

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.Д. Кустовська

«_____» _____ 2021р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»

освітньо-професійної програми «Хімічні технології альтернативних
енергоресурсів»

Тема: «Дослідження якості біодизельного палива на основі рослинних олій»

Виконавець: Трач Н.І. студентка групи АП 203 М

Керівник: к.т.н, проф., Матвеева О.Л.

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ Леонов В.І.

Консультант розділу «Охорона навколишнього
середовища» _____ Тихенко О. М.

Нормоконтролер: _____ Максимюк М.Р.

КИЇВ 2021

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.Д. Кустовська

«_____» _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Трач Нелі Іванівни

1. Тема роботи: «Дослідження якості біодизельного палива на основі рослинних олій» затверджена наказом ректора від 08 жовтня 2021 р. № 2189/ст.
2. Термін виконання роботи: з 11.10. 2021 року по 31.12.2021 року.
3. Вихідні дані до роботи: ріпакова олія, дизельне паливо, присадка PACHEM-DCFI-2.
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, Розділ 1. Аналіз актуальності роботи. Розділ 2. Методи досліджень. Розділ 3. Дослідження якості біодизельного палива на основі рослинних олій. Розділ 4. Охорона

навколишнього середовища. Розділ 5. Охорона праці. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: графічні залежності отриманих експериментальних даних.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	08.09.2021	
2.	Опрацювання літературних джерел з даної теми	09.09.21-09.10.21	
3.	Проведення експериментальних досліджень: вхідні аналізи якості рапсової олії та дизельного палива; додавання присадки до досліджуваної суміші палива.	28.09.21-11.11.21	
4.	Обробка експериментальних даних	11.11.21-25.11.21	
5.	Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці за темою дослідження.	27.11.21-03.12.21	
6.	Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи, підготовка доповіді та презентації.	28.11.21-06.12.21	
7.	Захист дипломної роботи	24.12.21	

7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.т.н., доц. Тихенко О. М.		
Охорона праці	асистент Леонов В.І.		

Дата видачі завдання: 11 жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи Матвеева О.Л. к.т.н., професор

Завдання прийняла до виконання Трач Н.І.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи:

«Дослідження якості біодизельного палива на основі рослинних олій »:
містить 84 с., 20 рис., 16 табл., 35 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: модифікування дизельного палива біокомпонентом.

Предмет дослідження: дизельне паливо, ріпакова олія, присадка.

Мета роботи: дослідження якості біодизельного палива на основі рослинних олій.

Методи дослідження: аналіз, порівняння, експериментальний.

В роботі досліджували вплив депресорно-диспергуючої присадки Rachen-DCFI-2 на низькотемпературні властивості дизельного палива у суміші з ріпаковою олією.

БЮДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, РІПАКОВА ОЛІЯ, СКЛАДНІ ЕФІРИ ЖИРНИХ КСЛОТ, ДЕПРЕСОРНО-ДИСПЕРГУЮЧІ ПРИСАДКИ.

Зміст

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ РОБОТИ	10
1.1. Переваги та недоліки застосування біодизельного палива.....	10
1.2. Характеристика сировинної бази для виробництва біодизельного палива	14
1.3. Аналіз властивостей біодизельного палива.....	16
1.4. Фактори, що впливають на властивості біодизельного палива....	20
1.5. Методи покращення властивостей біодизельного палива.....	25
Висновки до розділу.....	30
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
2.1. Дослідження якості біодизельного палива.....	32
2.2. Факторний експеримент та характеристика змінних факторів.....	38
Висновки до розділу.....	39
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ОЛІЙ.....	41
3.1. Порівняння якості дизельного палива та біодобавки.....	41
3.2. Вплив обводнення на якість біодобавки.....	46
3.3. Дослідження композиції дизельне паливо – ріпакова олія.....	51
Висновки до розділу.....	53
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	55
4.1. Вплив біодизельного палива на навколишнє середовище.....	55
4.2. Вплив дизельних викидів.....	55
4.3. Розрахункова частина.....	62

Висновки до розділу.....	66
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
5.1. Робоче місце	67
5.2. Розрахунок освітлення.....	71
Висновки до розділу.....	74
ВИСНОВОК.....	75
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ	76

ВСТУП

Сира нафта була основним джерелом енергії та палива, таким як нафтове паливо. Однак значне занепокоєння громадськості щодо стійкості, коливань цін та несприятливого впливу сирової нафти на навколишнє середовище з'явилося з 1970-х років. Таким чином, за останнє десятиліття біомасла та біодизельне паливо з'явилися як альтернатива сирій нафті та дизельному паливі на основі сирової нафти. У наш час, хоча дизельне паливо все ще широко використовується, біодизельне паливо все частіше використовується як суміш традиційного дизеля та біодизеля в транспортній та енергетичній сферах. Тому існує великий інтерес громадськості до розвитку екологічно чистих та екологічно чистих дизельних та біодизельних палив. Однак необхідно знизити загальну вартість виробництва біодизеля за рахунок зниження собівартості сировини за рахунок підвищення продуктивності біомаси та ліпідів. Також необхідно пом'якшити негативний вплив дизельного палива на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Внаслідок їх постійного виснаження викопне паливо в даний час є нестійким джерелом енергії. Вони також викликають проблеми для навколишнього середовища, такі як глобальне потепління та зміна клімату. Тому біопаливо з поновлюваними, нетоксичними, біодеградаційними характеристиками має бути екологічно чистим вибором для заміни палива на основі викопного палива. Паливом на біооснові можна вважати біопродукти, отримані з біоджерел або для транспортування, або для спалювання, які можуть бути вилучені з сільськогосподарських або лісових продуктів і які навіть можуть бути отримані з частки промислових та міських відходів, що підлягають повторному використанню та біорозкладанню.

Сучасні дизельні двигуни працюють на більшу частину світового обладнання і, що особливо важливо, є основними двигунами, широко доступними сьогодні. Серед особистих та комерційних транспортних засобів дизельні двигуни займають значну частку ринку у всьому світі. Їхня частка,

і популярність збільшуються. Традиційно дизельні двигуни працюють на мінеральному дизельному паливі, яке виробляють із сирової нафти. Цей факт має ряд наслідків, які породжують різні занепокоєння, які неможливо відкинути. Насправді, вони повинні бути, і в багатьох сферах вони вже є, рішуче вирішені, щоб забезпечити довгострокове та стійке використання цих чудових машин у майбутньому.

Енергія визначається як здатність виконувати роботу. Енергія зустрічається в різних формах, таких як тепло, світло, рух і звук. Існує багато видів енергії, але всі їх можна поділити на дві категорії: кінетичні та потенційні. Електрична, промениста, теплова, рухова та звукова енергії є кінетичними; хімічна, накопичена механічна, ядерна та гравітаційна енергія є потенційними формами енергії. Існує багато різних способів, за допомогою яких велика кількість енергії навколо нас може зберігатися, перетворюватися та посилюватися для нашого використання. Енергію неможливо побачити, відчувається лише її вплив, тому її, як правило, важко зрозуміти. Наприклад, передача теплової енергії шляхом випромінювання та провідності відбувається за допомогою різних процесів, але істотні відмінності (наприклад, щодо швидкості процесу) оцінюються лише іноді. Так само світло та електрична енергія передаються хвилями, але це різні процеси. В цій роботі буде розглянута енергія в вигляді біодизельного палива.

В багатьох країнах біодизельне паливо використовується, як заміна дизельному паливі та як компонент який додають до дизельного палива для покращення його властивостей. Також для зменшення шкідливих викидів в повітря під час згоряння пального.

В роботі буде розглянуто використання біодизельного палива, переваги у використанні біопалива. Біопаливо є життєздатним відновлюваним джерелом енергії через свої екологічні властивості. Також буде розглянуто недоліки біопалива, та можливості прибрати їх.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ РОБОТИ

Ріст вартості на традиційне паливо та невідновлювальне джерело добутку палива, привело до роботи над альтернативним паливом. Біодизельне паливо має набагато менше викидів в навколишнє середовище при згорянні, самостійно розкладається, не токсичний, тобто безпечний в використанні для навколишнього середовища. Тому біодизельне паливо має високу популярність, в екологічно розвинутих країнах, в якості альтернативного джерела енергії.

1.1. Переваги та недоліки застосування біодизельного палива

Біодизельне паливо виготовлене з відновлювальних джерел, тобто рослинних масл та животних жирів. Тому виготовлення біодизельного палива не буде проблематичним.

Це альтернативне паливо отримане в результаті перетворення з сільськогосподарських ліпідів та простого спирту в алкіловий ефір жирних кислот та гліцерин. Натуральні масла та жири складаються в основному з тригліцеридів, вони мають схожість с дизельним паливом, тому це альтернативне паливо називають «біодизель». Біодизель використовується в сучасних дизельних двигунах, та може бути остаточною заміною традиційному паливу.

Підвищений попит на рослинну олію як біодизельну сировину змінює світові агрокультурні ландшафти та екосистемні послуги, які вони надають, що підкреслить низку негативних наслідків, пов'язаних з його використанням. Розвиток промисловості біодизельного палива в багатьох країнах був мотивований цілями пом'якшення кліматичних змін. Оскільки біодизель, вироблений з біомаси, має потенціал бути «вуглецево-нейтральним» протягом свого життєвого циклу, оскільки при їх спалюванні лише повертається в атмосферу вуглекислий газ, що поглинається з повітря сировинними культурами шляхом фотосинтезу. Однак, щоб вирощувати олійні культури,

необхідні для виробництва біодизеля, необхідно вводити у виробництво додаткові землі. Це призвело до очищення незайманих тропічних лісів заради монокультурних насаджень. У всьому світі вирубка лісів становить приблизно 20 відсотків викидів парникових газів. І більша частина лісу, що зараз розчищається на пальмову олію, - це торфовища з болотистими ґрунтами, які є важливими утримувачами метану, парникового газу, навіть більш потужного, ніж вуглекислий газ. Водночас ландшафти з високим рівнем олійних культур мали низьку різноманітність середовищ існування та значно зменшували послуги біоконтролю на цих полях [1].

З іншого боку, зростаюче використання продовольчих культур як сировини для виробництва біодизелю спричинило негативний вплив на здоров'я та санітарію, а також зменшило доступність продуктів харчування та пов'язані з ними ціни. Однією з основних проблем є відведення традиційних харчових та кормових культур на виробництво біопалива, оскільки прибутки від виробництва біопалива часто більші, ніж прибутки, які фермер міг би отримати, якщо б ті ж культури продавались на їжу або на не біопаливні культури. Така практика може зменшити доступність продовольства і може направити виробництво продуктів харчування та кормів на менш продуктивні землі, зменшивши таким чином врожайність та продовольчу безпеку та підвищивши ціни на продукти харчування [1].

Біодизельне паливо є єдиним альтернативним паливом, у якому суміші біодизеля та дизельного палива низької концентрації працюють на звичайних немодифікованих двигунах. Його можна зберігати в будь-якому місці, де зберігається нафтове дизельне паливо. Біодизель можна виробляти з відновлюваних олійних культур вітчизняного виробництва, таких як соя, ріпак та соняшник. Ризики поводження, транспортування та зберігання біодизельного палива набагато нижчі, ніж ризики, пов'язані з традиційним дизельним паливом. Біодизельне паливо безпечне в обробці та транспортуванні, оскільки воно так само біологічно розкладається, як цукор, і має високу температуру спалаху порівняно з нафтовим дизельним паливом.

Біодизель можна використовувати окремо або змішувати з нафтовим дизельним паливом у будь-якому співвідношенні. Найпоширенішою сумішшю є суміш 20% біодизеля з 80% нафтового дизельного палива або B20 за останніми науковими дослідженнями.

Зменшення викидів та біорозкладність біодизельного палива

Спалювання лише біодизельного палива забезпечує зменшення кількості неспалених вуглеводнів більш ніж на 90% і зменшення кількості поліциклічних ароматичних вуглеводнів на 75-90%. Крім того, біодизельне паливо забезпечує значне зниження кількості твердих частинок і чадного газу, ніж нафтове дизельне паливо. Біодизельне паливо забезпечує невелике зниження або зменшення оксидів азоту залежно від сімейства двигунів і процедур тестування. Було проведено багато досліджень щодо продуктивності та викидів двигунів із запалюванням від стиснення, що працюють на чистому біодизелі та суміші з дизельним паливом.

Дані характеристики палива показують деяку схожість і відмінність між біодизельним та дизельним паливом. Вміст сірки в дизелі в 20-50 разів більше, ніж у біодизельному паливі. Використання біодизеля для зниження N_2O є привабливим з кількох причин. Біодизель містить мало азоту в порівнянні з нафтодизелем, який також використовується як паливо для повторного спалювання. Скорочення N_2O сильно залежить від початкових концентрацій N_2O і лише незначно залежить від температури, де підвищення температури збільшує відновлення N_2O . Це призводить до зниження виробництва N_2O з видів паливного азоту для біодизеля. Крім того, біодизельне паливо містить невелику кількість сірки, тому викиди SO_2 скорочуються прямо пропорційно заміні дизелю.

Біодизельне паливо продемонструвало ряд багатообіцяючих характеристик, включаючи зниження викидів вихлопних газів. Паливо з рослинної олії не прийнято, оскільки воно дорожче за нафтове. З огляду на недавнє підвищення цін на нафту та невизначеність щодо доступності нафти,

відновився інтерес до рослинного палива для двигунів із запалюванням від стиснення або дизельних двигунів. Альтернативні види палива для двигунів із запалюванням від стиснення стають все більш важливими через підвищені екологічні проблеми та кілька соціально-економічних причин. У цьому сенсі рослинні олії та тваринні жири є перспективною альтернативою звичайному дизельному паливу [2].

Здатність біологічного розкладу кількох біодизельних палив у водному середовищі свідчать про те, що все біодизельне паливо легко біологічно розкладається. В одному дослідженні через 28 днів все біодизельне паливо було біологічно розкладено на 77-89%, а дизельне паливо – лише на 18% [3]. Ферменти, відповідальні за реакції дегідратування/окислення, що відбуваються в процесі деградації, розпізнають атоми кисню і негайно атакують їх [3].

Політика щодо використання біодизельного палива

В останні роки існують стимули в рамках енергетичної, кліматичної та сільськогосподарської політики в кількох країнах, які сприяють подальшому прогресу у використанні біодизеля [1]. Політика та державні стимули безпосередньо впливатимуть на розвиток промисловості біодизеля. Як політик, уряд відіграє істотну роль у визначенні курсу та, що важливо, масштабу розвитку біодизеля, зокрема за допомогою належних стимулів, таких як звільнення від податків, контроль цін, цілі та прямі субсидії. Тепер, чимало стимулів, які можуть бути запропоновані урядом для стимулювання розвитку біодизеля та підтримання його сталості, вони наведені нижче [4]:

- 1) занедбані та оброблені сільськогосподарські угіддя плантаційної культури;
- 2) субсидування вирощування непродовольчих культур або використання відпрацьованої олії як сировини;
- 3) впровадження податку на вуглець;
- 4) звільнення від податку на нафту;
- 5) обов'язкове використання суміші біодизеля на АЗС.

Хоча уряди зосереджуються на шляхах покращення виробництва та споживання біодизелю, вони повинні приділяти достатню увагу таким не вирішеним питанням, як виснаження тропічних лісів, зростання цін на продукти харчування. Без урахування цього їх політика може мати згубний вплив на зміну клімату.

