Вимоги до змісту та оформлення домашнього завдання

ЗРАЗОК

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімії і хімічної технології

Домашнє завдання

з дисципліни «Методологія наукових досліджень»

на тему: «Використання біопалив у засобах транспорту»

Виконала:

студентка групи 101-М ФЕБІТ

Вовк Ю. О.

Перевірила:

к.т.н., професор Матвєєва О.Л.

Київ – 2019

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ 3

ВСТУП.....4

Розділ 1. МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....6

Розділ 2. ЧОРНИЙ ЯЩИК.....10

Розділ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІННИХ ФАКТОРІВ.....11

Розділ 4. СХЕМА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....12

Розділ 5. ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ.....14

Розділ 6. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ.....18

Розділ 7. НАУКОМЕТРИЧНІ БАЗИ ДАНИХ.....21

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....23

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ,СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

ПС – паливна система.
ДВЗ - двигун внутрішнього згоряння.
ДП – дизельне паливо.
Біо ДП – біодизельне паливо.
ТЗ – транспортний засіб.
EEPO – етиловий ефір рослинної олії.
SME – метиловий ефір соєвої олії.
RME - метиловий ефір ріпакової олії.

ВСТУП

Як відомо, запаси природних енергоресурсів скінченні і задовольнити потреби людства в нафтовій сировині через 50 років буде проблематично. Стан навколишнього середовища теж є незадовільним через велику кількість антропогенних викидів. Населення, кількість якого досить швидко зростає потребує екологічно чистих джерел енергії, виробництво яких, у свою чергу, призводить до появи нових технологій, вдосконалення вже існуючих у різних галузях людської діяльності. Сьогодні існує проблема забезпечення енергоносіями, що в першу чергу впливає на розвиток країни, в цілому оскільки порушується робота деяких сфер життєдіяльності. Транспортна сфера, без якої сучасна людина не може обійтися для задоволення потреб своїх, також не є винятком.

Тому існує нагальна проблема пошуку та впровадження в експлуатацію альтернативи екологічно шкідливим паливам. Їх використання не повинно завдавати проблем, зокрема у технічному забезпеченні автотранспорту, тобто не потребувати кардинальної технічної зміни паливної системи (ПС). Також палива мають мати задовільні протизносні властивості,які залежать від певних фізико-хімічних показників.

Для зменшення впливу транспортної галузі на екологію були винайдені нові типи транспортних засобів, розроблені нові види палива. Так одним із перспективних напрямків роботи в паливно-промисловому комплексі є виробництво біопалив таких як біоетанол, біогаз, біодизель.

Саме тому актуальні наукові дослідження і практичні дії, спрямовані на пошуки альтернативних видів палива, способів їх отримання та ефективного використання.

Впровадження нових видів палива має супроводжуватися поданням детальних рекомендацій щодо особливостей експлуатації та обслуговування, а також інформації про екологічні показники.

Мета роботи – проаналізувати техніко-експлуатаційні показники роботи дизельного двигуна на біопаливі та його сумішах з дизельним паливом.

Для досягнення сформованої мети наукового дослідження вирішувався комплекс таких завдань:

1. Дослідити взаємодію біопалив з паливною системою транспортного засобу враховуючи його властивості.
2. Проаналізувати експлуатаційні властивості біопалива.
3. Дослідити доцільність використання біопалив для автотранспорту
4. Проаналізувати способи використання біпалив у існуючих ДВЗ

Об'єкт дослідження – взаємодія біопалива з паливною системою транспортного засобу, зношення паливної системи транспортного засобу.

Предмет дослідження – біопалива, експлуатаційні властивості; фізико-хімічні властивості: вязкість, кислотність, зольність, густина.

Методи дослідження – узагальнення, аналіз, аналогія, вимірювання, експеримент, порівняння, абстрагування, ранжування, статистичний, аксіоматичний.

Ключові слова: БІОПАЛИВО, БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, БІОКОМПОНЕНТ, СУМІШІ, ДОСЛІДЖЕННЯ, В'ЯЗКІСТЬ, ЗОЛЬНІСТЬ, КИСЛОТНІСТЬ, МІКРОБІОЛОГІЧНЕ УРАЖЕННЯ.

