Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота магістра

рівень вищої освіти *другий магістерський рівень*
(другий (магістерський) рівень)

на тему: *Дослідження впливу магнітної обробки вуглеводневого палива двигунів внутрішнього згоряння на токсичність викидів в атмосферу*

Виконав: студент *2* курсу, групи *8.1833-з*

Ращепкіна О.С. _____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва)

спеціалізація
_____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма
Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва)

Керівник *Грідяєв В.В.* _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент *Кожемякін Г.Б.* _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий магістерський рівень

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

Освітньо-професійна програма Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Бєлоконь
"01" 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ (СТУДЕНТЦІ)

Ращепкіній Олександрі Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проєкту (роботи) *«Дослідження впливу магнітної обробки вуглеводневого палива двигунів внутрішнього згоряння на токсичність викидів в атмосферу»*

1. керівник роботи *Грідяєв Володимир Васильович PhD (доктор філософії)*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 28.02.2024р. № 359-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) 05.12. 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) Технологічний процес згоряння палива у камерах згоряння теплових двигунів, концентрація СО у вихлопних газах – 0.03 %, концентрація вуглеводнів у вихлопних газах - 8.3 х 10^{-3}%, концентрація NO_x – 0/34%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Аналіз технології згоряння вуглеволневого палива з точки зору забруднення атмосфери, обгрунтування необхідності магнітної обробки палива для зменшення його витрати та зниження кількості токсичних викидів в атмосферу, охорона праці та техногенна безпека. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Зовнішній вигляд апарату для магнітної обробки палива, схема конструкції запропонованого пристрою, графічні результати досліджень роботи апарату для магнітної обробки вуглеводневого палива.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
1. Сучасний стан проблеми підвищення ефективності камер згоряння теплових двигунів	Грідяєв В.В., ст. викладач	25.11.24
2. Теоретичні основи електрофізичного впливу на фізико-хімічні властивості вуглеводневого палива	Грідяєв В.В., ст. викладач	28.11.24
3. Магнітні впливи на характеристики вуглеводневого палива	Грідяєв В.В., ст. викладач	02.12.24
4. Охорона праці та техногенна безпека	Грідяєв В.В., ст. викладач	03.12.24
Нормоконтроль	Кожемякін Г.Б., доцент	

7. Дата видачі завдання 01.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	18-20.11.2024	виконано
2	Реферат	21-22.11.2024	виконано
3	Сучасний стан проблеми підвищення ефективності камер згоряння теплових двигунів	22-25.11.2024	виконано
4	Теоретичні основи електрофізичного впливу на фізико-хімічні властивості вуглеводневого палива	26-28.11.2024	виконано
5	Магнітні впливи на характеристики вуглеводневого палива	29.11-01.12.2024	виконано
6	Охорона праці та техногенна безпека	02-03.12.2024	виконано
7	Висновки	04.12.2024	виконано

Здобувіач _____ (підпис) *О.С. Ращепкіна* (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ (підпис) *В.В. Грідяєв* (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 70 с., 4 рис., 5 табл., 48 літературних джерел.

ВУГЛЕВОДНЕВЕ ПАЛИВО, ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ, МАГНІТНЕ ПОЛЕ, ПОТУЖНІСТЬ, ВІДПРАЦЬОВАНІ ГАЗИ.

Об`єкт розробки - вуглеводневе паливо для сучасних теплових двигунів.

Мета роботи – зменшення витрати палива та кількості токсичних викидів в атмосферу при незмінній потужності двигуна.

Здійснено аналіз перспектив розвитку та вдосконалення камер згоряння теплових двигунів, показано, що для вирішення задачі покращення паливної ефективності двигунів доцільно вдосконалення процесів у камерах згоряння шляхом впливу на вуглеводневе паливо, що застосовується у теплових двигунах.

Встановлено, що ефективність застосування електрофізичного впливу на вуглеводневе паливо, призводить до покращення параметрів та характеристик теплових двигунів.

Визначення екологічних показників двигуна внутрішнього згоряння показало, що застосування електрофізичного впливу на паливо дозволяє знизити концентрацію оксиду вуглецю на 0,64…0,7 %, концентрацію вуглеводнів на 25…35 % і концентрацію оксиду азоту на 12…16 %

ABSTRACT

Qualification work: 70 p., 4 fig., 5 table, 48 literary sources.

HYDROCARBON FUEL, HEAT ENGINES, MAGNETIC FIELD, EXHAUST GASES

The object of development is hydrocarbon fuel for modern heat engines.

The goal of the work is to reduce fuel consumption and the amount of toxic emissions into the atmosphere at constant engine power.

An analysis of the prospects for the development and improvement of combustion chambers of heat engines was carried out, it was shown that to solve the problem of improving the fuel efficiency of engines, it is advisable to improve the processes in combustion chambers by influencing the hydrocarbon fuel used in heat engines.

It has been established that the effectiveness of the application of electrophysical influence on hydrocarbon fuel, which leads to the improvement of the parameters and characteristics of heat engines.

Determination of the environmental indicators of the internal combustion engine showed that the application of electrophysical influence on the fuel allows reducing the concentration of carbon monoxide by 0,64−0,7%, the concentration of hydrocarbons by 25−35%, and the concentration of nitrogen oxide by 12−16 %

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАМЕР ЗГОРЯННЯ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ 9
1.1 Робочий процес та основні параметри камер згоряння 9
1.2 Існуючі методи покращення параметрів робочого процесу та характеристик камер згоряння 12
1.3 Сучасні способи оптимізації фізико-хімічних властивостей вуглеводневих палив 15
Висновки по розділу 1 23
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОГО ВПЛИВУ НА 24
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПАЛИВА 24
2.1. Електрофізичний високочастотний вплив на вуглеводневе паливо 24
2.2 Магнітні впливи на характеристики вуглеводневого палива 31
2.3 Вплив постійного магнітного поля на вуглеводневе паливо 39
2.4 Окислюваність вуглеводневого палива 41
2.5 Вплив електрофізичного на економічні та екологічні показники роботи теплового двигуна 43
Висновки по розділу 2 50
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 51
3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів промислової лабораторії 51
3.2 Заходи з покращення умов праці в умовах промислової лабораторії 53
3.2.1 Загальні умови безпеки праці 53
3.2.2 Електробезпека 55
3.2.3 Пожежна безпека 59
3.3 Розрахунок захисного заземлення 61
3.4 Висновки до розділу 3 63
ВИСНОВКИ 64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 65

ВСТУП

Актуальність теми. В наш час актуально стоїть питання дотримання екологічних норм викидів вихлопних газів автомобілів, а також норми витрати будь-якого виду транспорту споживаного палива.

Для всіх видів існуючого палива, яке використовується в камерах згоряння, потрібне їхнє попереднє очищення та доробка. Існуючі засоби, які використовуються для виконання цього завдання не забезпечують належної якості підготовки палива або мають високу вартість. Тому є актуальною розробка методу підготовки палива та пристрою для його реалізації.

Об'єкт дослідження – вуглеводневе паливо для сучасних теплових двигунів.

Предмет дослідження: електрофізичний вплив на фізико-хімічні параметри вуглеводневих палив у камерах згоряння теплових двигунів.

Мета роботи – зменшення витрати палива та кількості токсичних викидів в атмосферу при незмінній потужності двигуна.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі визначено перелік задач:

1. Проаналізувати існуючі методи покращення згоряння вуглеводногопалива.
2. Обґрунтувати доцільність використання магнітної обробки палива.
3. Запропонувати пристрій для реалізації запропонованого методу покращення згоряння палива.

Методи та засоби дослідження. Задачі дослідження виконувались з використанням спеціалізованої літератури та технічної документації устаткування. Був здійснений аналіз перелічених джерел з викладенням ключових складових процесу очищення газів і основ функціонування газоочисного обладнання.

Наукова новизна:

- Встановлено, що електрофізична дія на паливо призводить до

підвищення швидкості реакції окислення в основній фазі горіння, внаслідок чого відбувається зниження питомої та годинної витрати палива (2…4 %), та зниження токсичності відпрацьованих газів теплового двигуна (C_mH_n на 25…35 % та NO_x на 12…16 %).

Оптимальне поєднання потужності магнітного поля з конструктивними особливостями контактного апарату для обробки вуглеводневого палива.

Практична цінність. З запропонованого способу розроблено пристрій електрофізичного впливу на паливо в постійних магнітних полях. Пристрій дозволяє покращити експлуатаційні властивості палива і таким чином підвищити експлуатаційні показники (зменшити витрату палива, зменшити кількість токсичних складових у відпрацьованих газах) різних теплових двигунів та одночасно забезпечити підвищену тонкість очищення палив від смолистих, сірчистих, феромагнітних сполук.

Апробація роботи. Основні положення роботи викладені на наступних конференціях: ІІ Всеукраїнська науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України».

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає пояснювальну записку: 71 сторінок, 4 рисунків, 5 таблиць.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КАМЕР ЗГОРЯННЯ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ

1.1 Робочий процес та основні параметри камер згоряння

Камери згоряння теплових двигунів пов’язані з процесом горіння рідкого вуглеводневого палива в турбулентному потоці рухомого повітря. Якщо паливо та окислювач підводять до зони реакції з різних сторін, то час горіння визначається часом змішування – дифузією. Дифузний механізм горіння характерний для крапель рідкого та твердого палива, що спостерігається при горінні свічки, гасової лампи.

Іншим гранично типовим випадком є кінетичне горіння гомогенної (однорідної, перемішаної) суміші палива з окислювачем. При цьому підготовлена суміш піднімається до зони реакції, а час горіння буде переважно визначатися часом, необхідним для протікання хімічної реакції. Подібний процес називається кінетичним, тому що при ньому час горіння визначається механізмом та швидкістю хімічної реакції. Типові граничні випадки горіння в дифузній та кінетичній ділянках при певній зміні умов можуть поступово переходити один в інший, утворюючи проміжні випадки, в яких загальний час горіння буде визначатися найбільш тривалим процесом.

У традиційних камерах згоряння, процес горіння організований у двох зонах – первинній та вторинній. Від організації процесу горіння у первинній та вторинній зонах повністю залежать експлуатаційні та екологічні характеристики камер згоряння.

Експлуатаційні характеристики оцінюються такими параметрами, як коефіцієнт повноти згоряння палива $\eta_г$, коефіцієнт збереження повного тиску повітря $\zeta_{кс}$ теплонапруженість камери Q_v.

Екологічні характеристики оцінюються індексами емісії шкідливих газоподібних речовин (крім сажі), які є відношенням маси речовини в грамах

до 1 кг витраченого палива. Відповідно, розрізняють EI_{CO}, EI_{CnHm}, EI_{NOx}.

Складний перебіг процесів горіння значно ускладнює проектування камер згоряння, який пов'язаний із забезпеченням суперечливих вимог. З одного боку, камери згоряння повинні мати: високу повноту згоряння палива ($\eta_г \geq 0{,}99$); надійний запуск на землі та в заданих умовах польоту на висоті; стійкість горіння у широкому діапазоні коефіцієнтів надлишку повітря (від α_{min}=1,0...1,5 до α_{max}=20...40), тиску та швидкості; малі втрати повного тиску ($\zeta_{кс}$=0,97…0,99); забезпечення заданих окружних та радіальних епюр температури газу на вході в турбіну. З іншого боку, необхідно забезпечити: низький рівень викидів шкідливих речовин (*CO*, C_nH_m, NO_x, диму), відкладень нагару в жаровій трубі; низьку собівартість виготовлення та простоту обслуговування в експлуатації; високу надійність та ресурс; забезпечення працездатності камери згоряння без ремонту певного гарантованого терміну; малу масу та габаритні розміри.

Більшість камер згоряння, що експлуатуються, розроблено на основі дифузного горіння. У дифузних камерах завжди є область зі стехіометричною паливною сумішшю, незважаючи на загальну нестехіометрію. Основним недоліком дифузних камер згоряння є емісія оксидів азоту NO_x, яка пов'язана з високою температурою первинної зони горіння. При цьому утворюється більше ніж 70 ppm NO_x при згорянні газоподібного палива і більше 100 ppm при згорянні рідкого палива [105]. Для зниження викидів NO_x застосовуються різні підходи, які в результаті зводяться до того, що зниження емісії NO_x призводить до зниження ефективності згоряння, яке в свою чергу впливає на рівень викидів CO і вуглеводнів, що не згоріли, таким чином, при проектуванні камер згоряння необхідно знаходити баланс між ефективністю та емісією шкідливих речовин камер згоряння.

