD Standard Colours F18W/54-765 G13 Philips).

Шум

Основним джерелом виробничого шуму в лабораторії є витяжна шафа та компресор. Рівень звукового тиску в джерелі становить 80 та 100 дБА відповідно.

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях в лабораторії згідно ДСН.3.3.6.037-99 (для наукової діяльності) - 50 дБа.

Зниження шуму досягається використанням таких заходів:

- зниження шуму в джерелі створення (малозумні механічні передачі, розроблення способів зниження шуму у вентиляторах);
- раціональне планування роботи працівників лабораторії;
- раціоналізація режимів праці та відпочинку;
- застосування індивідуальних засобів захисту (навушники, заглушки).

Допустимі рівні звукового тиску і рівню звуку на робочих місцях в лабораторії відповідає ДСН.3.3.6.037-99. [52].

Небезпека ураження електричним струмом

Електричне обладнання, що встановлене на виробничих підприємствах, є потенційно небезпечним для працюючих, оскільки органи відчуття людини не можуть на віддалі виявити електричну напругу.

Під час роботи з електроприладами можливе ураження електричним струмом. Ступінь ураження залежить від умов і характеру дотику. Значення струму, що протікає через людину, залежить від напруги мережі, стану ізоляції струмоведучих частин, режиму нейтралі, ємності проводів щодо землі, шляху протікання струму при дотику та інших факторах.

Електрична мережа в хімічній лабораторії має наступні характеристики: кількість фаз – 1, вид струму – змінний, напруга – 380/220 Вт, частота струму – 50 Гц. Електроприймачі відносяться до 3 категорії за класифікацією ПУБ.

При виконанні дослідної частини кваліфікаційної роботи електромережі та електроприлади знаходилися у справному стані [53].

5.2. Розробка заходів з охорони праці

Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю відкидається можливість виникнення та розвиток пожежі, і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Існує 5 класів пожеж [54]:

- клас А – пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);
- клас В – пожежі горючих рідин або твердих речовин;
- клас С – пожежі газів;
- клас Д – пожежі металів та їх сплавів;
- клас Е – пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Крім перерахованих параметрів, також береться до уваги категорія приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою.

Причини пожеж дуже різноманітні, а процеси горіння дуже складні і не зовсім ще вивчені, тому описаними вище заходами не завжди вдається забезпечити повну пожежну безпеку, потрібні пошуки нових та ефективних науково-технічних рішень.

У хімічних лабораторіях зберігається велика кількість горючих вибухонебезпечних речовин, тому вони відносяться до категорії В – пожежонебезпечних виробництв. За правилами розміщення електроустановок

приміщення хімічних лабораторій відносяться до класу В-1б, оскільки роботи з горючими і вибухонебезпечними речовинами проводяться у витяжних шафах без застосування відкритого вогню і відкритих нагрівальних пристроїв.

Для попередження пожеж розробляють:

- організаційні заходи – правильний добір режиму технологічного процесу, нагляд і контроль, навчання тощо;
- технічні заходи – відповідний монтаж електрообладнання, режим, що виключає іскроутворення або контакт горючих матеріалів з нагрітими поверхнями тощо;
- режимні заходи – заборона куріння, запалювання вогню, контроль за зберіганням мастильних матеріалів та промаслених ганчірок;
- тактико-профілактичні заходи – швидка дія пожежних команд, забезпечення засобами пожежогасіння. [55];

У приміщенні лабораторії знаходяться вогнегасник ВП-9 (ДСТУ 3675-98) – 1шт. Ця кількість вогнегасників відповідає вимогам ISO 3941-87, якими передбачене обов'язкова наявність вогнегасника на 50 м² площі підлоги для приміщень.



Рис.5.1. План евакуації у випадку пожежі

5.3. Розрахункова частина

Визначення кількості проточного повітря за кількістю людей

Визначаємо кількість проточного повітря, яке необхідне для провітрювання лабораторії об'ємом $V = 72 \text{ м}^3$, якщо в ній працює $n = 3$ людей.

Згідно положень, якщо об'єм приміщення, який приходить на одну людину, менше 20 м^3 , то кількість проточного повітря, необхідного для провітрювання, повинне бути не менше $G_1 = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ на кожного працівника; при об'ємі більше 20 м^3 на одного працівника кількість проточного повітря для провітрювання повинне бути не менше $G_1 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ на кожного працівника.

Знаходимо об'єм приміщення на 1 людину:

$$V_1 = \frac{V}{n} = \frac{72}{3} = 24 \text{ м}^3/\text{люд.} \quad (5.1)$$

Оскільки, $V > 20 \text{ м}^3/\text{люд.}$, тоді норма подачі проточного повітря на 1 людину $G_1 = 20 \text{ м}^3/\text{год}$.

Кількість проточного повітря з врахуванням чисельності працюючих розраховується за формулою:

$$G = G_1 \cdot n = 20 \cdot 5 = 100 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.2)$$

Визначення необхідного повітрообміну

Допустима гранична концентрація дизельного палива у повітрі робочої зони становить: ГДК= 0,01 мг/м³.