Розділ 1. МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наукове дослідження – один з видів пізнавальної діяльності, який являє собою процес вироблення нових наукових знань. Це цілеспрямоване пізнання, комплекс логічних побудов і експериментальних операцій, виконаних відносно об'єкта дослідження для визначення властивостей об'єкта і закономірностей його поводження.

Метою наукового дослідження є всебічне, об'єктивне і грунтовне вивчення явищ, процесів, їх характеристик, зв'язків на підставі розроблених у науці принципів і методів пізнання, а також отримання корисних для діяльності людини результатів, упровадження їх у виробництво для підвищення його ефективності.

При науковому дослідженні важливо враховувати все, концентруючи увагу на основних, ключових питаннях теми. Результати наукових досліджень тим кращі, чим вищий науковий рівень висновків, узагальнень, чим вища їх достовірність та ефективність[1].

Методологія — вчення про метод — сукупність прийомів дослідження, що застосовуються в науці; вчення про методи пізнання та перетворення дійсності. Основу методології складає мислення та світогляд, як операційне середовище самодисципліни та роботи з інформацією, моделями, алгоритмами. Методологія — вчення про метод діяльності як такий, включає принципи, методи діяльності і знання, що відображує їх.

Метод наукового дослідження – система інтелектуальних і (або) практичних операцій (процедур), які спрямовані на розв'язок певних пізнавальних задач з урахуванням певної пізнавальної мети. При виконанні дослідження були використані різні методи.

1.1. Узагальнення

Узагальнення основних експлуатаційних та фізико-хімічних властивостей нафтового дизельного палива та біопалива таких як в'язкість, кислотність, зольність, що впливають на зношення конструкційних матеріалів.

1.2. Абстрагування

Проаналізовано основні властивості дизельного та біодизельного палив та їх вплив на зношення деталей паливної системи. Застосування біопалива з в'язкістю 19мм2/с, зольністю 0,017% та вмістом біокомпоненту 50% може сприяти меншому зношенню паливної системи транспортного засобу. Паливо не має мати механічних домішок. Кислотність має бути 0,5 мг(КОН)/г.

1.3. Аналогія

Проведення порівняльного аналізу властивостей традиційного дизельного палива і біопалива з різним компонентним вмістом, таких як зольність, в'язкість, кислотність, що впливають на протизносні властивості.

1.4. Аналіз

Проводилися дослідження сумішевих палив з різним вмістом біокомпоненту. В результаті обробки інформації з наукових джерел та отриманих даних по визначенню впливу кожного показника, невідповідність якого призводить до зношення деталей визначено оптимальний склад сумішевого палива.

1.5. Ранжування

Ранжування як метод в дані роботі використовувався при аналізі обраних факторів експерименту. За допомогою цього методу кожному фактору було надано величину його впливу на процес зносу деталей при використанні біопалива і присвоєно певний ранг. Встановлено, що найбільше впливає вміст біокомпоненту, а найменше - мікробіологічне ураження.

1.6. Порівняння

Порівнюючи показники якості традиційних палив і біопалив можна визначити базові значення параметрів для отримання палив з найменшою здатністю до зношення деталей.

1.7. Статистичний метод

Полягає у використанні методів статистичного аналізу під час аналізу інформації що міститься в відповідних джерелах інформації а також, отриманої в результаті проведення експерименту.

1.8. Аксіоматичний

На протизносні властивості біопалива можуть впливати такі параметри як вміст біокомпоненту, в'язкість, зольність, кислотність, мікробіологічне ураження.

1.9. Вимірювання

Оцінювання показників якості дизельного і біодизельного палив та їх сумішей здійснюється за методами контролю якості кожного показника окремо згідно з чинною нормативною документацією. Були використані такі методи вимірювання як: метод капілярного витікання (віскозиметри);

титриметричні з потенціометричною та візуальною (фенолфталеїн, нафтолбензеїн) індикацією точки кінця титрування у неводному кислотно-основному титруванні лугами; метод визначення смол випарюванням струменем.