У двигунах, призначених для роботи на рідкому та газоподібному паливах, необхідно забезпечувати однакові поля температур на виході з камери згоряння за рахунок розподілу потоків палива та повітря. При

використанні газоподібного палива вилучаються стадії розпилення та випаровування. Але у зв'язку із значним збільшенням його обсягу через малу щільність необхідні значні прохідні перерізи форсунок. Для подачі газу в камеру використовують спеціальні форсунки замість відцентрових у вигляді отворів, щілин, завихрювачів, трубок Вентури і т.д. У реальних конструкціях добре себе зарекомендували чашоподібні пальники з багатосопловою газовою форсункою і подачею повітря перпендикулярно до газового струменя. При теплотворній здатності газоподібних палив не менше 6 МДж/м^3 їх спалювання не створює труднощів, крім необхідності оптимального перемішування в зоні горіння. Горіння газу зазвичай відбувається з меншим утворенням диму та NO_x через зниження утворення сажі та більш короткого факелу горіння. Метан є основним компонентом газу (85...98 %), має температуру горіння на 100…150 °С нижче, ніж рідкі палива. Він згоряє без утворення сажі з малим рівнем горіння полум'я, яке знижує температуру стінок жарової труби. Порівняно висока температура загоряння, низька швидкість горіння та вузькі концентраційні межі поширення полум'я суміші метану з повітрям ускладнюють запуск і можуть призвести до нестабільності горіння та зниження $\eta_г$,, особливо на режимах часткових навантажень, внаслідок чого збільшуються викиди CO та C_nH_m. Тому велику увагу слід приділяти процесам сумішоутворення та стабілізації полум'я. Для цього в камері згоряння часто встановлюють крім основних додаткові пальники дифузного типу, які підтримують високу температуру в зоні горіння на всіх режимах.

Висока повнота згоряння забезпечується в основному при сумішах, близьких до стехіометричних ($\alpha_г$= 1,2 ... 1,3), і гомогенним сумішам.

Застосування палива меншої калорійності може створити проблему у питанні узгодження турбокомпресора через зниження температури газу перед турбіною та збільшення відносної витрати палива.

Мала швидкість реакції окислення низькокалорійних газоподібних паливпотребує додаткового збільшення обсягу зони горіння. А труднощі

забезпечення оптимальних швидкостей змішування в зоні горіння приводять або до зриву полум’я при «бідних» сумішах через великі швидкості змішування, або до «жорсткого» горіння при низькій швидкості змішування.

1.2 Існуючі методи покращення параметрів робочого процесу та характеристик камер згоряння

В даний час удосконалення параметрів робочого процесу камер згоряння ґрунтується на оптимізації їх термодинамічних та емісійних параметрів за різних режимів роботи ГТД. Для цього розробляються нові конструкції камер згоряння, що розвиваються за двома основними напрямками: організація процесу горіння (стабілізація горіння, забезпечення необхідної температури та рівномірності поля температур на вході в турбіну); підготовка паливоповітряної суміші (розпилення, випаровування палива, змішування палива з повітрям).

Серед нових конструктивних схем камер згоряння сьогодні використовують камери згоряння, виконані за двозонною схемою [1]. Зони горіння можуть розташовуватися послідовно або паралельно в два яруси. Робота обох зон горіння оптимізується величиною коефіцієнта повноти згоряння, що зменшує викиди CO та C_nH_m як у низьких, і на підвищених режимах роботи ГТД. Основна зона забезпечує горіння бідної суміші у максимальному режимі, що зменшує викиди NO_x. На проміжних режимах можна використовувати різні комбінації режимів обох зон. Згідно з даними фірми PW, двоярусна камера дозволяє знизити викиди CO та C_nH_m порівняно зі звичайною, відповідно на 69 і 93%, а емісію NO_x. - на 41%.

У камері із послідовним розташуванням зон горіння перша ступінь працює на режимі малого газу, другий працює на максимальному і проміжному режимах. На режимі малого газу паливо подається лише у зону малого газу. На підвищених режимах починається подача палива в основну зону через форсунки, що розташовані у вихідному перерізі зони малого газу.

Повітря в основну зону надходить через завихрювачі, які розташовані

на зовнішній та внутрішній стінках жарової труби. Застосування спеціальних завихрювачів прискорює перемішування палива з повітрям, які забезпечують швидше згоряння бідної суміші в основній зоні і, відповідно, зменшує час перебування паливної суміші в камері згоряння. Таке виконання камери призводить до вирівнювання температури вздовж камери та усунення зон з найвищою температурою, яка суттєво зменшує викиди NO_x (до 40%) [2].

Аналіз досліджень NASA показав, що використання двозонної камери в двигуні JT9-7A, порівняно із звичайною, на режимі малого газу дозволяє зменшити емісію CO та C_nH_m на 90 % за практично незмінної емісії NO_x.

Результати випробувань двозонних камер дозволили виявити такі недоліки як збільшення димності, ускладнення при запуску, погіршення прийомистості. У камерах з послідовним розташуванням зон також спостерігалося окислення CO при великих витратах повітря через завихрювачів основної зони, які розташовані за вузьким перерізом зони малого газу, внаслідок передчасного охолодження газів. Для усунення зазначених недоліків на сьогоднішній день продовжуються роботи з удосконалення камер згоряння.

Для зменшення викидів шкідливих речовин на знижених режимах розробляють камери згоряння з регульованою площею прохідних перерізів у фронтальному пристрої. Наприклад, у двигуні CF6-70 регулювання первинної витрати повітря здійснюється шляхом зміни площі прохідних перерізів завихрювачів, розташованих у фронтальному пристрої. З цією метою зовнішній лопатковий завихрювач на вході в первинну зону виконаний обертовим. До недоліків регульованих камер відносять їх конструктивну складність та недостатню надійність.

Не менш важливим напрямом підвищення ефективності камер згоряння є вдосконалення способів підготовки паливо-повітряної суміші та інтенсифікації процесів горіння.

Практично всі способи інтенсифікації горіння спрямовані на усунення гетерогенного горіння крапель і поєднують у собі принципи попереднього

перемішування та випаровування. У випарних камерах згоряння випаровування палива здійснюється в трубчастих елементах, які знаходяться в зоні горіння і продуваються частиною первинного повітря. Цим забезпечується попереднє змішування парів палива з повітрям та первинне окислення вуглеводнів. Тим не менш, повне попереднє випаровування палива утруднене через його термічне розкладання, нагароутворення та коксування елементів.

Підведення води або пари в зону горіння разом з пальним або повітрям дозволяє знизити NO_x, зменшити димність, а в ряді випадків і підвищити повноту згоряння рідких палив. хімічному незгоранню. Значними недоліками є також проблеми, пов'язані з отриманням, подачею та збереженням великих кількостей. дистильованої води, а також із забезпеченням необхідного рівня надійності роботи арматур та агрегатів паливної системи.

Підвищення інтенсивності горіння в камерах згоряння ГТД можна досягти застосуванням різних каталізаторів [3-5]. Перспективними є каталізатори у вигляді твердих тіл з розвиненою площею активної поверхні, виготовлені з пластини хрому, оксидів кобальту, лантану, цезію та ін. Однак поки ще не вирішені проблеми збереження їх тривалої активності в агресивних середовищах та захисту від вібраційних та температурних навантажень.

Введенням спеціальних органометалевихприсадок у паливо вдається знизити вміст частинок вуглецю в продуктах згоряння приблизно на 50%, а емісію NO_x, - на 30%. Однак, оксиди металів, що містяться в присадках, можуть утворювати в проточній частині двигуна відкладення, які призводять до місцевих перегрівів та корозії.

Додавання водню, водневмісних газів і кисню до горючої суміші збільшують можливості ініціювання горіння вуглеводнів. При добавках водню у кількості 5 % від сумарної витрати палива вдається у 2...3 рази знизити емісію CO та вуглеводнів на режимах малої потужності. Застосування водню знижує вміст NO_x внаслідок організації спалювання

збіднених сумішей, а також пригнічує можливі режими вібраційного горіння. Використання кисню інтенсифікує процеси спалювання. Наприклад, збагачення киснем, що використовується для горіння повітря, до 30 % скорочує довжину видимої зони факела на 4...6 %. У цьому підвищується коефіцієнт повноти згоряння палива, а окисні властивості продуктів згоряння мало змінюються. Основною перешкодою широкого застосування подібних добавок є відносно висока вартість їхнього отримання та складність зберігання.

Серед сучасних методів підвищення ефективності камер згоряння окремо можна виділити методи електромагнітного на вуглеводні палива. Електромагнітне оброблення відбувається на етапі підготовки палива до згоряння.

До робіт, які описують зміни фізико-хімічних характеристик вуглеводного палива під впливом електричних та магнітних полів у камерах згоряння теплових двигунів, слід віднести дослідження, виконані: А. Е. Малиновським [8], Л. Г. Гінзбургом [15], О. В. Білим [11], А. П. Андрієвським [6], В. Г. Мурамовичем [18], В.А. Дзвоновим [9], Є.В. М. Захватова [30], А. А. Хохолін [19] , Д. З. Погорлецьким [9], Д. Лаутон [17], Ф. Вайнбергом [17] та ін.

1.3 Сучасні способи оптимізації фізико-хімічних властивостей вуглеводневих палив

Концепція впливу електромагнітного поля на молекули вуглеводного палива була досліджена з часів Ван-дер-Ваальса. Вуглеводні мають довгі сильно розгалужені ланцюги атомів вуглецю, які схильні до загинання та замикання, як на власні атоми так і на прилеглі молекули, через існуюче міжмолекулярне електромагнітне взаємопритягання між ними. Піддаючи ці складні кластерні угруповання діям електромагнітного поля відповідної сили та напрями, вдається зменшити в’язкість палива, забезпечити належне перемішування

паливо-повітряної суміші, знизити енерговитрати на випаровування палива та підвищити швидкість горіння. Це тим, що це речовини піддаються дії електромагнітного поля більшою чи меншою мірою. У разі вуглеводних палив електромагнітне поле переводить атоми молекул у збуджене положення, що призводить до їхньої переорієнтації відповідно до напрямку дії зовнішнього магнітного поля. Також у процесі переорієнтації відбувається збільшення відстані між атомами та зростання реакційної поверхні палива та як наслідок підвищення повноти згоряння [11].

Дослідження [13, 14] позитивного впливу магнітного на експлуатаційні властивості реактивних палив Т-1, ТС-1. Ці дослідження показали, що при напруженості магнітного поля 560…640 кА/м та оптимальній швидкості переміщення реактивного палива 0,5…0,7 м/с змащувальні властивості палива Т-7 покращуються при терті ковзання на 12…15 %, а при терті кочення - в 2 ... 2,5 рази. Довговічність підшипників кочення серед гасу після магнітної обробки збільшилася в 2,7 разу. При напруженості магнітного поля 320 кА/м зменшилася схильність вуглеводневого палива до електризації приблизно 2 рази. Окислюваність реактивного палива, підданого впливу постійного магнітного поля напруженістю 640кА/м, зменшується в 1,5...2 рази.

Вплив електромагнітних полів на авіаційне паливо призводить до підвищення в’язкості до 3% порівняно з вихідним значенням при точності вимірювання 0,17%. Ця в’язкість зберігається протягом 5... 6 годин, а потім поступово протягом доби наближається до вихідного значення. Залежно від режиму впливу електромагнітних полів, в’язкість палива можна підвищити або знизити.

Вплив на мастило МК-8 [14] магнітного поля напруженістю 480 кА/м при швидкості перебігу мастила 0,9 м/с дозволяє зменшувати знос сталі ШХ15 серед цього мастила в 3,0...3,5 рази. При цьому критичне осьове навантаження схоплювання збільшується на 20%.

При дослідженні протизносних властивостей різних мастил (авіаційної,

індустріальної, циліндрової та автотракторної) [8] автори відзначають, що пропускання мастила через магнітне поле соленоїда, сприяє зменшенню зносу колісних пар в 4-6 разів. Аналогічні результати отримані і при дослідженні зносу валів.

За даними дослідження [24] для збільшення хімічної активності газоподібного кисню при окисненні вуглеводневих палив рекомендується магнітний вплив. При цьому ефективність згоряння бензину в автомобільному двигуні зростає.