Переваги біодизельного палива

Переваги біодизельного палива як дизельного палива полягають у його транспортабельності, доступності, відновлюваності, вищій ефективності згоряння, меншому вмісті сірки та ароматичних речовин [5], вище цетанове число і вища здатність до біологічного розкладання [6]. Основні переваги біодизельного палива, наведені в літературі, включають його вітчизняне походження, його потенціал для зменшення залежності даної економіки від імпортованої нафти, здатність до біологічного розкладання, високу температуру спалаху та властиву змащувальну здатність у чистому вигляді [7].

Недоліки біодизельного палива

Важливими експлуатаційними недоліками біодизельного палива в порівнянні з дизельним є проблеми з запуском при низькій температурі [8], менший вміст енергії, вища корозія мідної смуги та складність перекачування палива через більшу в'язкість. Біодизельне паливо має більш високу температуру помутніння та застигання порівняно зі звичайним дизельним паливом [9]. Біодизельне паливо в середньому зменшує потужність на 5% порівняно з дизельним паливом при номінальних навантаженнях [10].

1.2. Характеристика сировинної бази для виробництва біодизельного палива

Біодизельне паливо можна виробляти практично з будь-якої сировини (сировини), яка містить достатню кількість вільних жирних кислот. Більшість виробництва біодизельного палива США використовує сирі рослинні олії,

відпрацьовані кулінарні олії, жовтий жир і тваринні жири як сировини для переестерифікації. Рослинні олії є основною сировиною для біодизелю в США.

Ріпакова олія, соняшникова олія та пальмова олія є основною сировиною для виробництва біодизеля в інших країнах. Водорості також є потенційним джерелом виробництва біодизелю. Водорості містять жирові кишені, які допомагають їм триматися на плаву. Цей жир можна збирати та переробляти у біодизельне паливо.

Більшість біодизельного палива виробляється з олії, на діаграмі представлена кількість сировини використана для виробництва біодизельного палива. [11]

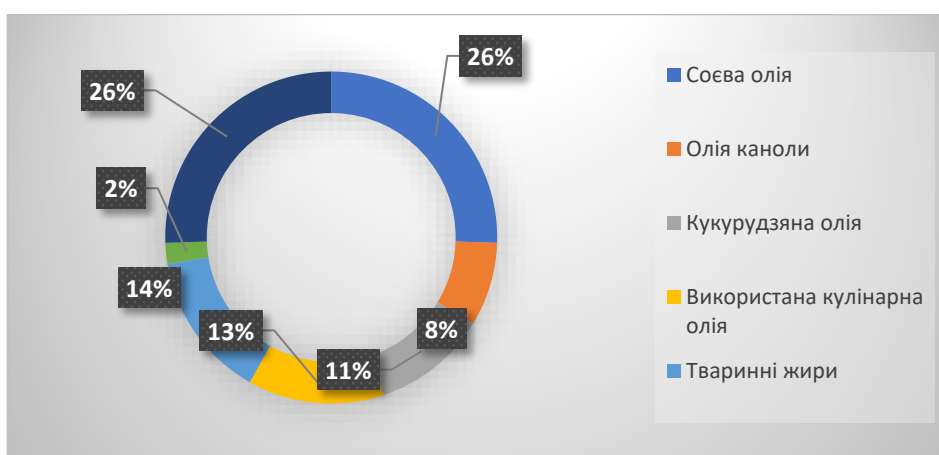


Рис. 1.1 : Сировина база для виробництва біодизельного палива, США, 2015 р. [11]

Таблиця 1.1.

Склад біодизельного палива отриманого з різної сировини

Масло або жир	Склад жирних кислот (мас. %)						
	12:0	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	18:3
Бабасу	44-45	15-17	5.8-9	2.5-5.5	12-16	1.4-3	-
Ріпак	-	-	4-5	1-2	55-63	20-31	9-10

Кокос	44-51	13-18.5	7.7-10.5	1-3	5-8.2	1.0-2.6	-
Кукурудза	-	-	7-13	2.5-3	30.5-43	39-52	1
Бавовняне насіння	-	0.8-1.5	22-24	2.6-5	19	50-52.5	-
Ляне насіння	-	-	6	3.2-4	13-37	5-23	26-60
Пальма	-	1.3	7-18.3	1.4-3.3	55.5-84.5	4-19	-
Арахіс	-	0.6-2.4	32-46.3	4-6.3	37-53	6-12	-
Сафлор	-	0.5	6-12.5	2.5-6	37-61	13-41	-
Сафлор(високо- олеїновий)	-	-	6.4-7.0	2.4-29	9.7-13.8	75.3-80.5	-
Кунжут	-	-	7.2-9.2	5.8-7.7	35-46	35-48	-
Соєві боби	-	-	2.3-11	2.4-6	22-30.8	49-53	2-10.5
Соняшник	-		3.5-6.5	1.3-5.6	14-43	44-68.7	-
Лой (яловичини)	-	3-6	25-37	14-29	26-50	1-2.5	-

1.3. Аналіз властивостей біодизельного палива

Властивості горіння біодизельного палива

Цетанове число є нелінійним безрозмірним параметром, який є мірою кості займання палива в дизельних двигунах. Високе ЦЧ в паливі є найбільш бажаною якістю, яка є фактором більш гладкої та тривалої служби двигуна. Також ЦЧ прямо чи опосередковано пов'язане зі здатністю двигуна до запуску, тобто погане ЦЧ палива може призвести до неповноцінної роботи двигуна.

Значення ЦЧ для чистого біодизельного палива встановлено як 48 та 51 за Європейським стандартом. ЦЧ біодизельного палива змінюється залежно від змін джерела сировини, та має значення вище ніж у дизельного палива.

Температура спалаху. Це міра мінімальної температури, при якій повітряно-паливна суміш може видихати пари з утворенням горючої суміші поблизу поверхні рідини, яка буде горіти, коли він стикається з іскрою або полум'ям. Цю властивість необхідно враховувати при оцінці загальної горючості та безпеки палива.

Температура спалаху ($T_{сп}$) біодизельного палива вимірюється за стандартами (табл. 1.3.2), які обмежують температуру спалаху від 110 та 120 °C. Температура спалаху біодизельного палива значно вище ніж дизельного палива (58 °C), що значною мірою відображає температури кипіння окремих присутніх компонентів. У випадку дизельного палива розгалуженні та низькомолекулярні компоненти, які мають нижчі температури кипіння, призводить до зниження $T_{сп}$. Біодизельне паливо через його більш високу температуру кипіння, можна вважати більш безпечним паливом для транспортування.

Таблиця 1.2

Загальні вимоги до якості біодизельного палива

№	Назва показника	ТУ У 24.1-2055500133-001:2006	ТУ У 24.1-34582279-002:2006
1	Температура спалаху, не менше, °C	110	120
2	Густина за температури 15 °C, кг/м ³	860-910	860-900
3	Цетанове число	48	51
4	Кінематична в'язкість при 40 °C, мм ² /с	3,5-5,0	3,5-5,0
5	Вміст води, %	0,05	0,05
6	Кислотне число, не більше, мг КОН/г	-	0,50

7	Температура застигання, °С	-10	-
8	Коксівність 10 % залишку, не більше, %	0,3	0,3
9	Зольність, %	0,02	0,02
10	Стабільність окислення за температури 110 °С, годин	6,0	6,0
11	Випробування на мідній пластині (3 год при температурі 50 °С)	витримує	витримує
12	Йодне число, г йоду/100 г	120	120
13	Вміст механічних домішок, мг/кг	відсутні	відсутні
14	Вміст сірки, %	0,02	0,001
15	Масова частка тригліцериду, %	-	0,20
16	Масова частка фосфору, %	-	10,0
17	Масова частка ефіру ліноленової кислоти, %	-	12,0
18	Масова частка моногліцериду, %	-	0,80
19	Масова частка метанолу, %	-	0,20
20	Масова частка дігліцериду, %	-	0,20
21	Масова частка загального гліцерину, %	-	0,25
22	Масова частка вільного гліцерину, %	-	0,02

Низькотемпературні властивості

Ця властивість визначається за допомогою трьох характеристик:

- «Точка помутніння» (ТП);

- «Точка застигання» (ТЗ) ;
- «Точка холодного фільтрування» (ТХФ).

Вони є ключовими параметрами, які значною мірою визначають низькотемпературну характеристику складних ефірів. Точка помутніння відноситься до температури, при якій починається відділення воску і діаметр кристалічних форм перевищує 0,5 мкм. Точка застигання - це мінімальна температура, нижче якої рідина не може протікати. ТХФ – це найнижча температура, при якій певний об'єм палива повністю протікає за певних умов через стандартизований фільтруючий пристрій протягом певного інтервалу. Біодизельне паливо має низькі властивості текучості при низькій температурі. Низькотемпературні характеристики біодизельного палива значною мірою визначаються молекулярною структурою, а також природою вихідної сировини і сильно залежать від ступеня насичення.

Ефіри ненасичених жирних кислот, як наслідок їх набагато нижчої температури плавлення, поведуться як розчинники. Насичені складні ефіри, які розчиняються в розчиннику, кристалізуються при охолодженні при порівняно вищій температурі, ніж температура ненасиченої сполуки.

В'язкість і поверхневий натяг

В'язкість рідини є мірою її опору течії. В'язкість біодизельного палива можна визначити за допомогою європейських стандартів.

Ці властивості вищі в порівнянні з дизельним паливом і мають виражений вплив на характеристики впорскування, а також на зміну моделі згоряння. Розпилення проникає глибше, швидше і має вузький кут розпилення, порівняно з традиційним дизелем. Зміна цих властивостей значною мірою залежить від довжини ефірного ланцюга, його природи (цис або транс), ступеня ненасиченості та спиртової частини. Крім того сполуки з гідроксигрупами демонструють значно вищу в'язкість.

1.4. Фактори, що впливають на властивості біодизельного палива

Етанол

Застосування прямих рослинних олій у двигунах із займанням від стиснення не є новим. Деякі з проблем, які виникають при використанні прямої рослинної олії - це закупорка паливних форсунок і трубопроводів, відкладення вуглецю на частинах двигуна, таких як поршневі кільця, коронка поршня і головка циліндрів, розбавлення мастильного масла та забруднення на головках поршнів. Ці проблеми можуть бути пов'язані з неповноцінними властивостями прямих рослинних олій, такими як погані властивості текучості при низьких температурах, висока в'язкість, висока щільність і низька летючість. Ці властивості можна змінити за допомогою хімічної модифікації, такої як переетерифікація, яка перетворює рослинні олії (використані або свіжі) і тваринні жири в «алкіл ефіри жирних кислот» або біодизельне паливо. Переетерифікація включає реакцію гліцеридів зі спиртом у присутності певного відповідного каталізатора.

Природа алкогольної групи біодизельного палива має чіткий і виражений вплив на вихід, а також властивості біодизеля. Для переетерифікації використовуються розгалужені та лінійні спирти. Однак метанол широко використовується через його переваги перед іншими спиртами, такі як нижча ціна, його полярність і менша довжина ланцюга. Короткі спирти більш ефективні в реакції переетерифікації, а коротші алкільні ефіри завдяки своїй полярній природі, що призводить до орієнтації молекул «голова до голови», в той час як розташування «голова до хвоста» з набагато більшим молекулярним інтервалом є зареєстровані для більших алкілових ефірів і неполярні головні групи виявляються через екранування сил між більш полярними частинами головної групи. Крім того, більша головна група створює обертальний безлад у вуглеводневій хвостовій групі.

Властивості текучості при низькій температурі в біодизелі, можна покращити шляхом збільшення довжини вуглеводневого ланцюга спиртової частини, а також шляхом розгалуження спиртів в алкіл ефірах жирних кислот. Насправді спирти з розгалуженим ланцюгом діють як інгібітори росту кристалів і допомагають зменшити ТЗ біодизельного палива. Введення

розгалужень у лінійні довго ланцюгові складні ефіри послаблює міжмолекулярні асоціації, отже, знижуючи температури кристалізації [12]. Біодизельне паливо з ріпаку та соєвих бобів з розгалуженими групами головок показало зниження ТП на 3°C та 9°C [13].

Склад жирних кислот

Біодизельне паливо – це суміш різних жирних ефірів, які зазвичай отримують з вихідної олії, і кожен складноефірний компонент визначає ключові властивості окремого палива. Наявність подвійного зв'язку, розташування ненасиченості, довжина ланцюга та розгалуження ланцюга значною мірою впливають на життєво важливі властивості біодизеля, такі як ЦЧ, теплота згоряння, холодний потік, окислювальна стабільність, в'язкість і змащувальна здатність. Зменшення ненасиченості (хімічної структури) і збільшення довжини ланцюга призводять до збільшення ЦЧ. Фактично, наявності одного довгого ланцюга достатньо для збільшення ЦЧ, незважаючи на розгалуження іншого фрагмента.

ЦЧ вищий для насичених сполук, таких як міристинова кислота (C14:0), пальмітинова кислота (C16:0) і стеаринова кислота (C18:0), ніж для ненасичених кислот. Це явище можна пояснити утворенням сполук з низьким вмістом ЦЧ під час попереднього спалювання менш насичених ефірів. Однак зменшення ЦЧ може бути досягнуто за рахунок розгалуження аліфатичних вуглеводнів, тоді як розгалуження складного ефіру в головній групі утворює ЦЧ, подібний до метилових ефірів[14].

В'язкість є ще однією ключовою властивістю, яка, загалом, збільшується з довжиною вуглецевого ланцюга і зменшується зі ступенем його ненасиченості для складних ефірів. Крім того, конфігурація подвійного зв'язку також є інструментальним фактором, оскільки конфігурація подвійного зв'язку цис має в'язкість нижчу, ніж у транс [15].

Складні ефіри, що містять вищі насичені жирні сполуки, демонструють нижчі властивості холодної текучості. Точка холодного фільтрування сильно

корелюють з довжиною ланцюга і збільшуються з подальшим збільшенням довжини [16]. Наявність ненасиченості сильно впливає на властивості холодної текучості; однак співвідношення моно- та ді-ненасиченого ефіру має незначний вплив. Вище ЦЧ та вищу температуру помутніння можна спостерігати для складних ефірів, отриманих з насичених джерел, таких як тваринні жири, пальмова та кокосова олії. Утворення твердих кристалів у біодизелі має більший вплив на в'язкість, летючість, плинність та фільтраційну здатність.

Вільна жирна кислота також впливає на окислювальну стабільність біодизеля і поступається йому нафтодизель. Це можна пов'язати з наявністю ненасиченості, кількості і положення подвійних зв'язків. Окислювальна стабільність зростає зі зменшенням ненасиченості у вигляді «метилового ефіру бавовняної олії» (10,9% ненасиченої жирної кислоти) демонструє кращу стабільність порівняно з метиловим ефіром пальми (53,6% ненасичена жирна кислота) і метиловий ефір ятрофи (78,9% ненасичених жирних кислот). Реакційна здатність поліненасичених ефірів більш виражена, ніж у мононенасичених внаслідок більшої кількості реакційноздатних біс-алільних центрів (-CH=CH-CH₂-CH=CH-) присутні в поліненасичених ефірах.