1.10. Експеримент

Експерементальні дослідження в сфері виробництва та застосування біопалив у транспортних засобах є важливими, оскільки вони дозволяють визначити оптимальні характеристики сумішевого палива для подальшогоо його використання в паливній системі, з найменшим зношенням деталей.

Експерементально за відповідними методиками визначають в'язкість, кислотність, зольність, густину та інші показники що нормуються. За отриманими даними за допомогою різних методів дослідження визначається оптимальний вміст біокомпоненту щоб показники сумішевого палива відповідали вимогам нормативних документів. Для біодизельного палива це співвідношення 50:50.

РОЗДІЛ 2. ЧОРНИЙ ЯЩИК

Планування експерименту може мати різноманітні завдання, за допомогою яких можна його вирішити. До них можна віднести пошук оптимальних умов, побудова інтерполяційних формул, вибір істотних факторів, оцінка та уточнення констант теоретичних моделей,вибір найбільш поширених науково-технічних завдань.

Найпростішою моделлю системи є так звана модель «чорного ящика», в якій акцент робиться на призначенні та поведінці системи, а про її будову є тільки опосередкована інформація, що відображається у зв'язку із зовнішнім середовищем [1].

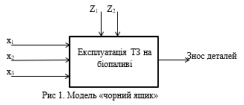

Рис 1. Модель «чорний ящик»

На рисунку 1 розміщено модель процесу експлуатації транспортних засобів на біопаливі та фактори, які на неї впливають. Такими факторами є:

X_1 – вміст біокомпоненту, %

X_2 – в'язкість, мм^2/с

X_3 – зольність, %

Факторами другорядного ряду є:

Z_1 - кислотність, мг(КОН)/г

Z_2 –мікробіологічне ураження, КУЕ

Розділ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗМІННИХ ФАКТОРІВ

При дослідженні технологічних процесів дуже важливо виявити всі фактори, а також їх ступінь впливу на процес. Якщо який небудь із значущих чинників не включений в розгляд , але змінюється в деякому інтервалі значень, то похибки результатів експерименту зростатимуть. При визченні будь якого технологічного процесу потрібно розглядати велику кількість факторів, що можуть впливати на параметр оптимізації (табл. 1).

З одного боку, включення в план дослідження всіх істотно впливаючих факторів дуже важливо, так як експерименти спрямовані на відшукання отимальних умов, можуть втратити сенс, якщо один чи декілька таких факторів не враховані. З іншого боку, включення в програму дослідження всіх факторів, що впливають на об'єкт, ускладнює завдання, тобто збільшує її розмірність. Ступінь впливу різних чинників на процес неоднаковий. Звичайно, тільки декілька факторів із усієї сукупності впливають на вихідну величину, а решта впливають менш суттєво. Важливо щоб обрані вхідні фактори були взаємозалежні [1-4].

Таблиця 1

Характеристика змінних факторів

№ з/п	Фактор	Рівень			Інтервал варіації
		-1	0	+1	I_{var}
1	Вміст біокомпоненту, %	0	50	100	0-100
2	В'язкість, мм2/с	12	19	50	12-50
3	Зольність, %	0,025	0,017	0,035	0,025-0,035

Розділ 4. СХЕМА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Експериментальне дослідження можна умовно поділити на чотири етапи, на кожному з яких проводиться певна дослідницька діяльність з конкретними завданнями (рис.2).

Перший підготовчий етап експерименту передбачає детальний теоретичний аналіз раніше опублікованих досліджень: визначення невирішених проблем, що стануть основними в даному експерименті; вибір теми дослідження, постановку мети та завдання дослідження; вивчення реальної практики вирішення досліджуваної проблеми.

На другому етапі проходить вибірнеобхідної кількості експериментальних об'єктів. Третій етап передбачає проведення експерименту з перевірки ефективності певної системи заходів. Четвертий етап – це підведення підсумків проведеного експерименту [3].

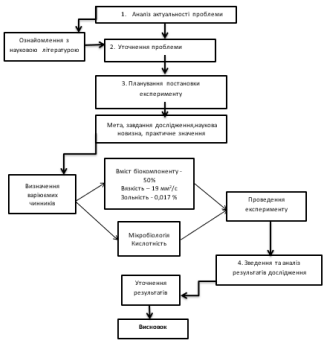

Рис.2. Схема проведення експерименту

Розділ 5. ОБРОБКА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Експерементальні дані, отримані в лабораторних чи промислових умовах є основою для подальших досліджень в цьому напрямі. Достовірність вимірювань показує ступінь довіри до результатів вимірювання, тобто вірогідність відхилень вимірювання від дійсних значень.