Дослідження магнітного на бензин розглядаються у роботі [34]. Японськими дослідниками відзначено зменшення закупорки розпилювача, зниження нагару та концентрації сажі. Зменшується димність та зольність, знижується викид оксидів азоту. Магнітна обробка бензину збільшує швидкість горіння, що позначається на максимальному тиску згоряння і при цьому збільшується повнота згоряння. Проведені випробування на автомобілях марок Toyota, Honda, Nissan показали, що в результаті магнітної обробки палива пробіг на одному літрі бензину збільшується в середньому на 12%.

У роботі [7] висунуто гіпотезу можливості впливу зовнішніх магнітних полів (постійних та змінних) на швидкість окислення вуглеводнів у рідкій фазі при малих глибинах перетворення. На думку авторів, сенс впливу магнітного поля полягає у зміні частки виходу радикалів з пари, що утворилася.

Експериментальними дослідженнями та розвитком теоретичних уявлень [20] доведено вплив слабких магнітних полів, у межах 3,2...80кА/м, на швидкість і селективність хімічних процесів у конденсованій фазі в низці практично важливих хімічних процесів. Результати роботи відкривають нові можливості вивчення та управління реакціями радикалів та збуджених молекул.

На підставі численних дослідів [20] показано важливість орієнтації досліджуваного об’єкта по відношенню до магнітних полюсів. На підставі

досліджень [22] було виявлено, що будь-яка реакція, процес або властивість, що вивчається, у одного і того ж об’єкта змінюються в залежності від його орієнтації щодо вектора геомагнітного поля.

Під впливом магнітного поля реакційна здатність парамагнітних сполук має збільшуватись. Підтвердження цього наведені у роботах [15]. При проходженні кисню через магнітне поле відбувається збільшення його реакційної здатності, що призводить до активізації реакції окиснення вуглеводневого палива та інших органічних сполук. За даними роботи [27] магнітна дія змінює швидкість реакції фотоокислення ароматичних вуглеводнів.

Крім магнітного впливу на вуглеводневі середовища у деяких роботах розглядаються питання, пов’язані з зміною фізичних і експлуатаційних характеристик палива і мастила після інших видів впливу.

У роботі [28] наводяться дані досліджень впливу ультразвуку на склад авіаційного гасу. Автори припускають можливістьперегрупування граничних та ненасичених вуглеводнів у гасі за рахунок опромінення його інтенсивним ультразвуком, так як в органічних з’єднаннях ультразвук прискорює реакції окисленню відновлення, викликає внутрішньомолекулярні перегрупування, виникає розпад хімічних зв’язків з утворенням вільних радикалів. Як відзначається в роботі ультразвук призводить до порушення хімічних зв’язків, що дозволяє в широкому інтервалі змінити вуглеводневий склад палива у бік збільшення ненасичених вуглеводнів. Опромінення ультразвуком впливає на теплотворну здатність, температуру спалаху, щільність та відсотковий вміст ароматичних вуглеводнів. За різних умов опромінення ультразвуком йодне число зростає зі зменшенням температури гасу, що опромінюється. Найбільша ефективність впливу проявляється при температурі палива 283 ... 286 К і часу опромінення 10 хвилин. Ефект зберігається протягом кількох годин і навіть доби після впливу ультразвуку на гас.

Робота [27] присвячена дослідженню впливу ультрафіолетових променів

напротизносні властивості реактивного палива. Паливо пропускали через кювету, виготовлену з кварцового скла, на яку було направлено пучок променів від лампи ПРК-2. Автори відзначають, що опромінений гас має кращу змащувальну здатність. Очевидно, при опроміненні палив ультрафіолетовими променями в них накопичуються продукти окислення, які є поверхнево-активними речовинами.

Підвищення якості дизельного палива [30] здійснюють за допомогою лазерного ультрафіолетового випромінювання. Сутність запропонованого способу полягає в тому, що отримане дизельне паливо піддають впливу лазерного випромінювання довжиною хвилі 1,06 мкм і потужністю 100...150 Вт за допомогою спеціального пристрою.

Вплив іонізації на електричні та механічні властивості індустріальних масел було досліджено у роботі [31]. Під впливом іонізуючого гаммаопромінення знижується електричний опір, підвищується кислотність та в'язкість опроміненої олії. Опромінені масла мають підвищені протизносні властивості, при цьому критичне осьове навантаження схоплювання збільшується. Регулюючи ступінь іонізації, можна змінювати глибину процесів, що відбуваються в маслі, і отримувати масла з певними експлуатаційними властивостями. Опроміненню C_0^{60} до 10^6 рад піддавалися індустріальні мастила. Відзначається підвищення зносостійкості та зростання навантаження заїдання для сталі ШХ 9 в середньому на 15...20%, при цьому доза опромінення для мастила була 275...350 рад. Зона плями зносу після опромінення масла оточена щільнішою захисною плівкою з поверхнево-активних речовин. Найбільший ефект (до 30...50%) в умовах тертя ковзання був виявлений для пар тертя бронза-сталь та латунь-чавун.

Підвищення експлуатаційних показників авіаційного та автомобільного транспорту є проблемою комплексною та вирішення її досягається на всіх стадіях розробки, проектування, конструювання, виробництва та експлуатації транспортних засобів. Багато в чому рівень надійності при експлуатації авіаційної та автомобільної техніки залежить від потенційних властивостей

закладених на стадії проектування та виробництва двигунів. Проте за умов реальної експлуатації закладений рівень надійності теплового двигуна повністю реалізується. Відбувається це внаслідок впливу наступних зовнішніх факторів: кліматичних, ґрунтово-дорожніх умов, низького рівня технічної експлуатації (порушення обсягу та регламенту проведення операцій технічного обслуговування, застосування палива з низькими експлуатаційними властивостями) та ін.

Однією з найважливіших умов реалізації надійності і довговічності теплового двигуна застосування високоякісних сортів палива з поліпшеними експлуатаційними властивостями, т.к. саме ці властивості найчастіше вирішальним чином впливають на ефективність застосування різноманітної техніки. Взаємозв’язок між експлуатаційною надійністю, довговічністю двигуна та якістю застосовуваних палив очевидний.

При вирішенні завдань інтенсифікації використання авіаційного та автомобільного парку в різних сферах функціонування, підвищення ефективності та продуктивності транспортних засобів, зниження витрат на їх експлуатацію розробляються та застосовуються енергетичні установки з вищою агрегатною потужністю, використовуються енергоресурсозберігаючі технології технічного обслуговування, розробляються методи та засоби підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів. Пред’являються високі вимоги до якості технічного обслуговування та ремонту, точності регулювань, чистоти та експлуатаційних властивостей палива та мастильного матеріалу при експлуатації мобільних високопродуктивних установок. Забезпечення необхідного технічного стану теплових двигунів знаходиться у прямому зв’язку з економією палива, мастильних матеріалів та забрудненням навколишнього середовища шкідливими викидами теплових двигунів.

За сучасних масштабів застосування теплових двигунів зміна навіть частки відсотка використання енергетичного потенціалу палив призводить до економії тисяч тонн пального. Невідповідність показників якості палив та

мастил конструкції двигуна можуть призвести не тільки до перевитрати паливно-мастильних матеріалів, а й до скорочення надійності двигуна. Суттєва економія палива (енергетичної сировини) може бути досягнута за рахунок зниження питомих та експлуатаційних витрат шляхом удосконалення конструкції двигунів та за рахунок використання більш високоякісних палив, з покращеними експлуатаційними властивостями.

Найважливішими експлуатаційними властивостями вуглеводневих палив і масел, що впливають на експлуатаційні показники є: енергетичні властивості, займистість, детонаційна стійкість, схильність до нагаро- та лакоутворення, фізична та хімічна стабільність, випаровування, низькотемпературні властивості, повнота (механічні домішки), екологічні та інші властивості.

Одним з найбільш важливих експлуатаційних показників є знос тертьових деталей, що працюють в умовах граничного тертя. У ряді випадків їм лімітуються довговічність і надійність роботи машин і механізмів. Особливої уваги з точки зору екології заслуговує питання зниження вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах двигуна, які є продуктами неповного згоряння або побічних реакцій, що протікають при високих температурах і багато в чому залежать від якості палив.

До важливих сучасних проблем підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів відноситься забезпечення необхідної чистоти пально-мастильних матеріалів (у баках, двигунах, вузлах і агрегатах техніки). Проблема багатопланова. Вона включає в себе насамперед обґрунтування необхідної чистоти палив шляхом від НПЗ до кінцевого місця використання в техніці, а потім розробку технологічних шляхів та засобів (фільтрів, апаратів та ін.) забезпечення цієї чистоти.

Механічні домішки в паливах впливають на зношування паливної апаратури, циліндро-поршневої групи в поршневих двигунах. Крім того, вони можуть викликати засмічення каналів і жиклерів карбюратора, збільшувати сірчистих і смолистих відкладень, нагароутворень у впускному

трубопроводі, камерах згоряння та на клапанах, порушувати щільність посадки голки на сідло розпилювача форсунки і т.д. Все це знижує надійність роботи двигуна.

Таким чином, питання якості палива мають вирішальне значення у визначенні перспектив розвитку двигунобудування. Наукове обґрунтування вимог до якості палив та масел, оцінка найважливіших їх експлуатаційних властивостей – все це набуває першочергового значення в технічній експлуатації автомобільного транспорту.

В даний час питання поліпшення експлуатаційних властивостей палив та масел вирішуються у технологічному та рецептурному напрямках, а також шляхом пошуку оптимальних умов зберігання та удосконалення заправних засобів. Поряд з цим, як у вітчизняній, так і зарубіжній практиці поліпшення експлуатаційних властивостей, уже готових палив і мастил, ведеться шляхом застосування рецептур різних присадок, які поряд з позитивним впливом мають ряд істотних недоліків: вузьке специфічне призначення більшості присадок, високу їх вартість, потреба у складних технологічних лініях їхнього виробництва. Дослідження американських і японських фахівців показали, що добавки в паливо, що знижують токсичність газів, що відпрацювали, у свою чергу ведуть до утворення нових токсичних речовин. Тому традиційні способи поліпшення якості палива за рахунок введення в них різноманітних присадок, не завжди задовольняють необхідну умову поліпшення експлуатаційних властивостей палива.

У зв’язку з цим опрацьовуються різні шляхи вирішення проблеми покращення експлуатаційних властивостей палива безреагентними способами, тобто підвищення потужності та економічності двигунів за рахунок використання палив з підвищеним «енергозапасом».

Останнім часом створено передумови для промислової розробки нових способів та найбільш перспективних напрямів поліпшення показників роботи двигуна. Так для зміни фізико-хімічних, експлуатаційних та екологічних властивостей рідких систем широко досліджуються спосіб електрофізичного

впливу, такі як: магнітні та електричні поля, струми високої частоти, ультразвук, ультрафіолетове та γ-опромінення, лазерне випромінювання і т.д.

З перерахованих способів найбільшого поширення у вітчизняній та зарубіжній промисловості набуло застосування магнітного поля та ультразвуку. Особливе місце у зв’язку з простотою технічного рішення та високою економічною ефективністю отримав спосіб магнітного впливу. Сутність його полягає в тому, що технологічна рідина (паливо) з певною швидкістю пропускають через пристрій, в якому створені магнітні поля (постійні або змінні) з відомими характеристиками та топографією поля, внаслідок чого вона набуває підвищеного «енергозапасу», що впливає на експлуатаційні властивості палива та мастил.

Проте досі немає певного наукового пояснення електромагнітного на рідкі системи. Суперечливість відомих з літератури даних обумовлена випадковим вибором конструкції пристроїв, режимів впливу та відсутністю поточного контролю. Жоден із апаратів для магнітного впливу не виготовлений на підставі експериментально отриманих залежностей або достатньо обґрунтованих теоретичних передумов.

Завдання, що вирішуються при електрофізичному вплив на рідкі системи широкі та різноманітні. Вони передбачають пошук та раціональне використання спрямованої зміни фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей рідких систем за допомогою зовнішніх фізичних та електрофізичних впливів.