Визначаємо кількість палива, яке випаровується за 1 год роботи:

$$W = t \cdot m \cdot q \cdot 10^6 \text{ мг/год} \quad (5.3)$$

де 10⁶- коефіцієнт для переведення з кг/год в мг/год:

$$W = 1 \cdot 1 \cdot 0,00048 \cdot 10^6 = 480 \text{ мг/год} \quad (5.4)$$

Визначаємо кількість повітря, яке необхідне подати в робочу зону для того, щоб концентрація дизельного палива в робочому об'ємі не перевищувала значення ГДК:

$$G = \frac{W}{C_{\text{ПДК}} - C_{\text{прит}}} \quad (5.5)$$

$$G = \frac{480}{0,01 - 0} = 4,8 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{год} \quad .6)$$

Визначаємо кількість повітря, яке потрібне подати в робочу зону для того, щоб забезпечити необхідною кількістю повітря на працюючого:

$$G_1 = n \times G_{\text{чел}} \quad (5.7)$$

де G_{чел}- норма подачі проточного повітря на 1 людину.

$$G_1 = 3 \times 20 = 60 \text{ м}^3/\text{год}$$

Порівнюємо норми подачі G та G₁ для подальших розрахунків приймаємо більше значення, тобто значення G.

Знаходимо кратність повітрообміну:

$$k = \frac{G}{V} \quad (5.8)$$

$$k = \frac{60}{72} = 0,84 \text{ год}^{-1}$$

5.4. Висновки до розділу

Провівши аналіз робочого приміщення, його розміри, освітлення, мікроклімат, шум, концентрацію шкідливих речовин можна зробити висновок, що всі показники відповідають вимогам. Наведено також застереження про вплив електричного струму та план евакуації в разі пожежі.

Проаналізовано шкідливі речовини в повітрі робочої зони та розраховано кількість проточного повітря за кількістю людей та визначено необхідний повітрообмін.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання кваліфікаційної магістерської роботи показано, що застосування біодизельного палива, як заміна традиційного, є перспективним заходом, але покращення його експлуатаційних властивостей є актуальною та нагальною задачею сьогодення.

1. Розкрито основні експлуатаційні проблеми біодизельного палива, визначено, що одним із основних експлуатаційних показників, що потребують науково-технічного втручання, є низькотемпературні властивості біодизельного палива, зокрема температура фільтрування.
2. Розроблено план проведення наукового дослідження, план факторного експерименту та визначені методики оцінки змін досліджуваних чинників.
3. Показано, що ефективний вплив на низькотемпературні властивості палив здійснює депресорна присадка PACHEM-BioCFI-20. Максимальну зміну показника граничної температури фільтрування зафіксовано у зразку ДП_{Bio-7} з додаванням присадки PACHEM-BioCFI-20 у концентрації 0,22% мас., де температура знизилась на 20 °С.
4. При збільшенні концентрації PACHEM-BioCFI-20 на 0,040% мас. ГТФ понизилась на 3 °С, що показало пряму залежність від концентрації введеної присадки.
5. Введення присадки PACHEM-BioCFI-20 з концентрацією 0,22%мас. у зразок ДП_{Bio-7}, показало найбільшу зміну показників в'язкості : з 2,65 мм²/с² до 2,769 мм²/с². Дані зміни є незначними, тому в результаті визначення ефективності присадок на ГТФ не враховувались.
6. Досліджено, що пакет присадок PACHEM-VL не проявив впливу на низькотемпературні властивості дизельного та біодизельного палива, показники ГТФ лишилися беззмінними, а в'язкість та густина збільшилась на декілька одиниць, але порівнюючи з іншими двома зразками, ця присадка найменш ефективна.

Отже, в даній роботі було доведено ефективність застосування депресорних присадок для покращення низькотемпературних властивостей біодизельного палива.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Колодько Т.Г. Потенціал виробництва біопалива в Україні: URL: http://www.btsau.kiev.ua/files/list/edition/ed_fkbijdakvh.pdf.
2. Мармітко В.Г. Практичні аспекти реалізації стратегії розвитку альтернативних видів палива // Матеріали науково практичної конференції «Біопаливо та відновлювальні джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку». – Вінниця, 2006.
3. Каргиев В. Законодательные инициативы Европейского Союза по стимулированию применения альтернативных видов топлива для транспорта и энергоснабжения // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо.- 2005.-№5. – с. 56-59.
4. Кобец Н. Перспективы производства и переработки семян рапса в Украине. Сборн. докл. IV Междунар. конф. «Масложировая промышленность — 2005», 15—16 ноября 2005 г., г. Киев. — С. 46—52.
5. Ковальський В., Голодніков О., Григорак М., Косарев О., Кузьменко В. Про підвищення рівня екологоенергетичної безпеки України // Экономика Украины. — 2000. — № 10. — С. 34—41.
6. Організація і економіка використання біоресурсів: підручник / Г.М. Калетнік, О.П. Скорук, Д.М. Токарчук. – Вінниця: ВНАУ, 2018. – 297 с.
7. Кабінет Міністрів України. Постанова «Про затвердження Програми розвитку виробництва дизельного біопалива» №1774 від 22 грудня 2006 р. : затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 22 грудня 2006 р. – Київ.
8. Семенов В.Г. Біодизельне паливо для України— Вісн. НАН України: 2007 - №4. – с.18 – 22.
9. Лютко В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. Лютко, В.Н, Луканин, А.С. Хаачиян. – М. : Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.