Похибки можуть виникативнаслідок таких причин як:

- Недосконалість методів і засобів вимірювань
- Недостатньо ретельно проведений дослід
- Вплив зовнішніх факторів
- Суб'єктивні особливості експериментатора

Ці причини є проявом різних факторів. При проведенні експерименту важко відрізнити і відділити систематичні і випадкові похибки. Але все ж можна виключити систематичні похибки при багаторазовому проведенні експерименту. Основним завданням є отримання результатів з найменшою похибкою[3].

Отримані результати є середнім значенням проведених дослідів, які були здійснені не менше трьох разів. Вірогідність різниці оцінювали за критеріями Стьюдента або Фішера. Різниця вірогідна при P≥0,95.

Узагальнюючи результати досліджень,направлених на отримання сумішевого біопалива та традиційного дизпалива, яке б якнайменше призводило до зношення деталей паливної системи транспортного засобу, встановлено такі параметри отриманого палива: вміст біокомпоненту - 50%; в'язкість – 19 мм^2/с; зольність – 0,017%. Паливо не має містити механічних домішок. Кислотність має бути 0,5 мг(КОН)/г.

Таблиця 2

Основні фізико-хімічні показники якості суміші дизельного палива і біодизельного палива

Показники	Варіанти				
	10% ДП+ 90% біоДП	20% ДП+ 80% біоДП	30% ДП+ 70% біоДП	40% ДП+ 60% біоДП	50% ДП+ 50% біоДП
Густина при 20°С, г/см^3	0,899	0,892	0,883	0,8737	0,8675
Кінематична в'язкість, мм^2/с	50,4	41,9	29,35	19,4	19,4
Зольність, %	0,03	0,023	0,020	0,017	0,017

Експериментальним шляхом отримано в'язкісно-температурні характеристики етилових ефірів різних олій, які дозволили отримати розрахункові залежності зміни в'язкості сумішевих палив при різному відсотковому вмісті етилових ефірів і температури сумішевого палива. Встановлено, що сумішеві палива на базі етилових ефірів мають більш високі значення кінематичної в'язкості, які в 1,5…2,6 рази перевищують в'язкість дизельного палива, що може призвести до зношення деталей через утруднення прокачуваності палива в паливній системі в зимовий період експлуатації. Максимальну кінематичну в'язкість зафіксовано в сумішевих паливах 10% ДП і 90 % біодизелю.

Оскільки вміст золи є однією із основних причин, яка спричиняє нагароутворення та спрацювання деталей двигуна, то для його зменшення необхідно використовувати біодизельне паливо з найменшою зольністю. Експерементально визначено що найменша зольність є у варіанті 50:50 [4].

Сучасні дизельні двигуни мають системи впорскування палива, які є досить чутливими до зміни в'язкості [5]. Висока в'язкість може призвести до погіршення розпилювання палива, неповного його згоряння, забивання форсунок, карбонізації кілець і накопичення палива в мастилі.

Густина традиційного дизельного палива за температури 15°С становить 0,820–0,845 г/см^3, а густина біологічного дизельного палива за кордоном за температури 15°С становить 840–0,890 г/см^3. Густина біопалива залежить від хімічного і фракційного складу. Враховуючи можливі коливання в хімічному складі олій, дозільно встановити густину біопалива українського виробництва, як і за кордоном, 0,840–0,890 г/см^3 за температури 15°С. Найбільш доцільним є використання біопалива у співвідношенні 50:50.