Крім того, ліолева кислота з одним біс-алільним положенням на С-11 і ліолева кислоти з дві біс-алільні позиції на С-11 і С-14 більш схильні до окислення в порівнянні на алільні позиції. Далі з'ясовано, що окислювальна реакція складних ефірів зменшується в міру наближення положення ненасиченості до групи складноефірних головок і гідроксильні групи видаляються. Крім того, цис-ізомери демонструють нижчу стабільність порівняно до транс. Однак реакційна здатність сполучених транс-ненасиченостей вище ніж цис-ненасиченості [17].

Деякий вплив жирних кислот, які містяться в біодизельному паливі, наведений в рис. 1.2.

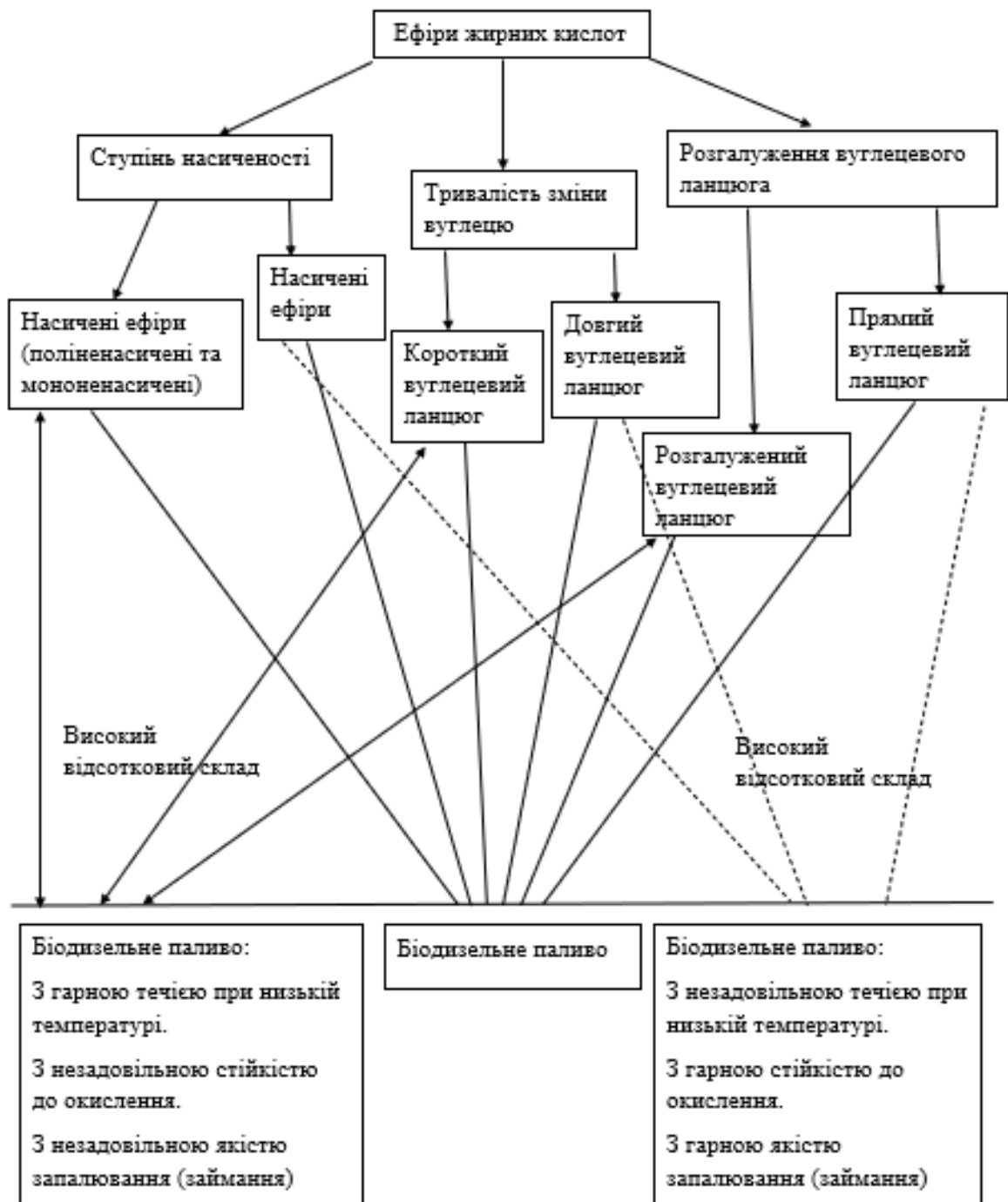


Рис.1.2. Вплив складних ефірів жирних кислот на біодизельне паливо при низьких температурах [18]

Біодизельне паливо з високим відсотковим вмістом ненасичених, розгалужених та коротко ланцюгових жирних ефірів демонструє покращені властивості текучості при низьких температурах.

Речовини які впливають на властивості біодизельного палива.
Незважаючи на простоту процесу перетворення біодизельного палива, завжди існує ймовірність виявлення забруднюючих речовин у виробленому біодизелі, що може вплинути на деякі властивості. Різні забруднювачі, які зазвичай зустрічаються в біодизелі:

- вміст води;
- вільний гліцерин;
- зв'язаний гліцерин;
- спирт;
- вільні жирні кислоти;
- мило;
- сліди металів, каталізаторів, неомильних речовин і продуктів окислення.

Мікрометали сприяють утворенню радикалів як каталізаторів і сприяють опосередкованій металами реакції ініціювання, що призводить до прискорення вільних радикалів, що призводить до погіршення стабільності біодизельного палива. Вплив на метали біодизелю погіршує стабільність через те, що метали діють як каталізатор і стимулюють виробництво лінолеату. Крім того, реакційна здатність перехідних металів, таких як мідь, нікель, марганець, кобальт і залізо, вища, тоді як алюміній, цинк і олово мають найменший вплив [19].

Засмічення паливного фільтра може спостерігатися при температурах, значно вищих за ЦЧ палива для двигунів, що працюють на біодизелі, через наявність неперетворених часткових ацилгліцеринів, таких як насичені «моноацилгліцерини» або «вільні стерилглюкозиди», які сприяють утворенню твердого залишку. Загалом, неомілювані речовини, якщо вони присутні в концентрації нижче 2%, не впливають на ТП і ТЗ. Однак наявність високого рівня зв'язаного гліцерину, такого як насичені моногліцериди та дигліцериди, може каталізувати кристалізацію і призвести до збільшення в'язкості. ТП

біодизеля збільшується зі збільшенням концентрації насичених моногліцеридів або дигліцеридів. Насичений моногліцерид до 0,5% може значно збільшити ТП. Насичені моногліцериди мають більш виражений ефект, оскільки вони мають дуже низьку розчинність у метилових ефірах і їх нерозчинність зростає із зниженням температури. Цікаво, що наявність дигліцеридів може перешкоджати утворенню кристалів насичених моногліцеридів.

Однак дія насичених моногліцеридів більш виражена порівняно з водою та питомою вагою. З плином часу або при нагріванні виявляється метастабільна фаза насичених моногліцеридів, яка може трансформуватися в більш стабільний, менш розчинний поліморф. Більш насичений біодизель демонструє повільнішу швидкість фазового перетворення через меншу швидкість реакції. Дуже мала концентрація (вище 0,24 мас.%) насичених моногліцеридів може призвести до неефективності тесту на фільтрацію холодним замочуванням. Присутність води може зменшити наслідки насичених моногліцеридів. Крім того, насичений моноацигліцерин може утворювати тверді залишки під час тривалого зберігання через низьку розчинність.

Було показано, що наявність моноацигліцерина (нижче 0,10 мас.%) має вищу чутливість до ТХФ порівняно з ТП. Насичені моногліцериди виявляються в біодизелі в основному через неповну реакцію жирів або олій під час реакції переестерифікації. При більш низьких температурах насичені моногліцериди відокремлюються від біодизельного палива у вигляді слизької камеді, яка швидко забиває паперові фільтри. Це явище можна пояснити частковою розчинністю насичених моногліцеридів у біодизелі, тоді як питома вага, яка є природно присутня в біодизелі у вигляді розчинних ефірів жирних кислот, також сприяють засміченню фільтра, оскільки воно кристалізується та агломерується з часом [20].

1.5. Методи покращення властивостей біодизельного палива

Властивості біодизеля залежать від сировини та технології виробництва. На даний момент розроблено багато різних методів виробництва біодизеля з різних джерел. Таким чином, нині біодизельне паливо можна виробляти за допомогою таких технологій, як ультразвукова кавітація, гідродинамічна кавітація, мікрохвильове опромінення, двоступінчастий реакційний процес. Звичайно, ці технології продовжують розвиватися та вдосконалюватися.

Деякі дослідження показують, що отримання метилових ефірів жирних кислот за допомогою мікрохвильового опромінення як швидкого методу алкоголізу тригліцеридів метанолом може призвести до високих виходів метилового ефіру жирних кислот [21].

Крім того, іншим багатообіцяючим підходом, є некаталітична реакція переетерифікації з використанням надкритичних умов метанолу [22]. Переетерифікацію рослинних олій у надкритичному метанолі проводять без використання будь-якого каталізатора. Надкритичний метанол має високий потенціал для переетерифікації тригліцеридів до метилових ефірів для мінеральних замінників дизельного палива. Крім того, метод надкритичної переетерифікації більш толерантний до присутності води і вільних жирних кислот, ніж звичайний метод, що каталізується лугом, отже більш толерантний до різних типів рослинних олій.

Для поліпшення низькотемпературних властивостей біодизельного палива можна використовувати змішування з мінеральним дизельним паливом, хімічну або фізичну модифікацію нафтової сировини або біодизельного продукту, а також використання добавок [23].

Змішування з мінеральним дизельним паливом ефективно при низькому вмісті (до 30 об.%) біодизеля з температурою помутніння близько $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Очевидно, що змішування з мінеральним дизельним паливом не змінює хімічну природу і, отже, властивості біодизеля. Деякі властивості сумішей біодизель/мінеральне дизельне паливо показано на рис. 1.3.

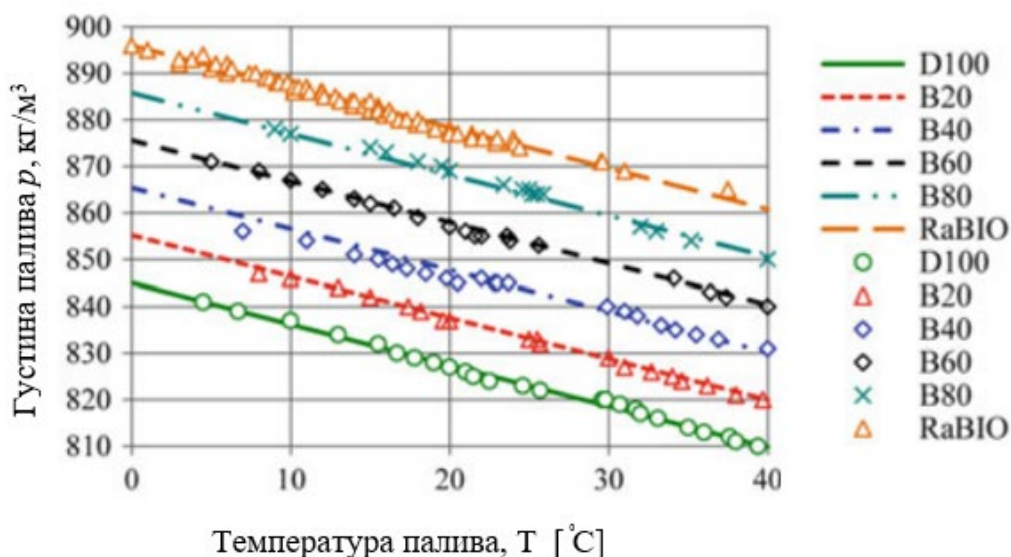


Рис. 1.3 Густина біодизельного палива та сумішей мінерального дизельного палива [21]

Порівняння густини палива чистого мінерального дизеля (D100), чистого RaBIO (ріпак) та їх сумішей, отриманих експериментально та чисельно при тиску навколишнього середовища. Щільність збільшується за рахунок збільшення вмісту RaBIO та зниження температури.

Хімічна або фізична модифікація нафтової сировини. Таку модифікацію можна здійснити за допомогою зимівлі, яка є методом виділення тих фракцій масел, температура застигання яких нижча за певну межу [23]. Один з таких методів передбачає охолодження масел протягом встановленого періоду при певній температурі з наступним декантуванням рідини, що залишилася. Інший, більш енергоефективний метод – це дозволити резервуарам з нафтою стояти на вулиці при низьких температурах протягом тривалого періоду часу. У будь-якому випадку, фракція, яка залишається розплавленою, відокремлюється від твердої частини, утворюючи олію з покращеними властивостями заливки та обробки. Більш прямим методом зміни сировини біодизеля є генетична модифікація профілю жирних кислот олійних культур.

Хімічна або фізична модифікація біодизельного палива. Відбувається з метою модифікації низькотемпературних властивостей може бути здійснена шляхом кристалізаційного фракціонування, що є подібним до процесу, що застосовується при зимівлі нафтової сировини [23]. Варіанти: сухе фракціонування та фракціонування розчинником. Сухе фракціонування включає кристалізацію з розплавом без додавання розчинника і є найпростішим і найменш витратним методом. Фракціонування розчинником має значні переваги перед сухим фракціонуванням, включаючи скорочення часу кристалізації та покращення виходу, але страждає від зниження безпеки та збільшення витрат.

Фракціонування біодизеля будь-яким способом призводить до зменшення частки насичених ефірів і, отже, до збільшення частки ненасичених ефірів. Це має значний вплив на інші властивості біодизеля, особливо на окислювальну стабільність і якість займання.

Фракціонування також має великий вплив на собівартість виробництва і, отже, на конкурентоспроможність біодизеля порівняно з мінеральним дизельним паливом. Фракціонування не тільки вводить новий набір одиничних операцій, включаючи додавання розчинника, кристалізацію та відновлення розчинника, але також призводить до значного зниження виходу.

Втрата 75% вихідного матеріалу була б неприйнятною для будь-якого комерційного процесу. Щоб пом'якшити цю ситуацію, інший підхід використовує р-зв'язки ненасичених жирних кислот за допомогою електрофільного додавання для отримання розгалужених або об'ємних складних ефірів. Ізопропілолеат спочатку епоксидують методом перекис мурашиної кислоти для отримання приблизно 95% епоксидованого ізопропілолеату.

Присадки. Присадки можна класифікувати на традиційні мінеральні дизельні добавки та присадки з нових технологій, розроблених спеціально для біодизельного палива. Традиційні мінеральні присадки до дизельного палива

можна описати як депресанти температури застигання або кристалічні модифікатори воску [23].

Депресанти температури застигання розроблені для поліпшення прокачування сирової нафти і не впливають на звичку зародження. Натомість ці добавки пригнічують ріст кристалів, тим самим усуваючи агломерацію. Зазвичай вони складаються з низькомолекулярних сополімерів, подібних за структурою до молекул аліфатичних алканів. Найбільш поширеною групою є сополімери етиленвінілового ефіру. Кристалічні модифікатори воску - це сополімери, які порушують частину процесу кристалізації для отримання більшої кількості менших, більш компактних кристалів воску.

Використовуючи ці добавки, можна знизити точку закупорки ТЗ і холодного фільтра чистого біодизельного палива більш ніж на 6°C, але без помітного покращення точки помутніння. Потенційним механізмом зниження ТП біодизельних патронів є використання об'ємних частин, які порушують упорядковане укладання молекул складного ефіру під час зародження кристалів [24]. Деякі добавки, такі як дигідроксижирна кислота, преполімер акрилового поліефіру, поліол на основі пальми та рицинолеат касторової олії для пальмового біодизеля, знижують значення температури застигання та помутніння біодизельного палива [25].