Висновки по розділу 1

На основі проведеного аналізу сучасного стану проблеми покращення параметрів та характеристик теплових двигунів можна зробити висновок, що модифікування експлуатаційних властивостей вуглеводневого палива є одним із шляхів підвищення ефективності та екологічності теплових двигунів. У меншій мірі досліджено електрофізичний метод модифікації експлуатаційних властивостей палива.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОГО ВПЛИВУ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГЛЕВОДНЕВОГО ПАЛИВА

2.1. Електрофізичний високочастотний вплив на вуглеводневе паливо

Особливу складність при застосуванні магнітного впливу на рідини є вибір оптимальних умов впливу для отримання максимального ефекту та експрес-контроль властивостей рідини. Пристрої, створені для одних рідин, практично не придатні для роботи з іншими рідинами без попередньої перебудови, що на всіх пристроях може бути здійснено. Нестабільність одержуваного корисного ефекту та відсутність поточного контролю за режимом впливу обмежує широке застосування магнітного методу на практиці.

Для підвищення універсальності магнітного методу впливу на рідкі системи, а також для здійснення поточного контролю над процесом впливу в роботі запропоновано високочастотний електрофізичний спосіб впливу, заснований на резонансному поглинанні енергії ядерною системою в неоднорідних магнітних полях.

Відповідно до уявлень квантової теорії для ядер діамагнітної рідини, що знаходяться в зовнішньому магнітному полі H_0 найбільш суттєвою є зеєманівська взаємодія, яка описується гамільтоніаном:

$$H = -q_n \beta H_0 I = -\gamma H_0 I$$

Енергетичний спектр системи ядер складається з $2I+1$ рівновіддалених магнітних підрівнів енергії $E_{(m)}$:

$$\mathrm{E}_{(m)} = -q_n m \beta H_0,$$

кожен із яких характеризується хвильової функцією $\psi_{(m)}$, де $m=\langle I_z \rangle$.

При високочастотному електрофізичному способі впливу, щоб викликати переходи між цими рівнями при протіканні рідини через зону

неоднорідного постійного магнітного поля, на неї одночасно впливають високочастотним змінним електромагнітним полем H_1.

Частота змінного поля збігається з частотою прецесії ядер у цьому постійному магнітному полі H_0 і спостерігається вибіркове поглинання енергії протонною системою рідини [32]:

де ω – частота прецесії ядер.

Вісь спрямована вздовж вектора змінного електромагнітного поля, вісь z- вздовж вектора постійного магнітного поля.

Після виходу рідини з поляризуючого поля вона має проекції намагніченості на осі координат M_X, M_y, M_Z.

Внаслідок прецесії намагніченості під дією змінного електромагнітного поля H_1 змінюється величина M_Z, при цьому швидкість зміни M_Z рівна:

$$\frac{dM_z}{dt} = -M_y \gamma H_1$$

Швидкість зміни M_x в результаті процесії намагніченості пд впливом постійного поля H_0 рівна :

$$\frac{\mathrm{dM_z}}{\mathrm{dt}} = -(\gamma \mathrm{H_0} - \omega)\mathrm{M_y}$$

Внаслідок цього величина M_y змінюється зі швидкістю:

$$\frac{\mathrm{dM_y}}{\mathrm{dt}} = -\mathrm{M_z}\gamma \mathrm{H_1} + \mathrm{M_x}(\gamma \mathrm{H_0} - \omega).$$

Отримані рівняння справедливі протягом проміжку часу, набагато меншого часу релаксації T_1 та T_2. Продольна спін-решіткова релаксія T_1 викликає зміну M_X та M_y зі швидкістю:

$$\frac{\mathrm{dM_z}}{\mathrm{dt}} = \frac{X_0 \mathrm{H_0} - \mathrm{M_Z}}{\mathrm{T_1}},$$

а поперечна релаксація T_2 викликає зміни M_X та M_y зі швидкістю:

$$\begin{cases} \dfrac{\mathrm{dM_z}}{\mathrm{dt}} = -\dfrac{\mathrm{M_x}}{\mathrm{T_2}} \\ \dfrac{\mathrm{dM}_y}{\mathrm{dt}} = -\dfrac{\mathrm{M_y}}{\mathrm{T_2}} \end{cases}$$

Отже, зміна намагніченості ядер; що знаходяться в постійному магнітному полі напруженістю H_0 та під дією змінного електромагнітного поля

H_1, що змінюється з частотою ω, описується системою трьох рівнянь Блоха [11,38]:

$$\begin{cases} \dfrac{dM_x}{dt} = -(\gamma H_0 - \omega)M_y - \dfrac{M_x}{T_2} \\ \dfrac{dM_y}{dt} = -M_z\gamma H_1 + M_x(\gamma H_0 - \omega) - \dfrac{M_y}{T_2} \\ \dfrac{dM_z}{dt} = M_y\gamma H_1 + \dfrac{X_0 H_0 - M_Z}{T_1} \end{cases}$$

Змінне електромагнітне поле H_1 викликає збурення системи спінів, що описується гамільтоніаном гамильтоніаном H':

$$H'(t) = H\cos\omega t = q_n\beta(I_X H_{1X} + I_y H_{1y} + I_Z H_{1Z})\cos\omega t.$$

Якщо до включення змінного електромагнітного поля H_1 у момент часу $t = 0$ спін знаходиться у початковому стані $\psi(m)$, то згідно першому наближенню теорії збурень, що залежить від часу, ймовірність того, що при $t = \tau$ спін перебуватиме в стані $\psi'(m')$, рівна:

$$a(\tau)^2 = \int_0^2 < \psi^\tau H'(t)\psi' > e^{i\omega' t}dt^2,$$

де $\omega' = (E - E')$.

Так як зміна локального поля всередині системи спінів можна вважати невеликою, слід очікувати, що існує безперервний розподіл стану з максимумами на околиці E і E' . Це наводить до виникнення результуючого резонансного поглинання з максимумом поблизу резонансної частоти $\omega_0 = q_n\beta H$.

Крім збурення, обумовленого змінним електромагнітним полем H_1, на спіні протонів діє випадковим чином змінюється у часі поле, що описує, з

феноменологічної точки зору, теплові релаксаційні взаємодії спінів із ґратами. Це призводить до появи певної кінцевої ймовірності релаксаційних переходів $U(m \rightarrow m`)c^{-1}$, що залежить деяким чином від температури решітки T , а також до встановлення теплової рівноваги енергетичних рівнів зі своїм оточенням за законом Больцмана без змінногоелектромагнітного поля H_1.

Інакше висловлюючись, ймовірності релаксаційних переходів, зумовлених тепловими процесами, мають бути відповідно пропорційні больцмановским заселеностям у кінцевому стані.

Вплив електромагнітного поля H_1 викликає інтенсивні переходи «знизу вгору» і «зверху вниз» між рівнями та больцманівський розподіл заселеностей порушується. Але оскільки на нижчому енергетичному рівні частинок більше, ніж на верхньому, то переходів «знизу нагору» буде теж більше, ніж назад. При цьому збільшується енергія середовища, а отже, електромагнітна енергія поля *С*частково поглинається.

Спінова система, що поглинула деяку енергію, підвищує свою енергію, а за рахунок спін-решіткової релаксації T_1 відбувається відновлення теплової рівноваги із середовищем, тобто із будь-яким оточенням, яким може бути і газ, і рідина, і тверде тіло.

При взаємодії із середовищем усі ядра зі спіном $I=1/2$ у зразку створюють локальні магнітні поля навколо себе, із якими взаємодіють магнітні моменти неспарених електронів.

Таким чином, систему можна описати гамільтоніаном:

$$H = H_{\text{e}} + H_{\text{n}} + H_{\text{ne}},$$

де H_{e} – гамільтоніан слабко взаємодіючих електронів; H_{n} – гамільтоніан, що включає зеєманівську енергію ядер у постійному магнітному полі H_0 та енергію магнітної взаємодії між ядрами; H_{ne} – гамільтоніан взаємодії між ядерними та електронними спінами.

Усталому стані різниця населеностей n дорівнює:

$$\text{n} = \frac{\text{n}_0}{1 + (\gamma \text{H}_1)^2 \text{T}_1 \text{T}_2},$$

де n_0 - різниця заселеностей при термічній рівновазі.

Якщо усунути змінний електромагнітний вплив на рідину, то ймовірність переходів «вниз» і «вгору» в одиницю часу дорівнюватиме:

$$n=n_o+Ce^{-t/T}$$

де C – константа інтегрування.

Це рівняння зручніше записати у вигляді:

$$n - n_0 = (n - n_0)_0 e^{-t/T_1},$$

де $(n - n_0)_0$ відхилення від теплової рівноваги у початковий момент часу.

З рівняння випливає, що після збурення різниця заселеностей, а водночас і сумарне намагнічування зразка, повертається до стаціонарного стану експоненційно. При цьому встановлення поздовжньої компоненти ядерної намагніченості відбувається внаслідок обміну енергії між системою ядерних спінів та молекулярною системою. Швидкість цього обміну, а отже і встановлення поздовжньої складової визначається інтенсивністю спін-решіткової взаємодії.

Потужність P , що поглинається спінами зі змінного електромагнітного поля, дорівнює:

$$P = \omega W_n = \omega W = \frac{n_0}{1 - (\gamma \mathrm{H}_1)^2 T_1 T_2}.$$

Таким чином, вимірюючи втрати на резонансній частоті в котушці індуктивності, через яку протікає рідина, можна виявити ядерне магнітно-резонансне поглинання, обумовлене переходами між магнітними підрівнями. Зрештою, при резонансному поглинанні спіни переносять енергію від змінного електромагнітного поля до молекулярної системи рідини.

З різниці заселеностей рівнів випливає, що речовина має магнітну сприйнятливість і комплексна сприйнятливість зразка дорівнює:

$$\chi = \chi' - j\chi'',$$

де уявна частина, якою $j\chi''$ визначає поглинання потужності змінного електромагнітного поля на одиницю об'єму зразка. При цьому зв'язок між мікроскопічними та макроскопічними властивостями можна встановити,

обчислюючи середнє значення, що поглинається в одиницю часу, енергії $P\omega$ змінного електромагнітного поля $H_1 cos\omega t$.

$$P_\omega = 2\omega\chi'' H_1^2 \cos\omega t.$$

Ця рівність встановлює просту залежність між поглинається gотужністю P , сприйнятливістю χ'' та амплітудою змінного магнітного поля H_1. Величини χ' та χ'' пов'язані один з одним, тобто речова частина комплексної сприйнятливості – дисперсія χ' виражається через χ'' за допомогою співвідношення Крамера-Кроніга [18,29]:

$$\chi'\omega = \frac{1}{2}\chi_0\omega_0 \frac{T_2^2(\omega_0 - \omega)}{1 + T_2^2(\omega_0 - \omega)^2 + \gamma_n^2 H_1^2 T_1 T_2}$$

$$\chi''\omega = \frac{1}{2}\chi_0\omega_0 \frac{T_2^2}{1 + T_2^2(\omega_0 - \omega)^2 + \gamma_n^2 H_1^2 T_1 T_2}$$

де χ_0 - статична сприйнятливість Кюрі,

$$\chi_0 = \frac{N_v q_n^2 \beta I(I+1)}{3kT},$$

де N_v - число спінів в одиниці об’єму.

Величина χ'' різко зростає поблизу резонансу і викликає сильне резонансне поглинання енергії з коливального контуру високочастотного генератора. При цьому спостерігається сигнал абсорбції енергії, тобто енергія, яка поглинається ядром під час переходу з одного енергетичного рівня на інший $\Delta E = h\gamma H_o$.

Рідина, що перебуває досить тривалий час у постійному магнітному полі, має рівномірну намагніченість ядер, спрямовану паралельно до поля. Повільна зміна напрямку магнітного поля призводить до повороту разом з ним і намагніченості ядер. Якщо поворот магнітного поля здійснюється за час t , набагато менше періоду прецесії ядер:

$$t << \frac{2\pi}{\gamma H_0},$$

то намагніченість ядер не встигає повернутися і відхиляється від напряму

магнітного поля. Вперше цей ефект було виявлено Пурселлом та Паундом.

Відхилення намагніченості ядер від напрямку магнітного поля в проточній рідині, яка попередньо поляризувалася в сильному магнітному полі, здійснювалося за рахунок протікання рідини всередині нутації котушки, через яку пропускали імпульс струму. При цьому котушка нутації знаходиться в неоднорідних магнітних полях. Потім рідина надходила до котушки високочастотного впливу і на виході пристрою змінювалася амплітуда сигналу абсорбції.

Вплив осцилюючого електромагнітного поля з частотою, що дорівнює частоті прецесії ядер у даному неоднорідному магнітному полі, відхиляє намагніченість ядер від напрямку поля H_0 на певний кут θ (кут натурації), який визначається виразом:

$$\theta = \gamma H_1 \Delta t,$$

де H_1 – напруженість змінного електромагнітного поля, А/м, Δt – час дії поля H_1, с.