10. Войтов В. А. Техніко-експлуатаційні та екологічні показники дизельних двигунів при застосуванні біодизеля / Войтов В. А., Данченко М. С., Карнаух М. В. // Техніка і технологія АПК. – 2009. – №1. – С. 13 – 18.
11. Устименко В.С., Ковальов С.О., Бейко О.А. Перспективи і проблеми розширення використання біопалив автомобільним транспортом України // Автошляховик України. - 2003. - №2. - С.7.
12. Семенов В.Г. Аналіз показників роботи дизелів на нафтових і альтернативних паливах рослинного походження. - Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Збірка наук. праць. Харків: НТУ «ХПІ», 2002. - № 3. - С. 177-197.
13. Данилов, А. М. Альтернативные топлива: достоинства и недостатки. Проблемы применения / А. М. Данилов // Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева. — 2003. — №6. — С. 4–11.
14. Ryu K. (2010) The characteristics of performance and exhaust emissions of a diesel engine using a biodiesel with antioxidants. Bioresour. Technol. 101: 578–582.
15. Кочирко Б. Ф. Оцінка експлуатаційних властивостей біодизельного палива при низьких температурах. – URL: [irbis-nbuv.gov.ua > cgi-bin > irbis_nbuv > cgiirbis_64](http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64)
16. Лебедев В. В. Совершенствование процесса очистки дизельного топлива при приеме и выдаче на нефтескладах сельскохозяйственных предприятий: дис. канд. техн. наук. — М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2003. — 146 с.
17. Cold flow properties of biodiesel: a guide to getting an accurate analysis Robert O. Dunn Cold flow properties of biodiesel: a guide to getting an accurate analysis Biofuels, Volume 6, 2015 - Issue 1-2.
18. Семенов В. Г. Оценка влияния физико-химических показателей биодизельного топлива на параметры дизеля и его эколого-эксплуатационные характеристики / В. Г. Семенов, С. В. Рудаченко // Международная биоэнергетика. – 2008. – №3. – С.18–19.

- 19.Марков В. А. Работа транспортного дизеля на смеси дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла / В. А. Марков, А. А. Зенин, С. Н. Девянин // Турбины и дизели. – 2009. – № 3. – С. 14 – 19.
- 20.URL: <http://repository.vsau.org/getfile.php/3435.pdf>.
- 21.Ю.Г. Сухенко, В.Ю. Сухенко, М.М. Муштрук Дизельне біопаливо і його якість - Новітні технології. Збірник наукових праць Приватного вищого навчального закладу «Університет новітніх технологій». – К.: ПВНЗ «Університет новітніх технологій», 2016. – № 1(1). – 117 с.
- 22.Корпач А. О., Левківський О. О., Кочирко Б. Ф. Оцінка експлуатаційних властивостей біодизельного палива при низьких температурах //Вісник Національного транспортного університету. – 2010. – №. 20. – С. 193-197.
- 23.Хайрутдинов И.Р., Жирнов Б.С., Сидрачѐва И.И., Нефтепереработка и нефтехимия, 2011, (1), 43–45.
- 24.ДСТУ EN ISO 3675:2012 «Нафта сира та нафтопродукти сирі. метод лабораторного визначення густини ареометром».
- 25.ГОСТ 33- 2000 «Нафтопродукти. Прозорі і непрозорі рідини. Визначення кінематичної в'язкості і розрахунок динамічної в'язкості: ДСТУ ГОСТ 33-2003. – Введ. 2003-01- 07. – К. Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2003. – 19 с».
- 26.ДСТУ EN 116:2012 «Палива дизельні та побутові. Метод визначення граничної темперями фільтрованості на холодному фільтрі: ДСТУ EN 116:2012. – Введ. 2015-01-01. – К. мінкономрозвитку України, 2012. – 15 с.».
- 27.Токсичность отработавших газов дизеля при использовании топлив растительного происхождения / [Марченко А.П. [и др.] // Двигатели внутреннего сгорания, 2002. – Харьков: Изд. центр НТУ «ХПИ». – № 1. – С. 22 – 25.
- 28.Жегалин О.И. Снижение токсичности автомобильных двигателей. / О.И. Жегалин, П.Д. Лупачев – М.: Транспорт, 1985. – 120 с.
- 29.Грабар І.Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: Монографія / І.Г. Грабар, Р.В. Колодницька, В.Г. Семенов. – 2011. – 139 с.

30. Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. / Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. – Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.
31. Журавель Д.П., Юдовинський В.Б. Знос матеріалів в середовищі біопалив. Праці ТДАТУ. Вип. 10, т.2. Мелітополь, 2010. С. 77-90.