Зменшення шкідливих викидів і підвищення ефективності двигуна також може бути досягнуто використанням паливних присадок. Присадки на основі металів використовуються як каталізатор горіння для сприяння горінню та зменшення споживання палива та викидів вуглеводневого палива. Ці добавки на основі металів включають церій (Ce), церій-залізо (Ce-Fe), платину (Pt), платину-церію (Pt-Ce), залізо (Fe), марганець (Mn), барій, кальцій, і мідь. Зменшення викидів при використанні добавки на основі металів може бути пов'язано або з тим, що метали реагують з водяною парою з утворенням гідроксильних радикалів, або служать каталізатором окислення, тим самим знижуючи температуру окислення, що призводить до збільшення вигорання

частинок. Металеві присадки до палива також можуть покращити деякі властивості біодизельного палива, такі як температура застигання та в'язкість.

Властивості біодизельного палива також можна покращити, використовуючи в якості присадок інші види палива. Однією з таких добавок є біоетанол.

Окислювання

Окислювальна стабільність біодизельного палива залежить від типу та кількості антиоксидантів [25]. Досвід показує, що природний α -токоферол покращує окислювальну стабільність біодизельного палива менше, ніж синтетичні антиоксиданти, такі як бутильований гідроксианізол, трет-бутилгідрохінон, бутильований гідрокситолуол і пропілгалат.

Трет-бутилгідрохінон забезпечує найкращу окислювальну стабільність для всіх видів біодизельного палива [26]. Що стосується питомої витрати палива, то виявилось, що біодизель з антиоксидантами працює краще (тобто питома витрата палива нижча), ніж біодизель без антиоксидантів. Однак особливих тенденцій щодо типу та кількості антиоксидантів не виявлено.

Висновки до розділу:

1. Біодизельне паливо володіє добрими мастильними якостями. Також до його переваг відносять високе цетанове число, за рахунок якого проходить більш плавний процес горіння, що позитивно впливає на повноту згоряння палива та зменшення шкідливих викидів. [27]
2. Біодизель, як показали дослідження, при попаданні в воду не завдає шкоди рослинам і тваринному світу. Таке паливо піддається практично повному біологічному розпаду: у ґрунті або у воді мікроорганізми-бідеструктори за чотири тижні здатні переробити до 99% розлитого продукту. Це засвідчує про незаперечні екологічні властивості біодизельного палива. [27]
3. Дослідження впливу жирних кислот на якість біодизельного палива показали, що біодизельне паливо з високим відсотковим вмістом

ненасичених, розгалужених та коротколанцюгових жирних ефірів демонструє покращені властивості текучості при низьких температурах.

4. Дослідження різних методів покращення біодизельного палива показують, що це можливо, але для цього необхідно ще зробити багато роботи, щоб максимально приблизити біодизельне паливо на заміну традиційному дизельному паливу.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Дослідження якості біодизельного палива

Для надання оцінки використанню біодизельного палива необхідно провести експерименти для отримання характеристик досліджуваного палива.

План проведення експериментальної частини роботи наведено в рис.2.1.



Рис. 2.1. План проведення кваліфікаційної роботи

Серед методів досліджуваного об'єкта використовуються теоретична методологія та експериментальна.

З теоретичних методів було використано гіпотетичний метод та метод моделювання.

Гіпотетичний метод допомагає формулювати відповідні етапи дослідження. Гіпотеза починається з питання, яке потім досліджується за допомогою фонового дослідження [28]. За допомогою оглянутої літератури, наукових статей, розглядаються певні можливості у використанні досліджуваної речовини. За яких умов буде отриманий необхідний результат при використанні біокомпоненту.

Виходячи з розглянутих теорій можна виявити гіпотезу, спираючись на попередні дослідження та провести необхідні експерименти для переконання в правильності розглянутих, обґрунтованих припущень та спостережень.

Розглядаючи біокомпонент в якості добавки до дизельного палива, та покращення властивостей за допомогою присадки.

Аналіз якості палив та досліджуваної біодобавки проводилися за методиками згідно нормативних вимог (табл.2.1.).

Таблиця 2.1.

Вимірювання показників палива за допомогою ГОСТу

№	Назва показника	Нормативні документи вимірювання
1	Цетанове число	ГОСТ 3122 або EN ISO 5165
2	Кінематична в'язкість за температури 40 °С	ГОСТ 33 або EN ISO 3104
3	Густина за температури 15 °С	ГОСТ 3900 або ISO 3675:1993
4	Вміст води	ГОСТ 2477 або ДСТУ ISO 8534 або EN ISO 12937
5	Зольність	ГОСТ 1461 або ДСТУ ISO 6884 або ISO 3987

6	Температура спалаху	ДСТУ 4455
7	Кислотне число	ДСТУ 4350 або EN 14104:2003
8	Йодне число	ГОСТ 2070 або ДСТУ ISO 3961:2004 або EN 14111:2003
9	Масова частка сірки	ГОСТ 19121
10	Коксівність 10%-го залишку	ГОСТ 19932 або EN ISO 10370
11	Стабільність окислення за температури 110°C	ДСТУ ISO 6886 або EN 14112:2003
12	Випробування на мідній пластинці	ГОСТ 6321 або ISO 2160
13	Вміст механічних домішок	ГОСТ 6370
14	Масова частка ефірів	ДСТУ ISO 5508
15	Масова частка вільного гліцерину	ДСТУ ISO 5508
16	Масова частка метанолу	ДСТУ ISO 5508
17	Масова частка фосфору	ДСТУ ISO 5508
18	Масова частка тригліцериду	ДСТУ ISO 5508
19	Масова частка загального гліцерину	ДСТУ ISO 5508
20	Масова частка метилового ефіру ліноленової кислоти	ДСТУ ISO 5508
21	Масова частка дігліцериду	ДСТУ ISO 5508
22	Масова частка моногліцериду	ДСТУ ISO 5508

Метод вимірювання густини по ГОСТ 3900. Для цього з посуду було необхідно циліндрична колба та ареометр. В циліндр поміщають випробуване паливо, оскільки за стандартами вимірювання необхідно проводити при

температурі 15 °С, необхідно для початку виміряти температуру палива в циліндрі за допомогою термометру. Підібравши ареометр так щоб він був на поверхні палива, за нижнім меніском визначають густину біодизельного палива.

Кінематична в'язкість біодизельного палива.

Вимірюється за EN ISO 3104. Сутність методу в вимірюванні за допомогою віскозиметру. Вибір діаметру віскозиметру проводять так щоб час перебігу рідини був не менше 30 секунд та не більше трьох хвилин. Випробування проводять в термостаті для визначення в'язкості (в'язкозиметрична баня), виставляючи на ній необхідну для вимірювання температуру, в нашому випадку це 40 °С. Давши приладу деякий час для нагріву до потрібної температури, можна приступати до вимірювань. Визначення в'язкості проводиться за рахунок часу, в межах якого від однієї мітки рідина стікає до другої.



Рис. 2.2. Баня для вимірювання в'язкості

Фракційний склад палива є важливою характеристикою його експлуатаційних властивостей. Для визначення фракційного складу необхідна колба Енглера, туди закидають кипілки. Після можна заповнити колбу 100 мл біодизельного палива. Помістивши колбу з випробуваним паливом в апарат, починають випробування. Фіксація першої каплі є ознакою початку процесу перегонки.



Рис. 2.3. Апарат АРН-ЛАБ-11, для вимірювання фракційного складу.

Температура спалаху

Температура спалаху охарактеризує вибухові та пожежонебезпечні властивості палива, під час його транспортування та зберігання.

Випробуване паливо поміщають у тигель та нагрівають його деякий час. Після нагрівання до певної температури, через кожні два градуси підвищення температури від помірної нагрівання, обережно відкривають тигель та пропускають пари які виділяються в повітря від нагрівання палива, та підносять вогонь до відкритого тиглю.

Спостерігаючи при якій температурі відбувся спалах, порівнюють його з показниками ГОСТ на дану марку палива.

Гранична температура застигання

Продукт дослідження вливають в колбу з двійним склом таким способом, щоб продукт не стікав по стінкам під час наливання. Вливають у колбу до мітки, після чого закріплюють термометр на відстані приблизно до 10 мм, але й не менше 8 мм від дна пробірки. Закріплюють термометр обережно, щоб він ні в якому разі не торкався стінок пробірки.

Пробірку залишають при кімнатній температурі на певний час, після переміщують її посуд з охолоджувальною сумішшю, під час проведення встановлену температуру охолодження підтримують з погрешністю ± 1 °C.

Як тільки продукт матиме температуру зазначену для застигання, пробірку нахиляють під кутом 45° та тримають пробірку в такому положенні протягом однієї хвилини.

Корозія мідної пластинки

Пластинку для початку шліфують. В пробірку з досліджуваним паливом опускають мідну пластинку. Мідну пластинку ні в якому разі не чіпають руками після експерименту, до експерименту також.

Тоді як пластинку погрузили до випробуваного палива, пробірки поміщають в герметичні циліндри, які ставлять до водяної бані та витримують їх там на протязі необхідного часу.

Після витримування в бані досліджуваних рідин, мідну пластинку просушують та протирають толуольною сумішшю зі спиртом двічі, та не торкаючись пластинки визначають колір пластинки та порівнюють її за еталонною шкалою.

Після проведення всіх аналізів порівнюються вихідні дані з «ТУ», наведенні в таблиці 1.2. Входячи з порівнянь надається оцінка та обговорення отриманим результатам.

Після перевірки біодизельного палива та дизельного палива, порівнюють їх характеристики. Готують суміш біодизельного та дизельного

палив для експериментів. Проводять також вхідний аналіз якості суміші біодизельного та дизельного палив.

Для усунення недоліків пов'язаних з недостатньо низькою температурою застигання, яка буде виявлена у досліджуваному біокомпоненті та дизельному паливі, додаватиметься присадка. Оцінюючи вихідні данні суміші вирішується в якій кількості додавати присадку.

Присадка, яка буде використовуватися: PACHEM-DCFI-2. Додаючи цю присадку до всіх досліджуваних проб, точніше дизельне паливо, суміш біодизельного та дизельного палива, проводиться аналіз граничної температури, за яким надається оцінка щодо використання суміші палив.

Ця присадка додається до дизельних палив для покращення низькотемпературних характеристик.

2.2. Факторний експеримент та характеристика змінних факторів

Для більш чіткого розуміння експериментальної роботи, спроектовано чорний ящик покращення властивостей палива при додаванні депресорної присадки (рис.2.4).



Рис.2.4. Зміна властивостей досліджуваного палива

X_1 – Біодизельне паливо

X_2 – Суміш дизельного та біодизельного палива

X_3 – Дизельне паливо

Z_1 – Присадка

$T_{ГЗ}$ – Гранична температура застигання

За проекцією чорного ящика, який більш чітко дає нам порозуміння що саме буде досліджуватись в даній роботі. Тобто зліва під позначками X_1 , X_2 , X_3 , знаходяться досліджувані палива, їх характеристика буде змінюватись в залежності від додавання Z_1 , а саме змінюватись буде гранична температура застигання. Адже на цю характеристику буде давати вплив присадка, яку додаватимуть до суміші палив та дизельного палива.

Надалі проектується таблиця кодування факторів, за допомогою якої визначається необхідний мінімум та максимум концентрації додавання присадки до дизельного палива та суміші біодизельного та дизельного палив.

Таблиця 2.2

Кодування фактору

№	Фактори впливу	Рівень		Інтервал
		мінімум	максимум	
1	Присадка	0.011	0.033	0.011-0.033

Під час експерименту на пониження значення граничної температури впливав лише один фактор, вплив концентрації якої був визначений в таблиці 2.2.

Висновок до розділу

1. Проведено план роботи за допомогою якого можна та необхідно набагато краще надати інформацію, щодо роботи.

2. Докладно розповідається про план проведення експериментів, подані методи дослідження охарактеризовують принцип роботи з досліджуваними речовинами.
3. Чорний ящик представляє собою об'єкт дослідження, показуючи який фактор буде впливати на досліджуване паливо та його суміш.

РОЗДІЛ 3.

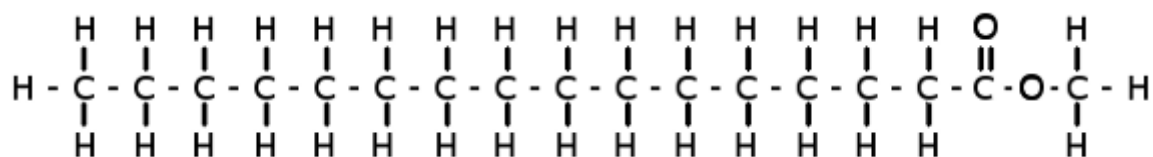
ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

3.1. Порівняння якості дизельного палива та олії ріпакової

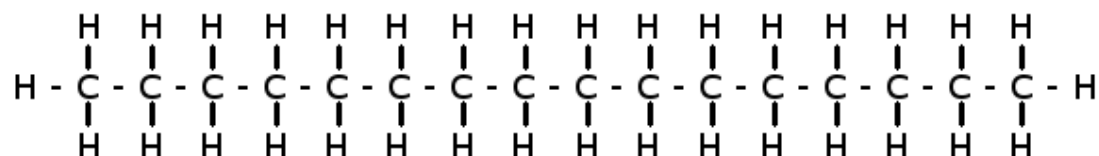
Біодизельне паливо, узагальнене поняття, його можна отримати з різної сировини.

Дизельне паливо відрізняється рядом показників якості від біодизельного палива, що залежить від сировини виготовлення палива. Біодизельне паливо можна отримати з ріпакової олії, лляного насіння, соняшника (табл. 1.1) та мікроводоростей [29].

Молекулярна формула біодизельного палива, 16 атомами вуглеводню з ефірною групою:



Форма дизельного палива:

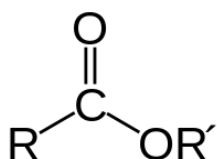


Молекула дизельного палива є чистий вуглеводень, що містить тільки атоми водню і вуглецю і не містить кисню. В ідеальних умовах, при великій кількості кисню, при спалюванні цієї молекули виділяються тільки CO_2 і H_2O . Звичайно, кисень становить лише 21% газу в повітрі, а решта є сумішшю приблизно 78% азоту (N_2). і невелика кількість інших газів, таких як метан, неон, гелій, водень і т. д. Крім того, багато нафтових родовищ забруднені сірководнем (H_2S) та інші сполуки сірки. В результаті при спалюванні нафтового дизельного палива утворюються сполуки сірки, такі як сірчана кислота, сполуки азоту, такі як оксид азоту та інші забруднювачі. Іншими словами, реакція не є ідеальною.

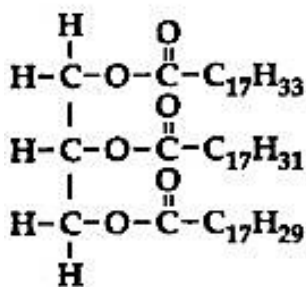
У багатьох відношеннях молекули біодизеля та традиційного дизельного палива схожі. Фактично, єдина реальна різниця полягає у правій частині молекули, де біодизельне паливо має два атоми кисню порівняно з молекулою традиційного дизелю. Саме ці атоми кисню при спалюванні роблять все, що пов'язане з біопаливом, таким як біодизель.