Намагніченість M ядер в рідині, що втікає в котушку високочастотного впливу, пропорційна проекції намагніченості ядер в рідині, що випливає з котушки нутації, і залежить від часу руху рідини між котушками:

$$M = M_{z\ вих} e^{-V_T / qT_1}.$$

Величина M пропорційна амплітуді сигналу абсорбції (емісії) у котушці високочастотної дії.

За резонансних умов у котушці нутації відбувається поглинання енергії електромагнітного поля, що призводить до переходу ядерних спінів із нижнього рівня енергії на верхній. Якщо в котушку високочастотного впливу (нутації після котушки) надходить рідина, яка має верхньому стані населеність більше, ніж у нижньому, то результуюче поглинання буде негативно, тобто система віддає енергії більше, ніж одержує. При цьому відбувається зміна сигналу абсорбції за амплітудою та за знаком:

$$A_n = \frac{M_{z\ вих} - M_n e^{V_n / qT_1}}{M_n e^{-V_n / qT_1}} = -\left(1 - \frac{M_{z\ вих}}{M_n}\right).$$

де M_n - намагніченість ядер, входящих в катушку нутації.

Таким чином, збудження в датчику нутації осцилюючого поля, при встановленні резонансної частоти по максимуму ефекту нутації та підборі амплітуди коливань на котушці нутації у високочастотному коливальному контурі з'являється негативний сигнал абсорбції. Це означає, що з надходження рідини в котушку високочастотного впливу негативно поляризованої рідини у ній замість сигналу абсорбції спостерігається сигнал емісії, тобто спінова система ядер випромінює енергію в радіочастотний коливальний контур і спостерігається сигнал емісії, що говорить про зменшення енергетичного стану протонної системи та рідини загалом. Завданням, на вирішення якої спрямоване вивчення ефекту подвійного ядерного резонансу, є можливість застосування даного способу підвищення октанового числа бензину при збереженні його якості, швидкодії, ефективності, економічності, екологічності і т.д. при дії на протонну систему вуглеводневих рідин (бензинів) [37].

2.2 Магнітні впливи на характеристики вуглеводневого палива

Дослідження різних методів впливу на фізико-хімічні властивості вуглеводневих палив призначене для забезпечення надійної експлуатації теплових двигунів, зниження витрати палива та зменшення токсичності газів, що відпрацювали в умовах експлуатації.

Вітчизняний і зарубіжний досвід експлуатації теплових двигунів показує, що якість застосовуваних палив оцінюється за їх фізико-хімічними, експлуатаційними та екологічними властивостями. , в'язкість, теплоємність, теплопровідність, діелектрична проникність, елементний, фракційний та хімічний склади; тиск насичених пар та інші [19,26,37].

Сучасні палива і мастильні матеріали, отримані з нафтової сировини, є надзвичайно складною сумішшю вуглеводнів. азоту в паливах зазвичай

міститься від часток відсотка до 1…2%. Незважаючи на це, через відмінність їх властивостей від властивостей вуглеводнів невуглеводневі сполуки істотно впливають на експлуатаційні властивості теплових двигунів. Тому для отримання достовірних результатів при дослідженні ЕФВ на експлуатаційні властивості горюче-мастильних матеріалів необхідно знати зміни їх фізико-хімічних властивостей.

Існуючі рідкі вуглеводневі середовища за умовами застосування в теплових двигунах можна розділити на:

– автомобільні та бензини та масла, для поршневих двигунів з іскровим запалюванням;

– дизельні палива та олії, для двигунів із запаленням при стисканні;

– реактивні палива та олії, для повітряно-реактивних двигунів.

У зв'язку з широким вивченням впливу електрофізичного впливу на паливо та мастильні матеріали як об'єкти дослідження були використані: автомобільні бензини АІ-92 та АІ-95 [23]; авіаційні палива ТС-1 [24], РТ [26], Т-8В [27]; дизельні палива Л-0,2-40, Л-0,5-40 [28]; малов'язке дистилятне масло МС-8п [23]. Вибір цих вуглеводневих середовищ ґрунтується на врахуванні відмінності їх фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей.

За електрофізичними властивостями вуглеводневі середовища відносяться до діелектриків і мають дуже малу електричну провідність. Діелектрична проникність палив залежить від фракційного складу: бензинів знаходиться в межах ε =1,980÷2,055, для керосинів ε =2,050÷2,095, для дизельних палив – ε = 2,160 ÷ 2,195.

Основи нафтових мвстил, як правило, становлять висококиплячі фракції нафти, тому і значення діелектричної проникності їх ε = 2,200 та вище.

У роботі досліджується механізм магнітного на атомні частинки вуглеводневих палив з метою оцінки ефективності цього на експлуатаційні властивості палив і процеси в камерах згоряння теплових двигунів.

Електрони атома та ядра деяких елементів (H_1, C_{13}, O_{17}, P_{31}, Li_7, F_{19} і інші) мають магнітний і механічний моменти. Спін електрона проявляється у вигляді тонкої структури атомних спектрах. У разі ядер ця властивість виявляється у вигляді надтонкої структури. Магнітний момент електрона взаємодіє із магнітним моментом ядра. Енергія взаємодії залежить від взаємної орієнтації спінів чи магнітних моментів, а кількість можливих орієнтацій визначається спіном ядра. Сумарний спін ядра залежить від того, чи компенсують один одного спіни складових частин ядра чи ні.

У магнітному полі магнітні моменти протону зі спіном $I = \pm 1\ 2$ орієнтуються лише двома способами – за напрямом поля чи проти напрямку полямагнітне поля. Кожне ядро, що має магнітний момент, потрапляючи вздобуває зеєманівську додаткову енергію – μH_0 . Гамільтоніан H у цьому випадку має вигляд [25, 26]:

$$H = -\mu_n H_o ,$$

де μ_n - магнітний момент протона, рівний 1,41·10-26 Дж/Тл; H_0 – напруженість магнітного поля, А/м.

Нехай поле H_0 направлене по осі Z системи координат (рис. 2.1).

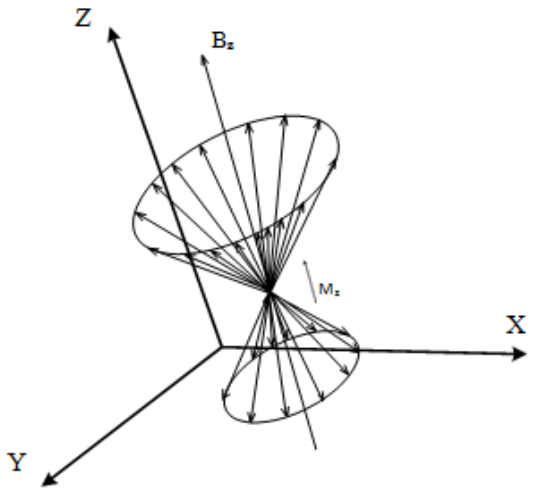


Рисунок - 2.1 Напрями напруженості магнітного поля

Тоді зеемановська взаємодія описується гамільтоніаном:

$$H = -\gamma h H_o I_z \ ,$$

де γ – гіромагнітне відношення ядра, для H^1 γ_1 = 42ю57 МГц/Тл; h - постійна Планка, що дорівнює 6,62 · 10^{-34} Дж · сек; I_z - спиновий момент ядра.

При зміні повного моменту ядра значно змінюється його стан, тобто змінюється його внутрішня енергія. З принципів статистичної фізики випливає, що відношення чисел протонів n з різними орієнтаціями магнітних моментів дорівнює:

$$\frac{n_{(+\mu)}}{n_{(-\mu)}} = e\frac{2\mu H}{kT}, \qquad (2.1)$$

де T - абсолютна температура рідини, К; $n_{(+\mu)}$, $n_{(-\mu)}$ – населеності рівнів; k – постійна Больцмана, що дорівнює 1,38 ·10^{-23} Дж/К.

Ядерна поляризація P у звичайних умовах буває незначною через малості
μ_n і визначається з виразу:

$$P = \frac{n_{(+\mu)} - n_{(-\mu)}}{n_{(+\mu)} + n_{(-\mu)}}, \qquad (2.2)$$

При збільшенні напруженості зовнішнього магнітного поля збільшується різницю енергії для спіна, спрямованого проти поля та спіна, спрямованого по полю, що призводить до зростання поляризації. Однак це вибудовування спінів відбувається не одразу. До накладання магнітного поля число спінів, спрямованих «вгору» і «вниз», було однаковим, а потім у полі частина спінів, спрямованих проти магнітного поля, перевертається. Переорієнтація ядерного спіна супроводжується зміною його енергії, тому може відбуватися лише у присутності будь-якого об'єкта, з яким ядро обмінюється енергією. Такими об'єктами можуть бути електрони, сусідні ядра, парамагнітні елементи (кисень та ін.), іони, вільні радикали або радіочастотний контур з високою добротністю,
налаштований на частоту прецесії ядер у зовнішньому магнітному полі.

Обсяг речовини має спрямований уздовж зовнішнього поля сумарний магнітний момент ядер *M* (намагніченість):

$$M = \mu[n_{(+\mu)} - n_{(-\mu)}].$$

Використовуючи вираз (2.1), можна записати:

$$\frac{n_{(+\mu)}}{n_{(+\mu)}}\frac{-n_{(-\mu)}}{+n_{(-\mu)}} = \frac{e^{\frac{2\mu H}{kT}}-1}{1+e^{\frac{2\mu H}{kT}}}, \qquad (2.3)$$

так як звичайно $\frac{2\mu H}{kT}$<<1, то $e^{\frac{2\mu H}{kT}} \approx 1 + \frac{2\mu H}{kT}$

Звідки для загальної кількості ядер в одиниці об'єму речовини n_0 момент *M* дорівнює:

$$\mathrm{M} = \frac{2\mu H_0 n_0}{kT}. \qquad (2.4)$$

Швидкість зміни намагніченості ядер *M* в магнітному полі H_o визначається виразом:

$$\frac{\mathrm{dM}}{\mathrm{dt}} = \frac{\chi_0 \mathrm{H}_0 - \mathrm{M}}{\mathrm{T}_1},$$

(2.5)

де χ_0 – статистична магнітна сприйнятливість ядер; T_1 – час продольної релаксації.

Експериментально встановлено, що намагніченість досягає своєї рівноважної величини за час порядку $3T_1$, тобто якщо речовина протягом часу, набагато більше T_1 знаходилося у сильному магнітному полі H_0 , тоді рівноважна намагніченість ядер дорівнює:

$$\mathrm{M} = \chi_0 \mathrm{H}_0.$$

Різке зменшення напруженості магнітного поля до величини $H_0^{'}$. призводить до того, що намагніченість змінюється зі швидкістю, що визначається виразом (2.5). При прискореній релаксації ядер у присутності парамагнітних частинок та вільних радикалів енергія, поглинена ядром при його переорієнтації у зовнішньому магнітному полі, поглинається

непарними електронами, що знаходяться поблизу ядер.

Зазвичай серед хімічних з'єднань рідко зустрічаються такі, де є неспарений електронний спін. Відбувається це через хімічну активність таких речовин. Хімічна зв'язок, зазвичай, забезпечується електронами з протилежно спрямованими спінами, тобто. повний спін хімічної сполуки дорівнює нулю.

У реальних об'єктах (вуглеводневі рідини, вода) присутні атоми з відмінним від нуля електронним спіном, це парамагнітні центри - кисень, вільні органічні радикали та ін. Спіни електронів парамагнітних центрів взаємодіють зі спінами ядер основного хімічного з'єднання, куди вміщені ці центри. Тому релаксаційні спінові переходи відбуватимуться в основному за рахунок взаємодії ядерних спінів із електронними. Проте ядерні спіни взаємодіють як зі спінами електронів, а й один з одним.

Ядерні спіни дуже слабо пов'язані з тепловим рухом частинок у зразку, і заселеність ядерних спінових рівнів дуже повільно приходять до своїх рівноважних значень. Зокрема, згідно з теорією Бломбергена, час ядерної релаксації H^3_e обумовлене тільки магнітним дипольним взаємодією ядерних моментів, що дорівнює 109 с. Якщо врахувати релаксацію на стінках судини, то ця величина зменшується до $4 \cdot 10^3$с, залишаючись все ж таки досить великою.