Таблиця 3

Фізико-хімічні властивості палив для дизелів

Палиро	Йодне число, г йоду/100 г	Цетанове число	Теплота згоряння, МДж/кг	Кінематична в'язкість, мм^2/с	Температура помутніння, °С	Температура застигання, °С
Олії та жири						
Пальмова олія	35-61	42	-	-	-	-
Ріпакова олія	94-120	37,6	39,709	37,0 (37,8°С)	-3,9	-31,7
Соєва олія	117-143	37,9	39,623	32,4 (37,8°С)	-3,9	-12,2
Соняшникова олія	110-143	37,1	39,575	37,1 (37,8°С)	-7,2	-15,0
Тваринні жири	35-48	-	40,054	51,1 (40°С)	-	-
Метилові ефіри						
Ріпаковий ефір	-	54,4	40,449	6,7 (40°С)	-2	-9…-17
Соєвий ефір	-	46,2	39,800	4,1 (40°С)	2	-1
Соняшниковий ефір	-	46,6	39,800	4,2 (40°С)	0	-4
Ефір тваринного жиру	-	47	39,949	4,1 (40°С)	12	9
Нафтопродукти						
Зимове нафтове дизельне паливо	-	47	42,243	2,7(37,8°С)	-15,0	-33,0

Таблиця 4

Фізико-хімічні показники біодизеля і дизельного палива

Показники	Європейський стандарт на біодизель EN4214:2004 (E)			Стандарт України на паливо дизельне ДСТУ 3868-99		
	розмірн. ст.	межі вим.		розмірність	Межі Мін.	Макс.
Вміст ефірів	%(м/м)	96,5			-	-
Щільність при температурі 15°С	кг/м^3	860	900	При температурі 20 °С, кг/м^3	860	840
Кінематична в'язкість при температурі 40 °С	мм^2/с	3,5	5	при температурі 20 °С. мм^2/с	3,0-6,0	1,8-6,0
Температура спалаху	°С	120		°С	40-62	35-40
Вміст сірки	Міліграм/кг	-	10	%	0,05-0,20	0,05-0,20
Коксованість 10% залишку	% (м/м)		0,3	%	0,3	0,3
Цетанове число		51			45	45
Зольність	% (м/м)		0,02	%	0,01	0,01
Вміст води	міліграм/кг	-	500		Відсутні в	Відсутні в
Вміст механічних домішок	міліграм/кг	-	24		-'-	-'-
Корозійність на мідній пластині (3 години при 50 °С)	оцінка	клас 1		Витримує	Витримує	
Окиснювальна стабільність 110 °С	год	6	-		-	-
Кислотне число	міліграм КОН/г		0,5	Міліграм КОН на 100 см^3 палива, не більше	5	5
Йодне число	г J2/100 г		120	г йоду на 100 г палива, не більше	6	6
Метилові ефіри лінолевої кислоти	% (м/м)		12		-	-
Поліненасичені (>4 подвійні зв'язки) метилові ефіри	% (м/м)		1		-	

Розділ 6. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ

Візуалізація даних – це наочне представлення масивів різної інформації. Цілями візуалізації є реалізація основної ідеї інформації, це те, заради чого потрібно показати вибрані дані, якого ефекту потрібно досягнути – виявлення взаємозв'язків в інформації, відображення розподілу даних, композиції або порівняння даних.

Візуалізація даних має важливе значення при аналізі проведеного експерименту. Щоб побачити і виявити певні залежності чи нові факти необхідна візуалізація даних. За допомогою даного методу можна побачити велику кількість інформації у вигляді пропорцій на геометричних формах. Лінійні графіки зручно використовувати для показу змін за певний час, або залежність одного показника від іншого.

Виконано дослідження залежностей зміни кінематичної в'язкості сумішевих палив, що містять етилові ефіри рослинних олій. Результати досліджень представлено на рис. 3, де надано в'язкісно-температурну характеристику для різних сумішевих палив на основі ЕЕРО.

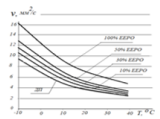

Рис. 3. В'язкісно-температурні характеристики дизельного пливa і різних об'ємних концентрацій етилових ефірів ріпакової олії

Для дослідження густини і в'язкості біопалив було використано такі палива як: RME-B100, SME-B100, SME-B20, SME-B40. Паливa 3,4 відповідають вимогам а отже можуть бути використані в двигунах внутрішнього згоряння що працюють на нафтовому дизельному паливі (рис.4,5).