За біодобавку можна використовувати олію, естери, які отримують при переестерифікації.

Узагальнена формула естерів:



За біодобавку було взято ріпакову олію:



Хімічний склад сировини сильно впливає на якість палива. Він впливає на такі характеристики як:

- стійкість до низьких температур. Щоб знизити температуру застигання палива до мінусових позначок, його компоненти додають важкі фракції вуглеводню. Максимальне відсоткове співвідношення таких сполук – арктична марка дизельного палива;
- цетанове число. Воно характеризує займистість пального в циліндрі. Чим вище число, тим краще. Найвищі показники займистості спостерігають у палива з високим вмістом парафінових вуглеводнів;
- в'язкість. Вона частково визначає допустиму температуру експлуатації палива. Наприклад, літнє ДТ кристалізується (застигає) при -10°C , починає густіти при -5°C . Цей параметр безпосередньо

залежить від вмісту палива алканів: парафінових вуглеводнів. Чим їх менше, тим більший мороз витримає паливо.

Для початку після отримання ріпакової олії було проведено ряд вхідних аналізів.

Вимірювання густини проводились, за ГОСТ 3900 (ISO 3675:1993), при температурі 15 °С, рис. 3.1. Виміряна густина палива відповідала державним вимогам «ТУ У 24.1- 34582279-002:2006» та «ТУ У 24.1-2055500133-001:2006».



Рис. 3.1. Вимірювання густини ріпакової олії

В'язкість ріпакової олії виміряна при температурі 40 °С, за ГОСТ 33 (EN ISO 3104). Отримані дані виміряної в'язкості також були порівнянні з державними стандартами, як видно з табл. 3.1 в'язкість біопродукту відповідає вимогам державного стандарту.



Рис. 3.2. Процес вимірювання в'язкості

В нижче наведеній таблиці зазначенні всі вимірні показники ріпакової олії.

Таблиця 3.1.

Вхідний аналіз якості ріпакової олії

Назва показника	Данні вимірювання
Густина, ρ_{15} , кг/м ³	884,0
В'язкість, мм ² /с	4,374
Гранична температура застигання, °С	-4
Температура спалаху, °С	Більше 120
Фракційний склад, %:	
5	250 °С
10	300 °С
50	331 °С
95	350 °С

З даних таблиці видно що отриманий продукт не відповідає вимогам ТУ У 24.1-2055500133-001:2006 як паливо, але його можна застосувати, як

добавку до дизельного палива. Виходячи з проведених вхідних аналізів досліджуємого продукту, зробимо висновок, що в даному випадку його можна розглядати, як біодобавку.

Для оцінки біодобавки проведено ряд вхідних аналізів дизельного палива, за якими їх можна порівняти.

Аналіз дизельного палива був проведений за стандартними методами вимірювання, які наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Вхідний аналіз дизельного палива «ДП – Л – Є5 – В0»

Назва показника	Данні вимірювання
Фракційний склад, %:	
10	196 °C
43	250 °C
50	264 °C
90	344 °C
95	350 °C
Цетановий індекс	47.1
Густина, ρ_{15} , кг/м ³	828.0
Температура спалаху, °C	66
Гранична температура застигання	-16
Корозія мідної пластинки	1a

Як видно з табл. 3.1 та 3.2 за порівнянням граничної температури застигання ($T_{Гз}$) досліджуваний біокомпонент (-4 °C) через недостатню величину показника, не може використовуватись як паливо, тому було вирішено провести ряд аналізів з додаванням до дизельного палива біодобавку.

3.2. Вплив обводнення на якість біодобавки

З збереженням палива виникають різні проблеми, найперша серед них це потрапляння вологи в цистерну з паливом, тобто обводнення.

Корозія, одна з найпоширеніших проблем, яка виникає в результаті обводнення. Змішуючись з кислотами, які знаходяться в паливі, обводнення палива призводить до корозії металів. Також до проблем, у зв'язку з обводненням палива, входить зростання мікробів. Для життя бактеріям необхідна вода, за її наявності мікроби мають змогу розмножуватись, при цьому буде утворюватись осад який забруднює паливо, та утворення кислот які роз'їдають ємність для зберігання та паливну систему. Також негативним впливом обводнення є окислення палива, адже при значній кількості вода прискорює цей процес, який сприяє утворенню відкладень, смол, кислот, так званні продукти розкладання палива.

Для проведення аналізу впливу обводнення на біодобавку, змішували 500 мл біодобавки з 100 мл води (проба 1); 500 мл біодобавки з 200 мл води (проба 2), наведені проби в рис. 3.3.

На рис. 3.3 одразу видно відділення води, за рахунок того що густина олії менша за воду, вода відділилась нижнім шаром. Олія не змішується з водою тому одразу видно розділення на два шари.



Рис. 3.3. Моделювання обводнення біокомпоненту: *а* – загальний вигляд, *б* – розшарування продукту

Через місяць проведено відділення води від біодобавки з застосуванням воронки (рисунок 3.4).



Рис. 3.4. Відділення води від біодобавки

Наливши обводнений біокомпонент у воронку, дають досліджуваній рідині деякий час на відстоювання, для більш якісного розділення на два шари. Оскільки в спокійному стані вода не змішується з біодобавкою, при даному часі для відстоювання вона сама осідає вниз, що надає змогу легко відділити її від палива. Після відстоювання відділяється нижній шар, тобто воду.

За зовнішніми ознаками видно помутніння біодобавки в порівнянні з чистим біокомпонентом. Різницю зовнішнього вигляду обводненого біокомпоненту видно на рис. 3.5.



a

б

Рис. 3.5. Порівняння зовнішнього вигляду олії після її обводнення:

a – проба обводненого біокомпоненту; *б* – проба біодобавки без води

Для надання оцінки впливу води в такій кількості на біодобавку, за певний час, проведено ряд вхідних аналізів обводненої біодобавки (рис. 3.6).



a

б

Рис. 3.6. Вимірювання густини, біодобавки з домішками: *a* – 100 мл води та 500 мл біодобавки (проба 1), *б* - 500 мл води та 500 мл біодобавки (проба 2)

Аналіз біодобавки з водою були проведені за таким же алгоритмом визначення показників якості згідно нормативних вимог. Вимірювання густини проводилось за ГОСТ 3900 (ISO 3675:1993), при температурі 15 °С.

В таблиці 3.3. наведені данні виміру, за ними можна порівняти біодобавку без вмісту води. Порівнявши дані табл. 3.3. та табл. 3.1. видно що різниця густини незначна, порівнюючи густину чистої біодобавки та пробу 2 (500 мл води та 500 мл біодобавки), а в порівнянні чистої біодобавки та проби 1 (100 мл води та 500 мл біодобавки) різниця в вимірюванні густини відсутня. Тобто можна сказати що обводнення біокомпоненту не вплинув на густину, що говорить про якісне відділення води від біокомпоненту.

Таблиця 3.3.

Аналіз біодобавки з обводненням

Виміряні показники	H ₂ O, 100 мл	H ₂ O, 200 мл
Гранична температура застигання, °С	-4	-4
Густина, ρ_{15} , кг/м ³	884	885
Корозія мідної пластинки	2d	4c

Для більшої характеристики впливу води на біодобавку наведено аналіз корозії на мідній пластинці.

В роботі проведений аналіз на корозійну властивість біодобавки, та отримали чітку картину з впливу обводнення на ріпакову олію. На рис. 3.7 наведено як саме впливає обводнення на цю характеристику, видно що при обводненні в кількості 200 мл завдається великий вплив на біодобавку, що призводить до корозії.

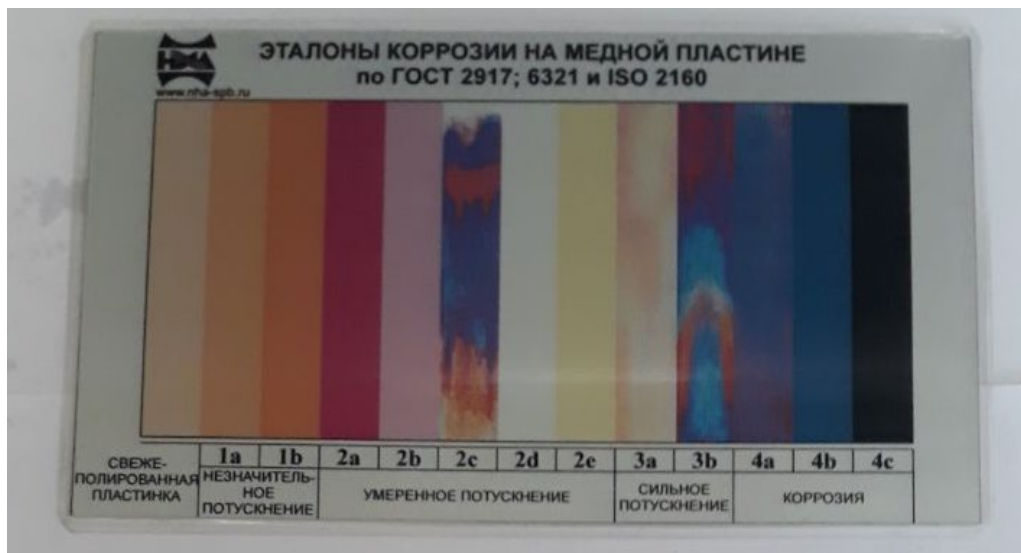
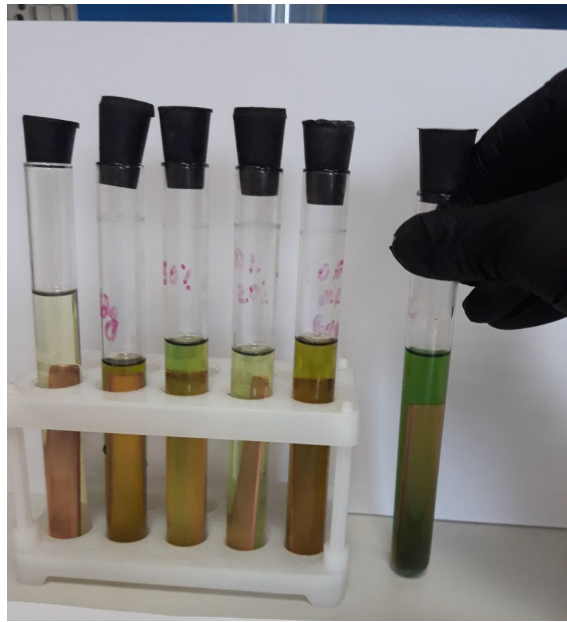


Рис. 3.7. Аналіз корозії на мідній пластинці

З аналізу на мідній пластинці добре видно вплив води на стійкість біодобавки до корозії за короткий проміжок часу.

Вплив обводнення на інші показники якості біодобавки не завдає великої шкоди, що видно з рис. 3.8.

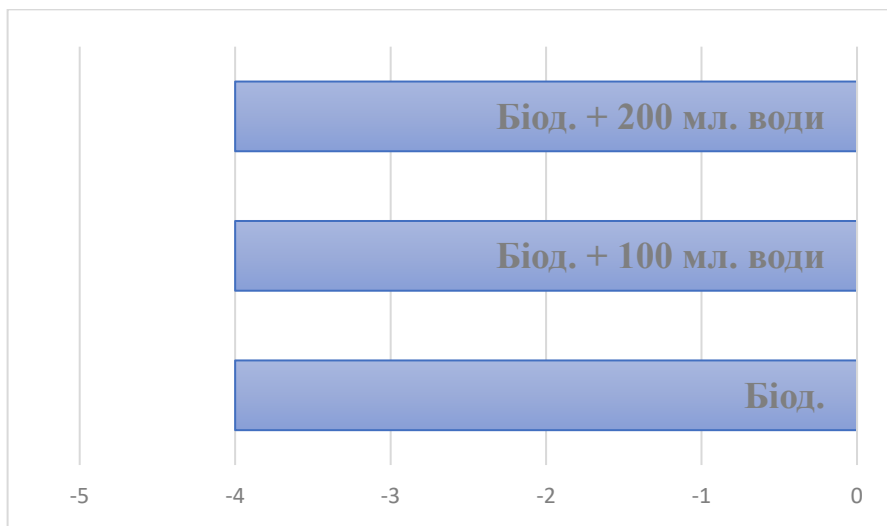


Рис. 3.8. Вплив вмісту води на граничну температуру застигання

Вміст води за такий проміжок часу, на густину та $T_{ГЗ}$, не завдає значного впливу.

3.3. Дослідження композиції дизельне паливо – ріпакова олія

Для порівняння характеристик палива було вирішено додавати біодобавку (рапсову олію) в розмірі 50% та 20% , до дизельного палива (таблиця 3.4 та 3.5).

Таблиця 3.4.

Аналіз суміші 50% дизельного пального та 50% біодобавки

Показники	Значення
Фракційний склад, %:	
10	220 °C

24	250 °C
50	328 °C
90	350 °C
95	354 °C
Цетановий індекс	52.8
Густина, ρ_{15} , кг/м ³	856.0
Температура спалаху, °C	більше 100
Гранична температура застигання	-10
Корозія мідної пластинки	2с

Таблиця 3.5.

Аналіз суміші 80% дизельного пального та 20% біодобавки

Показники	Значення
Фракційний склад, %:	
10	205 °C
32	250 °C
50	291 °C
90	343 °C
95	348 °C
96	350 °C
Цетановий індекс	47.1
Густина, ρ_{15} , кг/м ³	838.0
Температура спалаху, °C	68
Гранична температура застигання	-15
Корозія мідної пластинки	1b

З таблиць 3.4 та 3.5 видно що додавання біодобавки впливає на граничну температуру застигання, при додаванні 20% біодобавки гранична температура застигання така ж як і в дизельному паливі.

Додавання біодобавки в розмірі 50% добре впливає на покращення цетанового індексу.

Для покращення граничної температури палива до дизельного палива та композиції дизельного палива – біодобавки, додається присадка PACHEM-DCFI-2, її вплив показано на рис. 3.9.

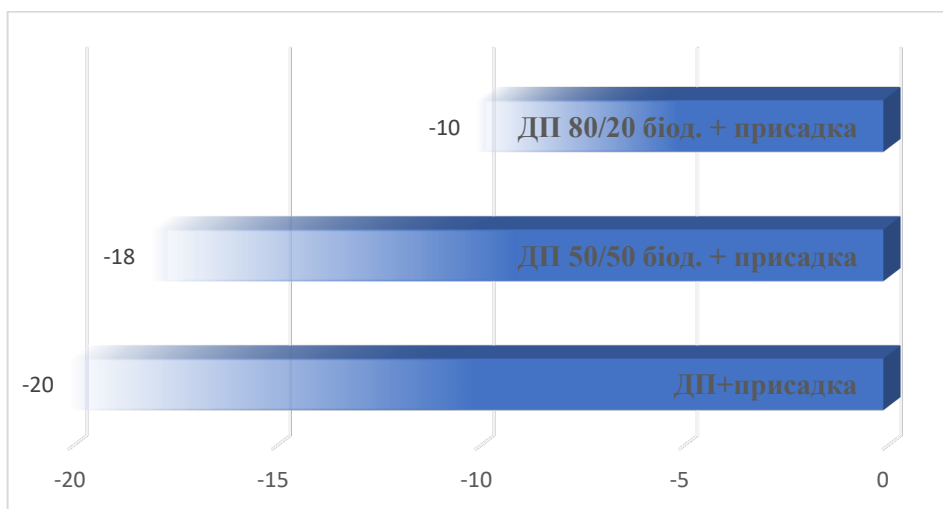


Рис. 3.9. Гранична температура застигання при додаванні присадки

Найкращі показники граничної температури вийшли в «ДП + присадка», приблизно такі ж показники в «ДП 80/20 біод. + присадка», що каже про можливість додавання біодобавки не більше 20%.