Збільшення поляризації ядер за рахунок зміни орієнтації спінів протонів неминуче має викликати переорієнтацію електронних спінів у молекулах в основному за рахунок надтонкої контактної взаємодії, що в свою чергу вплине на фізичні властивості рідини. При цьому велику роль відіграє взаємодія ядерних спінів із електронною структурою речовини, взаємодія між ядерним та електронним магнітними моментами.

Спін ядра взаємодіє з електронами трьома шляхами:

1. Внаслідок впливу магнітного поля ядерного диполя на орбітальні магнітні моменти електронів виникають електронні струми. Відповідний член у гамільтоніані дорівнює:

$$H = q_n \beta_0 \beta \frac{2L \cdot I}{r^3},$$

де q_n - ядерний g-фактор; β_n – магнетон Бора; β - стан протону (1/2); I – спін ядра; L - орбітальний кутовий момент електрона; r – відстань між магнітними моментами.

2. Дипольна взаємодія між електронним спіном та ядром поляризує електронні спіни в тій частині молекули, яка близька до ядра за рахунок сильних взаємодій СТС електронних спінів з ядрами того ж атома.

3. Найбільш важливою взаємодією є контактна, в результаті якої спіни електронів в атомі прагнуть розташуватися антипаралельно ядерному спіну. Оскільки електронні спіни у різних частинах молекули взаємодіють через хімічний зв'язок, то електронна спінова поляризація на ядрі супроводжується утворенням невеликого надлишку електронів у стані +1/2 або -1/2 на іншому ядрі, яке орієнтує свій спін антипаралельно або паралельно спіну першого ядра.

Константа спін-спінової взаємодії протонів у водневмісних молекулах винятково велика і взаємодія послідовно передається через кілька зв'язків. Шляхи, якими обурення, створене ядерним спіном, передається електронному хмарі молекули, можуть бути різними для різних сполук.

Ядро обурює валентні електрони. Спіни електронів, що контактно взаємодіють зі спіном ядер, вибудовані обмінною взаємодією. Тому впорядковуючий вплив таких електронів буде особливо сильним, оскільки впливи від різних електронів складаються. Завдяки взаємодії ядерних магнітних моментів з магнітними моментами електронів, спіни електронів можуть перевертатися, і врешті-решт встановлюється рівноважна заселеність енергетичних рівнів.

Поляризація ядер проточної рідини постійним магнітним полем досягається за рахунок пропускання її у міжполюсному просторі магніту. При цьому поляризуюча система створює в рідині, що протікає через магнітне поле, намагніченість ядер M відмінну від рівноваг.

Збільшення поляризації ядер найбільше просто здійснюється за рахунок впливу сильного магнітного поля протягом заданого часу. Як зазначалося вище, час впливу магнітного поля має бути порядку $3T_1$.

Як випливає з виразу (2.4), величина намагніченості, отже, і поляризація пропорційна величині поля.

Таким чином, поляризація рідини визначається конструктивними особливостями пристрою створення магнітного поля.

Конструкція магнітного пристрою для впливу на рідину в динамічних умовах повинна забезпечувати однакову швидкість подачі рідини по перерізу об'єму і створення більш тривалого часу знаходження її в зоні дії магнітного поля при тому самому витраті. При виконанні цієї умови час t перебування рідини в поляризуючому полі дорівнює:

$$t = \frac{V_n}{q},$$

де V_n – об’єм міжполюсного простору поляризатора; q-витрата рідини.

Якщо напруженість магнітного поля поляризатора H_n однакова в межах пристрою, то величина намагніченості M_z ядер в рідині після магнітного пристрою дорівнюватиме:

$$\mathrm{M}_{n=}\chi_0\mathrm{H}_\mathrm{n}\left(1 - e^{\frac{-V_n}{qT_1}}\right)M_1 e^{\frac{-V_n}{qT_1}}.$$

Для отримання максимальної поляризації рідини, що з пристрої, необхідно виконати умову $V_n/qT_1 >> 1$, а для того, щоб M_1 відрізнявся від максимальної величини $\chi_0 H_0$ меньше ніж на 5 %, треба щоб умову $V_n/qT_1 > 3$.

Поляризацію ядер рідини можливо забезпечити за рахунок знакозмінного постійного магнітного поля. У знакозмінному магнітному полі при повороті зовнішнього поля можна здійснити безперервну інверсію намагніченості ядер у поточній рідині. З цією метою необхідно створити таку топографію магнітного поля, щоб на деякій ділянці траєкторії руху рідини воно змінювало знак, і щоб при проходженні рідини через цю ділянку

намагніченість ядер встигала повертатися за полем. При цьому, якщо зміна напрямку магнітного поля відбувається на ділянці довжиною *l*, то при русі ядер рідини зі швидкістю *W* поворот поля здійснюється за час *t.* Тому, щоб поляризація ядер встигала слідувати за поворотом вектора зовнішнього магнітного поля, час має бути більшим за період прецесії ядер рідини в момент повороту $2\pi/\gamma H$, де H – середня напруженість поля на ділянці l , γ – гіромагнітне відношення. Відстань *l* визначається геометричними розмірами пристрою, що забезпечує необхідну топографію магнітного поля.

Однак цьому необхідно дотримуватися синфазність полів, тобто щоб за окремих змін напрямку магнітного поля відхилення намагніченості ядер має підсумовуватися, тобто. з кожною наступною зоною поляризація зростає. Це буде дотримуватися, якщо за час між поворотом поля кут прецесії намагніченості ядер становить парне число π. Синфазність впливу залежить від швидкості руху рідини, відстані між зонами та градієнтом dH/dx. За відсутності синфазності та граничного випадку – протифази, ефект дії зменшується і може призвести до зникнення.

Таким чином, швидкість руху рідини через магнітне поле виявляється пов'язаною зі швидкістю прецесії ядер. Час впливу чи загальна довжина магнітної зони визначається часом релаксації, тобто. буде залежати від фізичних властивостей рідини та наявності у ній домішок. Ці важливі моменти не враховувалися раніше розробки пристроїв для магнітного впливу, описаних у літературі.

2.3 Вплив постійного магнітного поля на вуглеводневе паливо

З моменту виробництва на заводі і до згоряння двигуна на паливо впливає ряд факторів, які викликають зміну експлуатаційних властивостей Ступінь зміни якості палив під дією цих факторів різна в залежності від їх складу.

При тривалому зберіганні бензинів і дизельних палив у результаті

окислення утворюються смоли, які поряд з киснем містять сірку і азот.

Залежно від хімічного складу та структурних особливостей вуглеводневих сполук, що входять до складу палив та олій, магнітна сприйнятливість нафтопродуктів буде різною.

Вуглеводневий склад палив і масел має діамагнітні властивості, а вільні радикали, розчинений у паливі кисень і кисневмісні елементи мають яскраво виражені парамагнітні властивості [13]. Внаслідок цього при поміщенні палив та масел у неоднорідне магнітне поле на їх компоненти діятимуть пондеромоторні сили:

$$F = m\chi H\frac{dH}{dz},$$

де m - маса зразка; χ - магнітна сприйнятливість компоненти; H – напруженість магнітного поля; $dH/\ dz$ - градієнт магнітного поля в напрямі осі z.

Ці сили для компонентів палива з різною магнітною сприйнятливістю відрізнятимуться за величиною та напрямом дії, що у свою чергу має впливати на швидкість та глибину окисних перетворень вуглеводнів [14, 15, 35] у процесах транспортування та зберігання.

Дослідження впливу постійного магнітного поля на хімічний склад, фізичні та фізико-хімічні властивості палив проводили у статичному режимі впливу протягом 21 діб при напруженості магнітного поля 40 кА/м. Для виключення побічних явищ у контрольних дослідах визначали вплив природного розсіяного денного випромінювання при вільному доступі повітря до вуглеводневих рідин та герметично закритих судинах. Визначали характер впливу спільної дії магнітного поля та природного денного випромінювання. Через кожні 72 години рідини витягали з поля постійного магніту вимірювання контрольованих величин. Жодної попередньої підготовки зразків палив перед експериментами не проводили. Вимірювання проводили за температури навколишнього середовища – 293 ± 1 К [16].

2.4 Окислюваність вуглеводневого палива

При транспортуванні, зберіганні та експлуатації вуглеводневі рідини розчиняють до 25% повітря завдяки процесу дифузії або при перемішуванні. більше газів, у тому числі і кисню, ніж в аналогічних за товщиною шарах, розташованих в іншому об'єм палива. При нормальних умовах у паливах вміст кисню на 60-70% вище, ніж азоту [12]. розчинних та твердих смолистих сполук.

Вплив магнітного поля на окислюваність палива ТС-1 оцінювали за коефіцієнтом світлопропускання, що визначається приладом типу ФЕК-56М Зі збільшенням у паливі смол та продуктів ущільнення коефіцієнт світлопропускання зменшується.

Як видно з даних рис.2.2 магнітне вплив на паливо в герметично закритих ємностях, що містить тільки розчинений кисень, призводить до незначного зменшення коефіцієнта світлопропускання. Це дозволило зробити припущення, що в цих умовах окислення палива йде з незначною швидкістю. і магнітного поля коефіцієнт світлопропускання змінюється більше.

До кінця 21 діб він знижується на 1…1,5 %. Оптична щільність палива при його зберіганні на світлі зростає нерівномірно, мабуть, внаслідок одночасного утворення та випадання з розчину смолистих сполук.

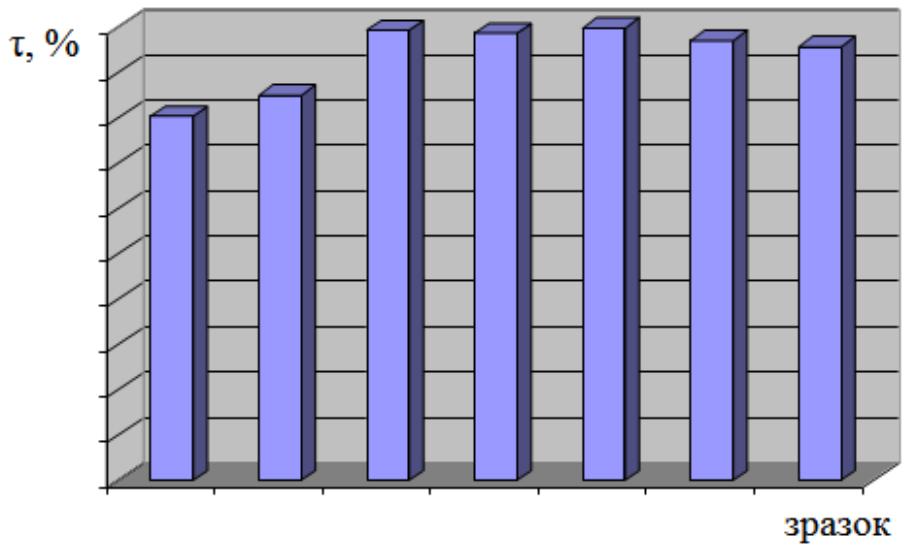


Рисунок 2.2 - Зміна коефіцієнта світлопропускання за різних способів зберігання

При вільному доступі повітря найбільша швидкість зміни коефіцієнта світлопропускання, а отже, і швидкість накопичення продуктів окислення, спостерігається при опроміненні палива розсіяним денним світлом. Через 3 доби опромінення коефіцієнт світлопропускання знизився приблизно 5 %, а до кінця поставлених досліджень (21 день) він знизився більш як 20 %. Вплив магнітного поля у умовах виявилося у зменшенні швидкості зниження коефіцієнта светопропускания. Зі збільшенням часу ефективність такого впливу дещо підвищується. Так, наприклад, коефіцієнт світлопропускання для зразка опромінюваного денним світлом у магнітному полі при вільному доступі повітря протягом 6 діб нижче на 2,5%, а через 21 добу - приблизно на 5%.

Нижча швидкість зміни коефіцієнта світлопропускання відзначається при вільному доступі повітря до поверхні палива при відсутності денного випромінювання та магнітного поля. Магнітна дія на паливо з вільним доступом повітря позначається на деякому (до 1,5%) зниженні коефіцієнта світлопропускання.