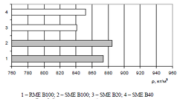

Рис.4. Значення густини біодизельних плив

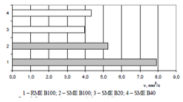

Рис.5. Значення в'язкості біодизельних плив

За ДСТУ 4840:2007 для швидкохідних дизелів вміст сірки для палива виду I – 0,001%, для палива виду II – 0,005%. За результатами експерименту палива виду 1,2,3,4 відповідають вимогам і можуть використовуватися (рис.6).

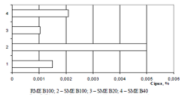

Рис.6. Відсотковий вміст сірки біопалив

Якість палива залежить від олії, що застосовується для виробництва біокомпоненту. На діаграмі представлено склад сировини для біопалива (рис.7).

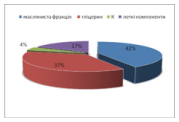

Рис.7. Склад сировини

Розділ 7. НАУКОМЕТРИЧНІ БАЗИ ДАНИХ

Наукометрична база даних – бібліографічна і реферативна база даних, інструмент для відстеження цитованості наукових публікацій. Одним з основних напрямків у сфері освіти та наукрвої діяльності у ВНЗ є визначення наукових досліджень окрамого вченого, кафедри, факультету та вищих навчальних закладів в цілому.

Наукометрична база даних це також пошукова система, яка формує статистику, що характеризує стан і динаміку показників затребуваності, активності та індексів впливу діяльності окремих вчених і дослідницьких організацій.

На сьогодні існує велика кількість міжнародних систем цитування (бібліографічних баз): Web of Science, Scopus, Google Scholar, РІНЦ, Index Copernicus, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef.

Найавторитетнішими з них, індекси яких визнаються у всьому світі, є Web of Science і Scopus.

Пошук джерел за темою домашнього завдання проводився за допомогою наукометричної бази даних Google Scholar і РІНЦ (рис.8) та (рис.9).

Розділ 7. НАУКОМЕТРИЧНІ БАЗИ ДАНИХ

Наукометрична база даних – бібліографічна і реферативна база даних, інструмент для відстеження цитованості наукових публікацій. Одним з основних напрямків у сфері освіти та наукрвої діяльності у ВНЗ є визначення наукових досліджень окрамого вченого, кафедри, факультету та вищих навчальних закладів в цілому.

Наукометрична база даних це також пошукова система, яка формує статистику, що характеризує стан і динаміку показників затребуваності, активності та індексів впливу діяльності окремих вчених і дослідницьких організацій.

На сьогодні існує велика кількість міжнародних систем цитування (бібліографічних баз): Web of Science, Scopus, Google Scholar, РІНЦ, Index Copernicus, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef.

Найавторитетнішими з них, індекси яких визнаються у всьому світі, є Web of Science і Scopus.

Пошук джерел за темою домашнього завдання проводився за допомогою наукометричної бази даних Google Scholar і РІНЦ (рис.8) та (рис.9).

Рис.8. Наукометрична база даних Google Scholar

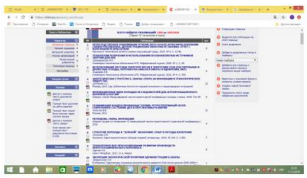

Рис.9. Наукометрична база даних РІНЦ

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / В. І. Зацерковний, І. В. Тішаєв, В. К. Демидов. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 236 с.
2. Методологія та організація наукових досліджень [Текст] : навч. посіб. / О. Л. Матвєєва, О. М. Тихенко, І. Л. Трофімов ; Нац. авіац. ун-т. - Київ : НАУ, 2018. - 195 с.
3. Колесников О. В. Основи наукових досліджень : навч. посіб./ Олександр Володимирович Колесніков. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 144 с.
4. Вісник Львівського державного аграрного університету № 8, 2006 р., Можливості використання ріпаково-метилових ефірів як альтернативного пального для дизельних двигунів сільськогосподарської техніки.
5. Семенов В.Г. Аналіз показників роботи дизелів на нафтових і альтернативних паливах рослинного походження. Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Збірка наук. праць. Харків: НТУ «ХПІ», 2002. № 3. С. 177-197.