Висновки до розділу

1. Виходячи з аналізів на якість біодизельного компоненту (табл. 3.1.) слід розглядати досліджений об'єкт, як біодобавку.
2. За отриманими даними з обводнення біодобавки, видно що вміст води сильно впливає на корозійну властивість біокомпоненту, тому необхідно забезпечити герметичність при зберіганні.

3. Біодобавку слід використовувати при додаванні до неї дипресорної присадки, яка дозволяє понизити температуру застигання. Також виходячи з отриманих даних табл. 3.4 та табл. 3.5 робимо висновок, що біодобавку слід застосовувати в суміші з дизельним паливом, не більше 20%.

РОЗДІЛ 4

Охорона навколишнього середовища

4.1. Вплив біодизельного палива на навколишнє середовище

Біодизельне паливо не завдає достатньо великої шкоди навколишньому середовищу.

Біодизельне паливо горить набагато чистіше, ніж нафтове дизельне паливо. Біодизельне паливо нетоксичний і біологічно розкладається. У порівнянні з нафтовим дизельним паливом, яке очищається з сирої нафти, спалювання біодизельного палива утворює менше забруднювачів повітря, таких як тверді частки, чадний газ, діоксид сірки, вуглеводні та токсичні речовини для повітря. Викиди оксиду азоту від спалювання галону біодизельного палива можуть бути трохи вищими, ніж викиди від спалювання галону нафтового дизельного палива.

Використання біодизельного палива може зменшити викиди парникових газів. Уряд США вважає біодизельного палива нейтральним щодо вуглецю, оскільки рослини, які є джерелами сировини для виробництва біодизельного палива, такі як соєві боби та пальмова олія, поглинають вуглекислий газ (CO_2) під час свого зростання. Поглинання CO_2 цими рослинами компенсує CO_2 , який утворюється під час виробництва та спалювання біодизельного палива. Негативний вплив на навколишнє середовище від розчищення та спалювання землі може бути більшим, ніж потенційна користь від використання біодизельного палива, виробленого з соєвих бобів та пальм.

4.2. Характеристика основних компонентів, викидів дизельного палива

Вплив дизельного вихлопу може призвести до серйозних захворювань, таких як астма та респіраторні захворювання, а також може погіршити наявні

захворювання серця та легенів, особливо у дітей та літніх людей. Ці умови можуть призвести до збільшення кількості відвідувань невідкладної допомоги, госпіталізації, прогулів на роботі та в школі та передчасної смерті.

Компоненти викидів дизельних двигунів сприяють утворенню приземного озону, який пошкоджує сільськогосподарські культури, дерева та іншу рослинність. Також утворюються кислотні дощі, які впливають на ґрунт, озера та потоки та потрапляють у харчовий ланцюг людини через воду, продукти, м'ясо та рибу. Ці викиди також сприяють пошкодженню майна та погіршенню видимості.

Основні токсичні газові сполуки, що містяться у вихлопних газах дизельних двигунів, включають окис вуглецю (CO), окис азоту (NO), двоокис азоту (NO₂) та двоокис сірки (SO₂). Біологічна активність та токсичні характеристики цих сполук вивчаються протягом багатьох років та відносно добре вивчені.

В останні роки викиди твердих частинок дизельного палива стали однією з головних проблем для здоров'я серед усіх викидів дизельного палива. Медичні дослідження впливу твердих частинок на здоров'я все ще перебувають на початковому етапі вивчення цієї нової області людських знань. Існує багато суперечливих думок і багато запитань не отримали відповіді, очікуючи результатів поточних і майбутніх досліджень. Ці невизначеності щодо впливу твердих частинок та його компонентів також відображаються у відсутності точного, універсального визначення твердих частинок дизельного палива. Хоча практично всі правила охорони здоров'я/викиди двигунів визначають тверді частини як суміш твердих речовин, органічних речовин і сульфатів, були запропоновані такі визначення, як загальний вуглець (тобто, за винятком сульфатів) або елементарний вуглець (тобто, за винятком сульфатів та органічних речовин).

Більшість важких органічних сполук, таких як поліядерні ароматичні вуглеводні, міститься у твердій фазі дизельних викидів. Ця асоціація, у

поєднанні з їх дуже низькими концентраціями, ускладнює розрізнення впливу твердої фракції на здоров'я та окремих органічних видів. Частки дизельного палива, включаючи як тверду, так і органічну фазу, були ідентифіковані як токсичний забруднювач повітря в Каліфорнії [30]

Деякі дослідження охорони здоров'я використовують ще більш спрощений підхід, досліджуючи вплив «цілих дизельних вихлопів», які включають як газоподібні забруднювачі, так і тверді частки. Частки дизельного палива часто використовуються в цих дослідженнях як індикатор впливу дизельних вихлопних газів, але не докладається жодних зусиль, щоб проаналізувати, які компоненти вихлопних газів є відповідальними за певний вплив на здоров'я. З точки зору контролю викидів дизельного палива цей підхід не є практичним. Звинувачення всього дизельного вихлопу за несприятливий вплив на здоров'я не є корисним для встановлення цілей контролю викидів або вибору відповідних технологій контролю. Зрештою, вихлопні гази дизельного палива на 99% складаються з нетоксичних матеріалів, включаючи азот, кисень, водяну пару та вуглекислий газ. У нових публікаціях консенсус полягає в тому, що фаза твердих частинок у вихлопних газах дизельного палива, включаючи твердий неорганічний вуглець і пов'язаний з ним органічний матеріал, має найбільший вплив на здоров'я [31].

Основні компоненти викидів дизельного палива, які мають несприятливий вплив на здоров'я або навколишнє середовище, наведені в таблиці 4.1 [32].

Таблиця 4.1

Біологічна дія компонентів викидів дизельного палива

Емісійний компонент	Продукти атмосферної реакції	Біологічний вплив

Газова фаза		
Оксид вуглецю	-	Сильно токсичний для людини; блокує поглинання кисню.
Оксиди азоту	Азотна кислота, озон	Двоокис азоту є подразником дихальних шляхів та основним попередником озону. Азотна кислота сприяє кислотним дощам.
Діоксид сірки	Сірчана кислота	Роздратування дихальних шляхів. Учасник кислотних дощів.
Діоксид вуглецю	-	Головним чинником глобального потепління.
Насичені вуглеводні (алкани, < C ₁₉)	Альдегіди, алкілнітрати, кетони	Роздратування дихальних шляхів. Продукти реакції попередники озону (у присутності NO _x).
Ненасичені вуглеводні (алкени < C ₅)	Альдегіди, кетони	Роздратування дихальних шляхів. Деякі алкени мають мутагенні та канцерогенні властивості. Продукти реакції попередники озону (у присутності NO _x).
Формальдегід	Окис вуглецю, гідропероксильні радикали	Формальдегід є ймовірним канцерогеном для людини і попередником озону (у присутності NO _x).

Вищі альдегіди (наприклад, акролеїн)	Пероксиацилнітрати	Подразнення дихальних шляхів та очей; спричиняє пошкодження рослин.
Моноциклічні ароматичні сполуки (наприклад, бензол, толуол)	Гідроксильовані та гідроксильовані нітропохідні Нітро-поліядерні ароматичні вуглеводні («5 кілець»)	Бензол токсичний і канцерогенний для людини. Деякі продукти реакції є мутагенними для бактерій (аналіз Еймса).
Поліядерні ароматичні вуглеводні (< 5 кілець) (наприклад, фенантрен, флуорантен)	Хінони та гідроксильовані нітропохідні	Деякі з цих поліядерних ароматичних вуглеводнів та нітро - поліядерних ароматичних вуглеводнів є відомими мутагенами та канцерогенами.
Нітро- поліядерні ароматичні вуглеводні (2 і 3 кільця) (наприклад, нітронафталін)	Окис вуглецю, гідропероксильні радикали	Деякі продукти реакції є мутагенними для бактерій (аналіз Еймса).
Фаза Твердих Частинок		
Елементний вуглець.	-	Ядра адсорбують органічні сполуки; розмір дозволяє проникати глибоко у легені (альвеоли).
Неорганічні сульфати	-	Роздратування дихальних шляхів.
Аліфатичні вуглеводні (C ₁₄ – C ₃₅)	-	-

Полядерні ароматичні вуглеводні (4 кільця і більше) (наприклад, пірен, бензо(а)пірен)	Нітро - полядерні ароматичні вуглеводні (4 кільця і більше), нітро- полядерні ароматичні вуглеводні -лактони	Найбільші полядерні ароматичні вуглеводні є основними джерелами канцерогенів у викидах під час спалювання. Багато нітро - полядерних ароматичних вуглеводнів є сильнодіючими мутагенами і канцерогенами.
Нітро- Полядерні ароматичні вуглеводні (3 кільця і сморчок (наприклад, нітропірени)	Гідроксильовані нітропохідні	Багато нітро - полядерних ароматичних вуглеводнів є сильнодіючими мутагенами і канцерогенами. Деякі продукти реакції є мутагенними для бактерій (аналіз Еймса).

Вплив дизельного палива на змочуваність ґрунту

Щоб надати оцінку впливу дизельного палива на ґрунт проведено огляд його впливу на змочуваність ґрунту.

Таблиця 4.2

Підготовка ґрунту до експерименту

Назва аналізу	Кількість ґрунту	Кількість дизельного палива
AYe	200г	10г ДТ (5%)
AYe	200г	30г ДТ (15%)
AEL	200г	10г ДТ (5%)

AEL	200г	30г ДТ (15%)
Ehi	200г	10г ДТ (5%)
Ehi	200г	30г ДТ (15%)
E	200г	10г ДТ (5%)
E	200г	30г ДТ (15%)

Змочуваність оцінюється тим, як ґрунт вбирає каплю води за певний час.

Якщо ґрунт вбирає каплю протягом 24 – х годин, то це говорить про його слабку змочуваність.

Таблиця 4.3

Отримані дані з експерименту

Назва ґрунту	Час вбирання води	Ступінь змочуваності
AYe чистий ґрунт	0,9 с	Сильна змочуваність ґрунту
AYe (5%) ДТ	± 24 години	Слабка змочуваність ґрунту
AYe (15%) ДТ	> 24 годин	Зовсім відсутня змочуваність ґрунту
AEL чистий ґрунт	0,8 с	Сильна змочуваність ґрунту
AEL (5%) ДТ	± 24 години	Слабка змочуваність ґрунту
AEL (15%) ДТ	>24 годин	Зовсім відсутня змочуваність ґрунту
Ehi чистий ґрунт	0,7 с	Сильна змочуваність ґрунту

Ehi (5%) ДТ	± 24 години	Слабка змочуваність ґрунту
Ehi (15%) ДТ	>24 годин	Зовсім відсутня змочуваність ґрунту
Е чистий ґрунт	0,7 с	Сильна змочуваність ґрунту
Е (5%) ДТ	± 24 години	Слабка змочуваність ґрунту
Е (15%) ДТ	>24 годин	Зовсім відсутня змочуваність ґрунту

Аналіз ґрунту показав що всі зразки з забрудненням 5% дизельним паливом показують слабку змочуваність.

Зразки з забрудненням ґрунту в кількості 15% дизельного палива показали, що в них пішло більше доби на вбирання води.

Тобто забруднення дизельного палива призводить до того, що ґрунт критично втрачає взаємозв'язок з водою, та стає гідрофобною.

Для розрахунку данні щодо температури повітря та її вологості взяті в таблиці 4.4, яка надана в додатку 1. Транспортний засіб тягач аеродромний БелАЗ-6411 з таблиці 4.5 в додатку 2.

4.3. Визначення кількості викидів основних компонентів дизельного двигуна

Середньорічна температура повітря – 7 °С

Середній атмосферний тиск – 750 мм рт. ст.

Середньорічна вологість повітря – 6,2 г води/кг повітря.

Контроль токсичності за другим технічним обслуговуванням (ТО – 2) –
 $U_c = 0,5$

Визначаємо середній вік автомобілів

$$\tau_{cp} = \frac{2*14+3*13+2*10+1*7}{8} = 12 \text{ (років)}$$

Розрахунковий рік для «середнього» автомобіля:

$$2021 - \tau_{cp} = 2021 - 12 = 2009$$

За рис. 4.1. визначаємо коефіцієнт впливу віку автомобілів за $\tau_{cp} = 12$

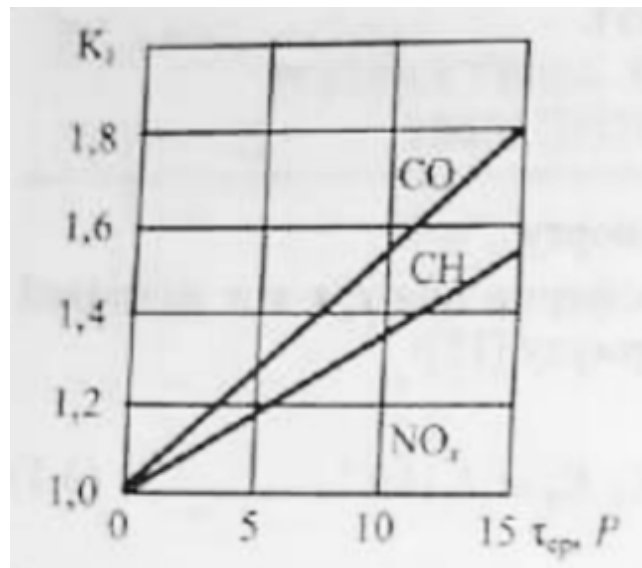


Рис. 4.1. Коефіцієнт впливу віку парку

$$K_{1CO} = 1,65; K_{1C_xH_y} = 1,42; K_{1NO_x} = 1,0$$

За рис. 4.2. визначаємо коефіцієнт впливу середньорічної температури повітря за $t_{cp} = 7^\circ C$

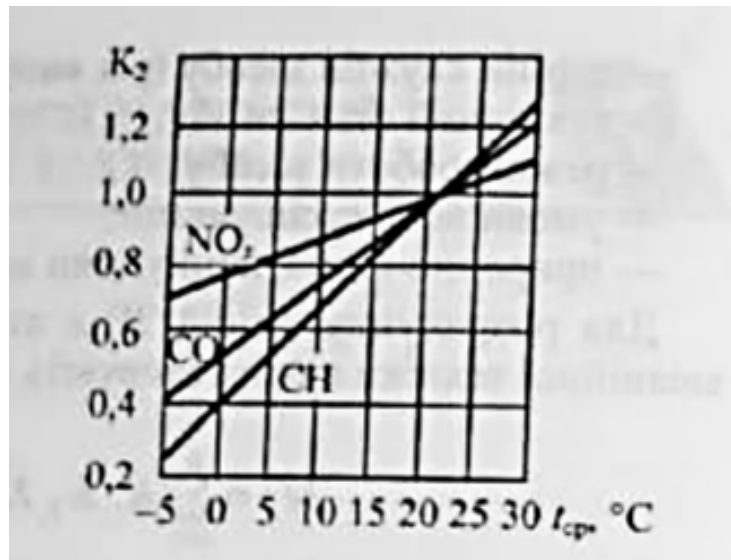


Рис. 4.2. коефіцієнт впливу середньорічної температури повітря

$$K_{2_{CO}} = 0,69; K_{2_{C_xH_y}} = 0,65; K_{2_{NO_x}} = 0,82$$

За рис. 4.3. визначаємо коефіцієнт впливу середнього атмосферного тиску за $P = 750$ мм рт. ст.