Таким чином, окислення товарного палива в магнітному полі при статичному режимі впливу, вільному доступі повітря до поверхні рідини та опроміненні розсіяним денним світлом відбувається зі значно меншою глибиною та швидкістю. Це очевидно, пов'язано з утворенням продуктів окиснення вуглеводнів, які, розподілялися по всьому обсягу палива, утворюють невеликі асоціати, що гальмують подальший окислення. Прискорення процесу автоокислення світловою енергією пояснюється з допомогою підвищення енергії електронів, отримання кванта енергії, і їх на більш високий енергетичний рівень чи відриву від нейтральної молекули. Реакція фотоокислення є триплет-триплетною анігіляцією, що виникає внаслідок обмінно-резонансної взаємодії, а ця анігіляція є магніточутливою.

2.5 Вплив електрофізичного на економічні та екологічні показники роботи теплового двигуна

Найважливішим показником якості дизельних палив є схильність до займання при зіткненні з повітрям. Займистість палив оцінюється цетановим числом (ЦЧ) від величини якого, у свою чергу, залежить тривалість періоду затримки займання ηі (ПЗВ) палива [41].

Для оцінки стандартної характеристики (ЦЧ) досліджуваного дизельного палива використовували спеціальну одноциліндрову установку ІДТ-90 з робочим об'ємом циліндра двигуна 652 мл та змінним ступенем стиснення.

Розбіжності щодо цетанового числа, за методом збігу спалахів, вихідного палива не відрізнялися від середнього арифметичного порівнюваних результатів більш ніж ± 1,4 цетанові одиниці.

Визначення займистості дизельного палива на установці ІДТ-90 полягало в порівнянні досліджуваного вихідного зразка палива і зразка палива підданого ЕФВ з еталонними паливами, займистість яких відома (суміш двох індивідуальних вуглеводнів: цетану-н-генсадекана С16Н34.

Проведені випробування показали, що після електрофізичного на дизельне паливо відбувається збільшення цетанового числа на 2,5…3,5 одиниці. Збільшення цетанового числа свідчить про підвищення займистості вуглеводневого палива, тобто. про зменшення періоду затримки займання ηі, що визначається за формулою Н.М. Семенова [40]:

$$\tau_i = \frac{const}{A_{см}} P^{-v} e^{\frac{E_a}{RT}},$$

де $A_{см}$ - множник, що залежить від складу реагуючої суміші; v – сумарний порядок реакції розгалуження; P – тиск повітря у циліндрі; E_a – енергія активації; T – температура суміші, що реагує.

Зміна ЦЧ характеризує тільки одну із складових загального періоду затримки займання, а саме $\eta_{хім}$, в той час, як ηфіз випробуванні на одному і

тому ж двигуні залишається практично постійною величиною швидкість окислення з утворенням пероксидів та інших легкозаймистих продуктів неповного окислення значна і залежить від енергії активізації E_a. Швидкість хімічної реакції горіння з палива в даний час пропорційна добутку концентрації реагуючих речовин в той же час:

$$W_f = \frac{dC_f}{df} = k_f C_f^{v_f} C_k^{v_k}$$

де k_f - константа швидкості реакції; C_f, C_k - концентрація відповідно палива та кисню; v_f, v_k – порядки реакції відповідно до палива та кисню; η – час.

Залежність константи швидкості хімічної реакції визначається згідно із законом Арреніуса:

$$K_f = k_0 \sqrt{T e^{\frac{-Ea}{RT}}},$$

де k_0 - коефіцієнт, що залежить від молярних мас речовини та розмірів реагуючих молекул; $e^{\frac{-Ea}{RT}}$ - експоненційна функція Арреніуса, що виражає залежність швидкості реакції від енергії активації та температури. Отже, при зменшенні енергії активації E_a, як наслідок електрофізичного впливу на міжмолекулярну енергію взаємодії між молекулами палива та кисню, швидкість реакції горіння по паливу W_f зросте. Завдяки зменшенню η_i, тривалість першої фази (ПЗВ) скорочується і, отже, менша частка палива потрапляє за цей час у циліндр двигуна. Це призводить до зрушення початку другої фази (швидкого горіння) ліворуч від ВМТ. Зменшення кількості палива в період затримки займання ηі, але достатнього для стійкого займання суміші, призводить до отримання найкращого показника жорсткості та економічності робочого процесу дизеля.

Підвищення швидкості реакції окислення W_f в основній фазі горіння є однією з вимог покращення економічності та сприяє збільшенню повноти згоряння. Поліпшення процесів згоряння палива в попередніх фазах призводить до скорочення фази догоряння, що спричиняє зменшення температури відпрацьованих газів (ОГ).

Стендові дослідження впливу електрофізичного впливу на дизельне паливо щодо визначення потужнісних, економічних та токсичних показників роботи автомобільного дизеля проводили на експериментальній установці, створеній у лабораторії відділу дослідження методів економії автомобільного палива НВО «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІПРОЕКТ».

Випробування проведено на повнорозмірному чотиритактному чотирициліндровому дизелі фірми Mercedes-Benz та дизелі автомобіля КамАЗ - 740. До складу стенду (рис. 2.3) входить двигун (1), з'єднаний карданним валом з електродинамічною навантажувальною установкою "ZÖLLNER - K" 350AC (Німеччина) (5), ваговий витратомір палива з похибкою 0,5% (2) та контрольно-вимірювальна апаратура (3,4). Димність газів, що відпрацювали, вимірювали димометром "Hartridge" МК-3 (Великобританія), а концентрацію оксидів азоту - хемілюмінесцентним газоаналізатором NO/NOx 344-ХЛ-01. Пристрій ЕФВ встановлювали в паливну систему дизеля між паливопідкачуючим насосом і паливним насосом високого тиску.

Зняття навантажувальної характеристики дизеля фірми Mercedes-Benz проводили при серійній системі живлення та регулюванні двигуна згідно з інструкцією з експлуатації. Навантажувальну характеристику двигуна визначали при постійній частоті обертання колінчастого валу, що дорівнює 2500 $хв^{-1}$, що відповідає максимальному моменту, що крутить. Навантаження при цьому змінилося від нуля до максимального. Визначали частоту обертання колінчастого валу, крутний момент двигуна, витрата палива та повітря, димність ОГ, вміст оксиду вуглецю, вуглеводнів та оксидів азоту в ОГ.

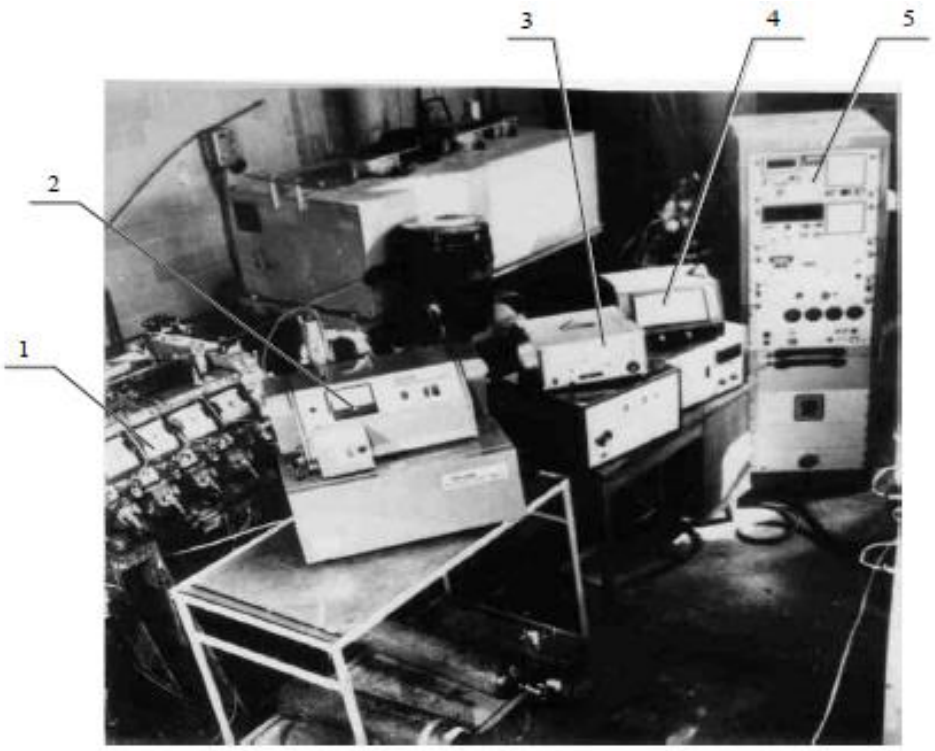


Рисунок 2.3 - Стенд для проведення випробувань автомобільного дизеля КамАЗ-740

На стенді проведено порівняльні випробування на дизелі КамАЗ-740 щодо визначення навантажувальної характеристики дизеля (рис. 4.3) при частоті обертання колінчастого валу n = 1600хв$^{-1}$, що відповідає максимальному крутному моменту. При цьому реєстрували: крутний момент M_k на валу двигуна, витрата палива, концентрацію NO_x і димність газів, що відпрацювали. Результати випробувань зведено до таблиці 2.1.

Електрофізична дія на дизельне паливо проводили на розробленій установці ЕФВ, виготовленої для безпосереднього включення в паливну систему автомобіля.

Таблиця 2.1 - Нагрузочные характеристики дизеля КамАЗ-740

Режим (обертаючий момент)	Параметр	Значення параметра		
		Серійна система живлення	Після обробки магнітним полем	Різниця, %
M_e = 80 Нм	N_e, кВт	20,94	20,94	0
	G_T, кг/год	8,07	7,41	8,18

	g_e , г/кВт · год	385,0	354,0	8,05
	K , %	18,0	13,0	27,77
	CO , %	0,035	0,021	40,0
	C_mH_n , млн$^{-1}$	83,0	78,0	6,02
	NO_x , млн$^{-1}$	3400,0	2900,0	14,7
M_e = 60 Нм	N_e , кВт	15,71	15,71	0
	G_T , кг/год	6,95	6,64	4,4
	g_e , г/кВт · год	442,0	423,0	4,3
	K , %	18,0	13,0	27,8
	CO , %	0,03	0,017	43,3
	C_mH_n , млн$^{-1}$	64,0	52,0	18,75
	NO_x , млн$^{-1}$	2390,0	1860,0	22,2
M_e = 40 Нм	N_e , кВт	10,47	10,47	0
	G_T , кг/год	5,73	5,66	1,22
	g_e , г/кВт · год	549,0	546,0	0,55
	K , %	17,0	16,0	5,88
	CO , %	0,03	0,012	60,0
	C_mH_n , млн$^{-1}$	36,0	30,0	16,66
	NO_x , млн$^{-1}$	2890,0	1900,0	34,25
M_e = 20 Нм	N_e , кВт	5,24	5,24	0
	G_T , кг/год	4,84	4,6	4,95
	g_e , г/кВт · год	924,0	878,0	4,97
	K , %	15,0	15,0	0
	CO , %	0,016	0,015	6,25
	C_mH_n , млн$^{-1}$	27,0	26,0	3,70
	NO_x , млн$^{-1}$	2520,0	1900,0	24,6
M_e = 0 Нм	N_e , кВт	0	0	0
	G_T , кг/год	3,78	3,75	0,8
	K , %	17,0	16,0	5,88
	CO , %	0,02	0,015	25
	C_mH_n , млн$^{-1}$	27	27	0

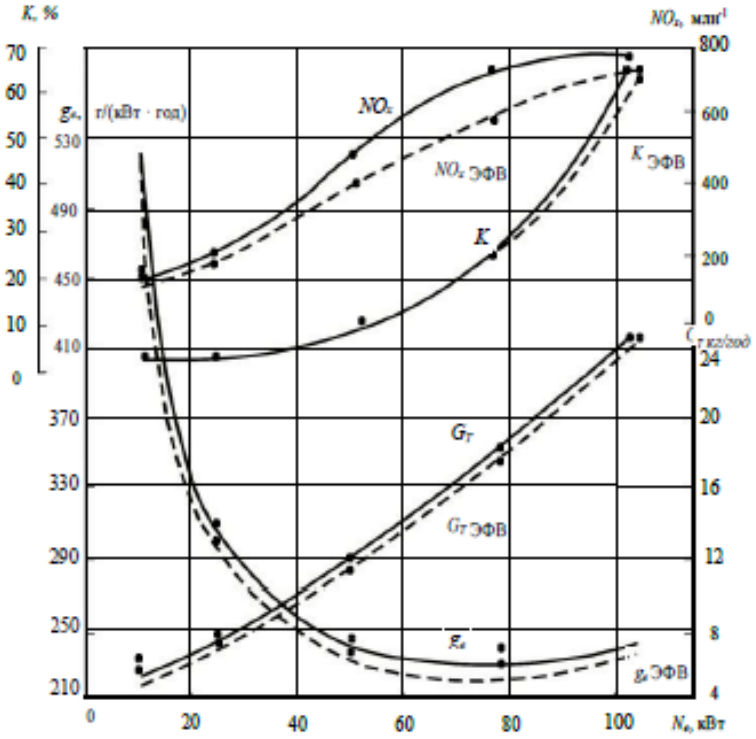


Рисунок 2.4 - Навантажувальна характеристика дизеля КамАЗ-740 (п = 1600хв-1)

Аналіз результатів дослідження дозволяє зробити висновок, що електрофізичний вплив на дизельне паливо, при різних значеннях моменту, що крутить, M_k, призводить до зменшення годинного G_T і питомого g_e витрат палива на 1,5-2,5%.