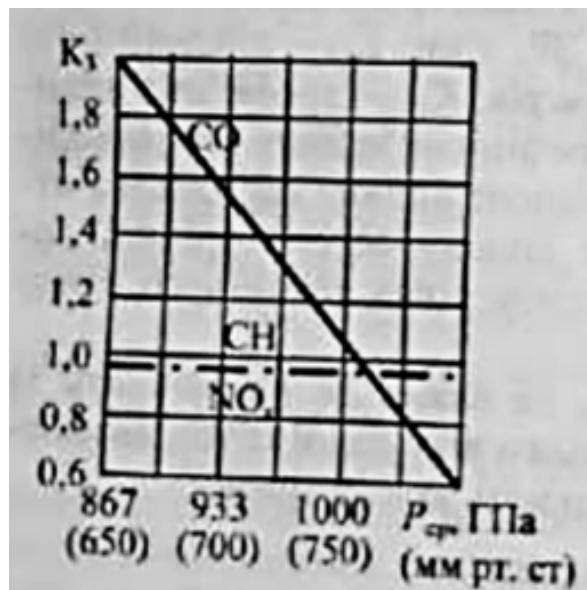


Рис. 4.3. Коефіцієнт впливу середнього атмосферного тиску

$$K_{3\text{CO}} = 1,02; K_{3\text{C}_x\text{H}_y} = 1,0; K_{3\text{NO}_x} = 1,0$$

За рис. 4.4. визначаємо коефіцієнт впливу середньорічної вологості повітря за $a = 6,2$ г води/кг повітря.

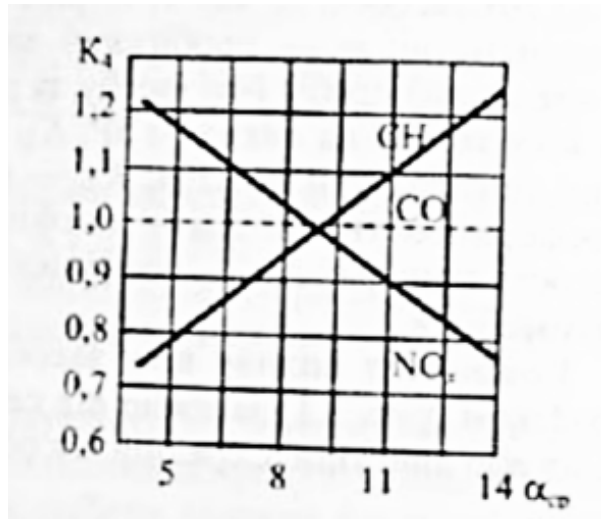


Рис. 4.4. Коефіцієнт впливу середньорічної вологості повітря

$$K_{4\text{CO}} = 1,0; K_{4\text{C}_x\text{H}_y} = 0,87; K_{4\text{NO}_x} = 1,08$$

Оскільки в нашому випадку коефіцієнт впливу середньотехнічної швидкості руху засобів входить в групу I, тоді:

$$K'_{\text{CO}} = 0,9; K'_{\text{C}_x\text{H}_y} = 0,95; K'_{\text{NO}_x} = 1,0$$

Сумарний річний пробіг усіх тягачів:

$$L_g = 2200 + 2800 + 1400 + 800 = 7200 \text{ (км)}$$

Розрахунковий пробіг тягачів, буде:

$$\text{для CO: } L_{CO} = L_g * K_{CO} = 7200 * 0,9 = 6\,480$$

$$\text{для C}_x\text{H}_y : L_{C_xH_y} = L_g * K_{C_xH_y} = 7200 * 0,95 = 6\,840$$

$$\text{для NO}_x : L_{NO_x} = L_g * K_{NO_x} = 7200 * 1,0 = 7200$$

Викид шкідливих речовин:

$$M_{CO} = 1,65 \cdot 0,69 \cdot 1,02 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 6\,480 \cdot 10^{-3} = 6,773 \text{ (кг/рік)}$$

$$M_{C_xH_y} = 1,42 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 0,87 \cdot 0,95 \cdot 6\,840 \cdot 10^{-3} = 5,218 \text{ (кг/рік)}$$

$$M_{NO_x} = 1,0 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot 7200 \cdot 10^{-3} = 6,376 \text{ (кг/рік)}$$

Загальна кількість речовин, яка була викинута у повітря автомобілем, буде становити:

$$M_{\text{заг}} = M_{CO} + M_{C_xH_y} + M_{NO_x} = 6,773 + 5,218 + 6,376 = 18,367 \text{ (кг/рік)}$$

Висновки:

Отже, основними компонентами при використанні дизельного палива, що негативно впливають на навколишнє середовище є діоксид вуглецю, оксид азоту, насичені вуглеводні.

РОЗДІЛ 5

Охорона праці

Існує низка загальних правил, виконувати які зобов'язаний кожен хто працює в лабораторії. Не можна працювати у хворобливому стані, при поганому самопочутті, а також при сильній втоми. Перед тим як розпочати роботу необхідно заздалегідь вивчити властивості використовуваних та синтезованих речовин.

Кожен працюючий у лабораторії повинен знати, де перебувають у лабораторії засоби протипожежного захисту (вогнегасники, ящик з просіяним піском, азбестова ковдра) та аптечка з медикаментами, необхідними для надання першої допомоги (розчини перманганату калію, борної кислоти, гідрокарбонату натрію і т. д.). Кожен працівник лабораторії залежить від виду проведених робіт повинен мати у своєму користуванні кошти індивідуального захисту (окуляри, маска для захисту очей та обличчя, респіратор, протигаз, гумові рукавички), а також спецодяг (халат, гумовий фартух).

5.1. Робоче місце

Об'єм приміщення, за вимогами до виробничих будівель, відповідає нормативам. Обсяг виробничих приміщення на одного працюючого має становити не менше 15 м³, а площа приміщень – не менше 4,5 м². [33]

Експериментальні роботи проводились в лабораторії, яка оснащена всім необхідним для безпечного проведення експериментів. А точніше, місце проведення відбувалося у Національному Авіаційному Університеті, в 12 корпусі.

В лабораторії кожне робоче місце зроблено з витяжними шафами, для роботи лаборанту надаються захисні рукавиці та окуляри, в залежності від речовин з якими буде необхідно працювати надаються додаткові захисні речі.

В лабораторії розташовані спеціальні шафи для зберігання хімічних реагентів які будуть необхідні для використання під час роботи.

Експериментальна частина проводилась в різних місцях в залежності від необхідної установки, яка була необхідною на момент експерименту.

Експериментальна частина з проведенням роботи на перевірку в'язкості проводилась в лабораторії 110, де в витяжній шафі знаходилось все необхідне для роботи, а точніше баня для вимірювання в'язкості. Так само проводились інші вимірювання в даній лабораторії, в ній розміщено три витяжні шафи, в кожній знаходилось необхідне обладнання, окрім того у витяжній шафі достатньо вільного місця для необхідного розставлення посуду яке було необхідним для проведення роботи. Окрім витяжних шаф, в лабораторії розташовані столи для більшої просторості під час роботи.

Також в лабораторії є необхідні вогнегасники, оскільки експерименти проводяться в хімічній лабораторії, за правилами безпеки там знаходяться не тільки пінні вогнегасники, а також вуглекислотні та порошкові. Та асбестове полотно, воно також як і вогнегасники знаходиться в кожній з лабораторій.

Кожна лабораторія розміщує в собі три робочих місця, кожне з яких оснащено витяжними вентиляціями. Приміщення обладнанні шафами та полицями, з урахувань необхідних вимог до площі приміщень, для зберігання посуду, який необхідний для багатьох експериментальних робіт.

Кожні дві лабораторії поєднанні між собою однією прохідною кімнатою, які необхідні для зберігання документацій, зони особистої роботи та відпочинку лаборанта який там працює. При роботі над експериментальною частиною кожного студента в лабораторії супроводжує лаборант, також це необхідно для надання допомоги в екстрених ситуаціях.

Лабораторії мають необхідне оснащення для обігрівання робочих приміщень в холодні пори року.

В лабораторіях для загального освітлення використовуються лінійні люмінісцентні лампи типу ЛБ, які відповідають стандартам.

Робота з скляним посудом

Переважає частина робіт у сучасних хімічних лабораторіях пов'язана з використанням скляного посуду, апаратів та приладів.

З точки зору техніки безпеки, скло має низку серйозних недоліків, основні з яких - крихкість та невисока стійкість до різких перепадів температури. Категорично забороняється використання посуду, має тріщини та відбиті краї. Характер робіт повинен суворо відповідати марці скла, з якого виготовлено лабораторний посуд.

За жодних обставин не можна допускати нагрівання рідин у закритих колбах або приладах, які не мають сполучення з атмосферою. Лапки та кільця, призначені для закріплення скляних приладів обов'язково повинні мати м'які гумові прокладки на поверхнях, що стикаються зі склом.

Використання шліфових з'єднань без мастила, як правило, не допускається. Мастило не тільки підвищує герметичність з'єднання, а й зменшує можливість заклинювання шліфів.

Засоби та способи гасіння пожеж та загоряння.

До вогнегасних засобів відносяться різні вогнегасники, азбестове полотно, а також водопровідна вода. В умовах лабораторії, при надзвичайній кількості різноманітних горючих речовин з різними властивостями, особливо важливо правильне та своєчасне застосування засобів гасіння вогню.

У хімічній лабораторії рекомендується використовувати вуглекислотні, порошкові та пінні вогнегасники [34].

Вуглекислотний вогнегасник, заповнений зрідженим діоксидом вуглецю під тиском, має бути у кожному лабораторному приміщенні, незалежно від інших засобів вогнегасіння.

Вогнегасники порошкового типу містять спеціальні порошкові складки, що являють собою тонко подрібнені мінеральні солі з різними добавками, які перешкоджають спостереженню та комкуванню порошоків. Усі працівники

лабораторії повинні знати, яким складом заряджені порошкові вогнегасники, що є в лабораторії.

Корпус пінного вогнегасника заповнений водяним розчином бікарбонату натрію з добавкою поверхнево-активної речовини. Пінні вогнегасники не можна застосовувати в приміщеннях, де проводяться роботи з речовинами, здатними реагувати з водою з вибухом, із виділенням горючих чи їдких газів чи великої кількості теплоти.

Для гасіння невеликих вогнищ полум'я завжди можна взяти воду у найближчому водопровідному крані. За потреби подачі великої кількості води користуються внутрішнім пожежним водопроводом.

Асбестове полотно - ефективний засіб при гасінні одягу, що горить. Асбестове полотно має бути у доступному місці у кожному лабораторному приміщенні.

Недооцінка небезпеки ураження персоналу хімічної лабораторії електричним струмом призводить до зневажливого ставлення до правил техніки безпеки. Особлива небезпека обумовлена можливістю на електрообладнання хімічно активного середовища.

Необхідний рівень електробезпеки може бути досягнутий лише при проведенні комплексу взаємопов'язаних заходів, спрямованих не лише на вдосконалення захисних засобів та підвищення надійності електрообладнання, але також на навчання працівників правилам безпечної роботи з електричними приладами та підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Витяжна вентиляція

Виведення залишків хімічних матеріалів, з якими працюють спеціаліст - це основна вимога. Існують різні види лабораторій. Вони відрізняються за специфікою та видами, що використовуються в роботі речовин. У хімічних використовуються хімічні сполуки, часто дуже шкідливі та небезпечні для людини. У бактеріологічних досліджують віруси та бактерії, при зараженні якими можливий летальний кінець. Тому до вентиляції особливе відношення

незалежно від типу лабораторії. Крім того, такі специфічні приміщення оснащені великою кількістю енергоємного обладнання. Під час роботи воно виділяє багато теплової енергії та підвищує рівень вологості. Вентиляція повинна відводити тепло та вологу, щоб підтримувати оптимальну температуру та створювати комфортний для роботи мікроклімат.

При проектуванні має бути враховано розташування обладнання та лабораторних шаф. Відбір повітря з приміщень повинен проводитися як у нижньому, і верхньому рівнях.

Система вентиляції повинна вмикатися за 30 хвилин до початку роботи лабораторії. Необхідно видалити можливі залишкові процеси та забезпечити приплив свіжого повітря.

Усі вікна повинні бути з можливістю відчинити. Потрібно для вживання екстрених заходів при раптовій поломці вентиляції (не завжди), а також для періодичних провітрювань приміщень при прибираннях.

Вентиляційна шафа

Що стосується лабораторних шаф, в яких проводяться експерименти, то швидкість повітря в них, що всмоктує в межах 0,5-0,9 м/с. Це оптимальний параметр, який гарантує, що речовини, що випробовуються або вносяться в процесі експерименту, просто не віднесе у вентиляційний повітропровід.

Якщо всередині шафи проводяться експерименти зі шкідливими речовинами, швидкість повітряного потоку можна збільшити до 1,2 м/с.

5.2. Розрахунок освітлення

Кількість світильників з люмінісцентними лампами [36]

$$N = S / LM \quad (5.1)$$

S – площа приміщення, а = 20 м; в = 10 м;

M – відстань між паралельними рядами, 3 м.

$$L = 1,75 \cdot H = 1,75 * 5 = 8,75 \quad (5.2)$$

$$N = \frac{200}{8,75 \cdot 3} = 8$$

Розрахунок світлового потоку

$$\Phi_{\text{л. расч.}} = E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot K / N \cdot \eta, \quad (5.3)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормована мінімальна освітленість, 300;

Z – коефіцієнт мінімального освітлення; $Z = E_{\text{ср}} / E_{\text{мін}}$, для люмінесцентних ламп $Z = 1,1$;

K – коефіцієнт запасу, 1,5;

η - коефіцієнт використаного світлового потоку ламп.

Показник приміщення

$$i = S / H \cdot (A+B)$$

$$i = \frac{200}{5 \cdot (20+10)} = 1,3$$

Таблиця 5.1.

Значення коефіцієнту використаного світлового потоку

Показник приміщення	1	2	3	4	5
Коефіцієнт використаного світлового потоку	0,28...0,46	0,34...0,57	0,37...0,62	0,39...0,65	0,40...0,66

За таблицею 5.2. приймаємо коефіцієнт використаного світлового потоку ламп $\eta = 0,3$

Тоді за формулою (5.3) розраховуємо

$$\Phi_{\text{л. расч.}} = E_{\text{н}} \cdot S \cdot Z \cdot K / N \cdot \eta = 300 \cdot 200 \cdot 1,1 \cdot 1,5 / 8 \cdot 0,3 = 41\,250 \text{ (лм)}$$

За таблицею 5.2, яка наведена в додатку 3, обираємо лампу ЛБ-80, у якої світловий потік складає 5220 (лм).

Для того щоб отримати необхідний для нас, світловий потік в одному світильнику повинно бути 7 ламп ЛБ-80.

Тобто необхідна кількість світильників для освітлення загалом вийшла дорівнюючи 8.

Перевіримо вірність отриманих розрахунків

$$\Phi_{\text{л. роз.}} = (0,9 \dots 1,2) \cdot \Phi_{\text{л. табл.}} \quad (5.5)$$

$\Phi_{\text{л. роз.}}$ – розрахований світловий потік, лм;

$\Phi_{\text{л. табл.}}$ – світловий потік, визначений за таблицею 5.2., лм.

Переробивши формулу (5.5), отримаємо:

$$\Phi_{\text{л. роз.}} / \Phi_{\text{л. табл.}} = (0,9 \dots 1,2)$$

В нашому випадку:

$$\Phi_{\text{л. роз.}} / \Phi_{\text{л. табл.}} = 41\,250 / 5220 \cdot 7 = 1,13$$

Тобто отриманні розрахунки задовольняють умови

Споживана потужність, Вт, освітлювальної установки визначається за формулою:

$$P = p \cdot N \cdot n \quad (5.6.)$$

де p – потужність лампи, Вт;

N – кількість світильників;

n – число ламп в світильнику.

Отже, ми отримаємо:

$$P = 80 \cdot 8 \cdot 7 = 4\,480 \text{ Вт}$$

Висновки до розділу:

При роботі в будь якій сфері є своя небезпека. Для того щоб забезпечити безпечну працю на кожній роботі є свої правила, але також існують норми не тільки роботи але й норми приміщень, які забезпечують нормальну роботу.

Враховуючи тематику роботи для праці над експериментами крім освітлення головним фактором також є витяжна вентиляція, як вже було розглянуто в описі робочого місця, можна сказати що дана лабораторія повністю відповідає нормам.

За розрахунками освітлення визначили які саме необхідні лампи для світильників в приміщенні для проведення експериментальних робіт, також визначили необхідну їх кількість, та можемо зазначити що розрахунки задовольняє умови роботи при такому освітленні.

ВИСНОВКИ

1. Провівши аналіз наукових джерел щодо особливостей застосування біодизельних палив на рослинних олій, можна сказати що у всіх проведених розрахункових та експериментальних випробуваннях було показано що за рахунок додавання біокомпонента до дизельного палива суттєво покращує показники паливної економічності двигуна та зменшує токсичність. В роботі показано, що біодизельне паливо екобезпечне, оскільки воно біологічно розкладається та має високу температуру спалаху, порівняно з нафтовим дизельним паливом.
2. За розглянутими методами дослідження в роботі проведено аналізування теоретичного та практичного матеріалу. Розглянута концентрація присадки, за якої надається вплив на досліджуване паливо. Розроблений план проведення роботи та експериментального дослідження, подані методи дослідження охарактеризовують принцип роботи з досліджуваними речовинами.
3. Результати проведених експериментальних досліджень дозволяють розглядати ріпакову олію як біодобавку до традиційного палива в концентрації 5-20%. Виходячи з отриманих даних табл. 3.4 та табл. 3.5 біодобавку слід застосовувати в суміші з дизельним паливом та присадкою, в концентрації не більше 20%. При проведенні обводнення біодобавки був замічений великий вплив на корозійну стійкість, що говорить про необхідність герметичності при зберіганні.

Список бібліографічних посилань

1. Biodiesel: an Alternative to Conventional Fuel / 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials / Energy Procedia 16 (2012) 1874 – 1885
2. Dorado, M.P., Ballesteros, E.A., Arnal, J.M., Gomez, J., Lopez, F.J. 2003. Exhaust emissions from a diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. Fuel 82:1311–1315
3. Zhang, X. 1996. Biodegradability of biodiesel in the aquatic and soil environments. Ph.D. dissertation, Department of Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho, Moscow, ID.
4. Ewing, M., Msangi, S.. Biofuels production in developing countries: assessing tradeoffs in welfare and food security. /Environ Sci Policy , 2009, 12, 520–8.
5. Knothe, G., Sharp, C.A., Ryan, T.W. 2006. Exhaust emissions of biodiesel, petrodiesel, neat methyl esters, and alkanes in a new technology engine. Energy Fuels 20:403–408.
6. Mudge, S.M., Pereira, G. 1999. Stimulating the biodegradation of crude oil with biodiesel preliminary results. Spill Sci Technol Bull 5:353–355.
7. Mittelbach, M., Remschmidt, C. 2004. Biodiesels–The Comprehensive Handbook. KarlFranzens University Press, Graz, Austria.
8. Матвєєва О.Л. Проблеми надійності авіаційних паливних систем під час використання палив з підвищеною температурою початку кристалізації //Проблеми хімотології //Теорія та практика використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів /за заг. ред. проф. С.В. Бойченко. // Монографія. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – Розд. IV. – С. 330-333. Режим доступу: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39106>.

9. Prakash, C.B. 1998. A critical review of biodiesel as a transportation fuel in Canada. A Technical Report. GCSI – Global Change Strategies International, Canada
10. Demirbas, A. 2006. Global biofuel strategies. *Energy Edu Sci Technol* 17:27–63
11. Everything you ever wanted to know about biodiesel. Режим доступа: <https://blog.ucsusa.org/jeremy-martin/all-about-biodiesel/>
12. Malins, K., V. Kampars, and R. Kampare, et al. 2014. Properties of rapeseed oil fatty acid alkyl esters derived from different alcohols. *Fuel* 137: 28–35.
13. Lee, I., L. A. Johnson, and E. G. Hammond. 1995. Use of branched-chain esters to reduce the crystallization temperature of biodiesel. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 72: 1155–1160.
14. Canakci, M. and J. van Gerpen. 2001. Biodiesel production from oils and fats with high free fatty acids. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 44: 1429–1436.
15. Knothe, G. and K. R. Steidley. 2005a. Kinematic viscosity of biodiesel fuel components and related compounds. Influence of compound structure and comparison to petrodiesel fuel components. *Fuel* 84: 1059–1065.
16. Lopes, J. C. A., L. Boros, and M. A. Krahenbuhl, et al. 2008. Prediction of cloud points of biodiesel. *Energy and Fuels* 22: 747–752.
17. Shahabuddin, M., M. A. Kalam, H. H. Masjuki, M. M. K. Bhuiya, and M. Mofijur. 2012. An experimental investigation into biodiesel stability by means of oxidation and property determination. *Energy* 44: 616–622.
18. Review Article Factors Affecting the Cold Flow Behaviour of Biodiesel and Methods for Improvement – A Review / *Pertanika J. Sci. & Technol.* 20 (1): 1 – 14 (2012)

19. Dodos, G. S., F. Zannikos, and S. Stournas. 2009. Effect of metals in the oxidation stability and lubricity of biodiesel fuel. SAE Technical Paper 2009-01-1829
20. Chupka, G. M., L. Fouts, and R. L. McCormick. 2012. Effect of low-level impurities on lowtemperature performance properties of biodiesel. *Energy & Environmental Science* 5: 8734–8742.
21. Basha, S. A., Gopal, K. R., & Jebaraj, S. (2009). A review on biodiesel production, combustion, emission and performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 1628–1634.
22. Balat, M., & Balat, H. (2010). Progress in biodiesel processing. *Applied Energy*, 87, 1815–1835.
23. Smith, P. C., Ngothai, Y., Nguyen, Q. D., & O'Neill, B. K. (2010). Improving the low-temperature properties of biodiesel: Methods and consequences. *Renewable Energy*, 35, 1145–1151.
24. Knothe, G., Dunn, R. O., Shockley, M. W., & Bagby, M. O. (2000). Synthesis and characterization of some long-chain diesters with branched or bulky moieties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77(8), 865–871.
25. Ming, T. C., Ramli, N., Lye, O. T., Said, M., & Kasim, Z. (2005). Strategies for decreasing the pour point and cloud point of palm oil products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107, 505–512. Misra, R. D., & Murthy, M. S
26. Ryu, K. (2010). The characteristics of performance and exhaust emissions of a diesel engine using a biodiesel with antioxidants. *Bioresource Technology*, 101, 578–582.
27. Матвеева О.Л., Трач Н.І. Екологічні властивості біодизельного палива/ В кн.: Екологічна безпека енергетики та промисловості. Київ: 2021. с. 16.

28. О.Л. Матвеева. Методологія та організація наукових досліджень: навч. посібник / Матвеева О.Л., Тихенко О.М., Трофімов І.Л. - К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2018. – 196 с.
29. О. Матвеева. Потенціал та перспективи вітчизняного виробництва біопалива на основі біомаси мікрободоростей /О. Матвеева, А. Кустовська, А. Шипілова //Наукоємні технології. 2021. Т.49. №1. С. 84-91. Режим доступу до журналу: <http://jrnl.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/15184>. DOI: 10.18372/2310- 5461.49.15184. (Index Copernicus)
30. CARB, 1998. “Proposed Identification of Diesel Exhaust as a Toxic Air Contaminant”, Report by the Staff of the California Air Resources Board and the Office of Environmental Health Hazard Assessment, April 22, 1998. Режим доступу: <http://www.arb.ca.gov/regact/diesltac/diesltac.htm>
31. WHO, 1996. “Diesel Fuel and Exhaust Emissions: Environmental Health Criteria 171”, World Health Organization, Geneva.
32. HEI, 1995. “Diesel Exhaust: A Critical Analysis of Emissions, Exposure, and Health Effects”, Health Effects Institute, Cambridge, MA, April 1995. Режим доступу: <https://www.healtheffects.org/publication/diesel-exhaust-critical-analysis-emissions-exposure-and-health-effects>
33. СН245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. - М.: 1971.
34. НАПБ Б.01.008- 2004. Правила експлуатації вогнегасників (1724)
35. Ісаєнко В.М., Криворотько В.М., Франчук Г.М. Екологія та охорона навколишнього середовища/ Дипломне проектування. Книжне видавництво НАУ/ Київ: 2005.
36. Русаловський А.В. Основи охорони праці/Завдання та методичні матеріали/ Київ: 2006.

Додаток 1

Таблиця 4.4

Середньорічні значення температури, вологості, тиску атмосферного повітря для аеропортів різних кліматичних зон [35]

№	Назва аеропорту	Середньорічна температура	Середньорічний атмосферний тиск	Середньорічна вологість повітря, г води/м ³ повітря
1	Адлер (Сочі)	13	760	8,8
2	Алмати	7	695	6,0
3	Архангельськ	0	760	4,6
4	Ашхабад	16	745	6,9
5	Бішкек	10	700	6,0
6	Владивосток	4	750	6,0
7	Донецьк	7	740	6,2
8	Єреван	11	690	6,0
9	Іркутськ	-1	730	4,5
10	Київ	7	750	6,2
11	Кишинів	9	760	6,9
12	Львів	7	735	6,2
13	Магадан	-5	755	3,6
14	Мінськ	5	745	6,0
15	Москва	3	745	5,0
16	Мурманськ	0	760	4,4
17	Новосибірськ	0	750	5,6
18	Одеса	10	760	7,5
19	Ростов-на-Дону	9	750	7,1
20	С.-Петербург	3	750	6,0
21	Таллінн	5	760	6,0

22	Ташкент	14	730	6,7
23	Тбілісі	12	720	7,6
24	Тюмень	1	750	4,3
25	Хабаронськ	2	750	5,9
26	Харків	7	750	6,2
27	Якутськ	-10	750	3,5

Додаток 2

Таблиця 4.5

Групи наземної авіаційної техніки, що викидають шкідливі речовини в атмосферне повітря [35]

№	Назва і тип засобу	Тип основного двигуна	Тип допоміжного приводного двигуна	Тип палива осн./доп.	Норма витрати палива	
					На 1 год роботи двигуна л/год	На 100 км пробігу, д/100 км
Група I						
1	Тягач аеродромний БелАЗ-6411	ДІ2А-375, дизель	—	ДП	30,0	131,0
2	Тягач аеродромний БелАЗ-7421	ДІ2А-525, дизель	—	ДП	32,0	162,0
3	Тягач аеродромний БелАЗ-74211	ЯМЗ-84421, дизель	—	ДП	—	130,0
4	Тягач аеродромний F-356	Deultsh 12 L 413, дизель (Німеччина)	—	ДП	—	130,0

Технічні дані люмінісцентних ламп

Назва	Напруга на лампі, В	Потужність, Вт	Габарити, мм		Середній строк служби, ч	Світловий потік, лм	Тип цоколя
			В	А			
ЛБ-4	29	4	150	16	6000	120	G5d
ЛБ-6	42	6	226	16	6000	250	G5d
ЛБ-8	56	8	302	16	6000	385	G5d
ЛБ-13	95	13	531	16	6000	780	G5d
ЛБ-15	55	15	451	26	6000	800	G13d
ЛБ-18	57	18	604	26	12000	1060	G13d
ЛД-18	57	18	604	26	12000	850	G13d
ЛБ-20	57	20	604	38	12000	1060	G13d
ЛД-20	57	20	604	38	12000	960	G13d
ЛДЦ-20-2	57	20	604	32	12000	860	G13d
ЛБ-20-2	57	20	604	32	12000	1060	G13d
ЛД-20-2	57	20	604	32	12000	960	G13d
ЛБ-30	96	30	895	26	10000	2020	G13d
ЛБ-36	103	36	1214	32	12000	2800	G13d
ЛД-36	103	36	1214	32	12000	2300	G13d
ЛБ-40	103	40	1214	38	12000	3000	G13d
ЛД-40	103	40	1214	38	12000	2300	G13d
ЛБ-40-2	103	40	1214	32	12000	3000	G13d

Назва	Напруга на лампі, В	Потужність, Вт	Габарити, мм		Середній строк служби, ч	Світловий потік, лм	Тип цоколя
			В	А			
ЛД-40-2	103	40	1214	32	12000	2300	G13d
ЛБ-65	110	65	1514	40	12000	4600	G13d
ЛД-65	110	65	1514	40	12000	3750	G13d
ЛБ-80	99	80	1514	40	12000	5220	G13d
ЛД-80	99	80	1514	40	12000	4250	G13d
ЛБУ-30	96	30	465	82	15000	2000	2G13d
ЛБК-22	62	22	203	34	7500	1050	G10d
ЛБК-32	81	32	298	34	7500	1900	G10d
ЛБК-40	110	40	400	34	7500	2600	G10d
КЛС9/ТБЦ	220	9	150	85	5000	600	E27
КЛС13/ТБЦ	220	13	160	85	5000	900	E27
КЛС18/ТБЦ	220	18	170	85	5000	1200	E27
КЛ-7	45	7	135	28	5000	400	G23
КЛ-9	60	9	167	28	5000	600	G23
КЛ-11	90	11	235	28	5000	900	G23
КЛ-18	60	18	235	39	5000	1200	G23
ЛЭ-15	54	15	452	28	5000	—	G13d
ЛЭ-30	104	30	909	28	5000	—	G13d
ЛЭР-40	103	40	1214	40	3000	—	G13d
ЛУФ-15	55	15	438	26	4000	—	G13d

Назва	Напруга на лампі, В	Потужність, Вт	Габарити, мм		Середній строк служби, ч	Світловий потік, лм	Тип цоколя
			В	А			
ЛУФТ-4	29	4	150	16	1000	—	G5d
ЛУФТУ-8	61	8	146	16	1000	—	G5d
ЛУФК-22	60	22	216	34	5000	—	G10d
ЛУФК-32	82	32	311	34	5000	—	G10d
КЛ9/УФ	60	9	167	28	2000	—	G23