При роботі двигуна на холостому ході з частотою обертання n = 750 хв$^{-1}$ відмічено зниження годинної витрати G_T палива на 5–6 %. Встановлено, що концентрація оксидів азоту NO_x знижується зі збільшенням навантаження кількість NO_x зменшується на ~ 20 %, а димність практично на кожному режимі роботи двигуна залишається незмінною.

Проведено експлуатаційні випробування пристрою електрофізичного впливу на дизельне паливо, встановленого на автомобілі-самоскиді.

БелАЗ-7519 вантажопідйомністю 110 т. у кар'єрі Анновського ПівнГЗК. Для порівняння результатів паливної економічності роботи автомобіля-самоскида прийняті зміни з однаковими маршрутами транспортування та екскаваторами.

Таблиця 2.2 - Експлуатаційні дослідження дизельного палива при електрофізичному впливі

Номер екскаватора	Без пристрою ЕФВ			З пристроєм ЕФВ			Підвищення паливної економічності, %
	Вантажооборот,ткм	Витрата палива, л	Питома витрата палива на 1 г/ткм	Вантажооборот,ткм	Витрата палива, л	Питома витрата палива на 1 г/ткм	
БелАЗ №1	2746,8	420	126,1	4204,6	590	115,8	5,87
				4408	650	121,7	
				2371	340	118,3	
Середньозважене	2746,8	420	126,1	10983,6	1580	118,7	
БелАЗ №2	6036,8	950	129,9	6475	950	121	5,06
	1918,4	295	126,7	8396	1190	116,9	
Середньозважене	7955,2	1245	129,1	14871	2140	118,7	
БелАЗ №3	4802	690	118,5	6831	940	113,5	4,22
Середньозважене	4802	690	118,5	6831	940	113,5	
Разом	155504	2355	125,3	32685,6	4660	117,6	5,05

Визначення екологічних показників карбюраторних двигунів автомобілів ГАЗ-66-11 та ГАЗ-24-10, на режимі холостого ходу та електрофізичного впливу на бензин, показало зниження концентрації оксиду вуглецю *CO*. Концентрація *CO* у газах для дослідженого автомобіля ГАЗ-66-11 склала 0,64–0,7 %. Після встановлення розробленого пристрою ЕФВ в паливну систему автомобіля токсичність ОГ була суттєво знижена і концентрація *CO* склала 0,1... 0,15%. При цьому відзначено деяке збільшення вмісту ОГ вуглеводнів C_mH_n, але в межах норми. Для визначення *CO* і C_mH_n у газах, що відпрацювали, використовували газоаналізатори 121 ФА 01 (*CO*) і 123 ФА 01 (C_mH_n).

Зменшення *CO* на режимі холостого ходу при роботі двигуна з малою частотою обертання можна пояснити, мабуть, поліпшенням сумішоутворення після електрофізичного на бензин.

Таким чином, можна зробити висновок, що підвищення

експлуатаційних показників двигунів внутрішнього згоряння залежать від «передісторії» палива, що змінює їх експлуатаційні властивості.

Очевидно, що ЕФВ створює сприятливі умови для інтенсивного переходу молекул з основного стану в збуджений, що сприяє збільшенню швидкості окислення вуглеводнів з аномально високою швидкістю, при підвищених температурах, на кілька порядків перевищує швидкість окислення вуглеводнів без ЕФВ.

Електрофізичний вплив або «передісторія» палива є ключем до підвищення ініціювання окислення крапель палива, тобто. сприяє збільшенню швидкості розгалуження окисних ланцюгів та утворення нових реакційних центрів.

Висновки по розділу 2

1. Проведені дослідження щодо визначення впливу ЕФВ на характеристики процесу згоряння вуглеводневих палив вказують на збільшення повноти згоряння.

2. Стендові та експлуатаційні випробування теплових двигунів різних транспортних засобів довели, що ЕФВ на паливо призводить до покращення економічних та екологічних характеристик роботи двигунів.

РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів промислової лабораторії

Як об’єкт дослідження умов праці установки було використано промислову лабораторію. Тут встановлено та налагоджено обладнання, що споживає електроенергію: ТЕНи, ексгаустер, прилади освітлення. Також приміщення під’єднано до інженерних мереж електропостачання, водопроводу та каналізації, які є джерелами небезпечних та вредних факторів. Під час дослідження в лабораторії утворюється інфрачервоне випромінювання та теплові потоки повітря. Пил каталізатору та очищувані гази є токсичними, тому при завантаженні та вивантаженні каталізатору необхідно використовувати спецодяг, протипилові респіратори Ф-62 М або У-2К, а також захисні окуляри. Може мати місце занесення шкідливих речовин ззовні, оскільки приміщення розташоване поблизу основної транспортної магістралі індустріального місця. Можлива присутність у повітрі, наприклад, оксиду вуглецю та інших речовин, що виділяються при роботі автотранспорту та заносяться з промислової зони. Подібні умови потребують, крім вищенаведеного спорядження, постійно працюючої системи вентиляції.

З метою живлення обладнання та освітлювальних приладів застосовують напругу 220/380 В, що може бути небезпечним для життя людини [42-44].

Під час функціонування ексгаустеру у поміщенні створюється шум та вібрація. За походженням, шум є механічним, а за частотними показниками – середньочастотним (200-300 Гц), за періодичністю – переривчастим, змінним. Безпосередньо біля ексгаустеру спостерігається максимальний рівень звукового тиску – близько 65 дБА, що не перевищує гранично допустимого рівня- 80 дБА [36].

Характер вібрації у лабораторііє загальним, технологічним, категорії 3а. Гранично допустимий рівень частот ≥ 16 Гц дорівнює 92 дБ [45]. Фактичний рівень не перевищує 40 дБ.

Поверхні робочої установки є джерелами тепловиділень, що можуть створювати в теплий період року підвищену температуру повітря робочої зони.

- Більше 30 °С. Нагріті поверхні також можуть бути причиною термічного опіку при дотику до них.

Найбільш впливові шкідливі фактори, що характерні для лабораторії, наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік та оцінка факторів виробничої середовища та трудового процесу на робочому місці дослідника

Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативні значення	Фактичні значення
1. Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3:		
3-4 клас опасности		
оксид сірки SO_2	10	1
вуглецю оксид	20	5
Азоту (IV) оксид	5	0,05
Азоту (VI) оксид	2	0,02
2. Пил каталітичний, мг/м^3	0,01	0,006
3. Вібрація загальна, дБ	92	40
4. Шум, дБА	80	60
5. Мікроклімат у приміщенні (теплий період року):		
- температура повітря, °С	18-27	18-30
- відносна вологість, %	60	45
- швидкість руху повітря, м/с	0,2 - 0,4	0,25
- інфрачервоні випромінювання, Вт/м^2	100	90
- 6. Клас умов праці		3-й

За тяжкістю роботи дослідника належить до категорії II-а – середньої

тяжкості, за напруженістю роботу можна вважати помірно напруженою. (привести до умів промислової лабораторії).

3.2 Заходи з покращення умов праці в умовах промислової лабораторії

3.2.1 Загальні умови безпеки праці

Загальні положення, що регламентують правила охорони праці та вимоги до безпечної роботи в умовах цехів коксохімічного підприємства «Правила безпеки в коксохімічному виробництві», прийняті за наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 10.06.2008 № 135 [46].

Для умов промислової лабораторії регламентовані положення з охорони праці, що викладені нижче.

Усі гарячі поверхні, до яких можливе торкання в процесі роботи, покриваються теплоізоляцією, що виключає можливість отримання опікових травм персоналом та знижує тепловиділення у робочу зону. Температура зовнішньої поверхні теплоізоляції не повинна перевищувати 45 °С.

Обертові частини ексгаустера закриваються огороджувальними кожухами. Боротьба з шумом та вібрацією, що виникають при роботі ексгаустеру, полягає у його правильній експлуатації. Пристрій встановлюється на гумові амортизатори, що здійснюють демпфування вібрації та знижують рівень звукового тиску.

Потрібно постійно спостерігати за роботою вітродуйного обладнання, усувати розхитаність, що може виникати.

Роботи, що виконуються в лабораторії за енерговитратами можна віднести до різних категорій – 1а, 1б (легкі), 2а (середньої тяжкості). Пов’язана з пересуванням, що не вимагає перенесення вантажів або, що вимагає перенесення невеликих, до 10 кг, вантажів. Допустимі і оптимальні значення метеоумов длявідповідної категорії наведені у таблиці 3.2.

У приміщенні застосована змішана система вентиляції, що передбачає приливну та витяжну системи, що працюють під механічним нагнітанням. Кратність вентиляції – 6 год$^{-1}$, тобто повітря у поміщенні замінюється один раз за 10 хвилин.

У холодний період року для підтримання нормативної температури повітря робочої зони застосовується центральне водяне опалення. У разі, коли воно не забезпечує мінімально необхідної температури (17 °С), використовують електричні калорифери для обігріву персоналу.

Таблиця 3.2 – Параметри повітряного середовища

Параметри	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Допустимі норми: Холодний період Теплий період	 17...23 18…27	≤ 75 ≤ 60 (При 27 ° С) ≤ 65 (При 26 ° С) ≤ 70 (При 25 ° С) ≤ 75 (При 24,5 ° С)	≤ 0,3 0,2…0,4
Оптимальні норми: Холодний період Теплий період	 18…20 21…23	 30…35 40…45	 ≤ 0,2 ≤ 0,3
Дійсні значення: Холодний період Теплий період	 18…22 22…30	 30…35 40…45	 0,1 0,2

Відповідно до [43] приміщення лабораторії відноситься до IV розряду зорових робіт – роботи середньої точності з розміром об’єкта спостереження (05,…1) мм. Підрозряд зорових робіт – «в» (середній контраст і середній фон).

Так як у лабораторії відсутнє природне освітлення, в будь-який час

доби застосовується штучне освітлення. Для більшості робіт, що мають місце біля приміщення, використовується загальна система освітлення із застосуванням люмінесцентних ламп ДБ65 – 4. Потужність, споживана лампою – 65 Вт, світловий потік 4550 Лм, світловіддача – 70 Лм/Вт [44]. Застосування люмінесцентних ламп пояснюється їх значно більшою економічністю, ніж у ламп розжарювання, спектральним складом світла, близьким до солнечного та доброю передачею кольорів.

Для виконання деяких робіт застосовується комбінована система освітлення. При цьому додатково вмикаються світильники місцевого освітлення «Альфа» з лампами розжарювання Б – 100 або БК – 100 (споживана потужність 100 Вт, світловий потік відповідно 1350 та 1450 Лм, світловіддача – 13,5 та 14,5 Лм/Вт). Норма комбінованої освітленості – 300 Лк. У лабораторії передбачено аварійне освітлення.

3.2.2 Електробезпека

Для умов досліджуваного відділу коксохімічного підприємства регламентовані правила електробезпеки, що викладені нижче.

Експлуатацію електроустановок повинні здійснювати спеціально підготовлені працівники.

На роботах, пов’язаних з небезпекою ураження електричним струмом, необхідно застосовувати захисні засоби відповідно до вимог чинних нормативно-правових актів з охорони праці та промислової безпеки.

Металеві частини обладнання та механізмів, які не перебувають під напругою (корпуси електродвигунів, пускових приладів, щитків, збірок тощо), але можуть опинитися під нею внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути заземлені.

Під час завантаженнята розвантаження бензольних продуктів необхідно заземлювати наливний пристрій та тару. Крім того, повинні бути заземлені рейки залізничних колій в районі наливних станцій, а також стаціонарні розвантажувальні та завантажувальні майданчики.

Якщо немає вибухозахищених електродвигунів, що відповідають класу вибухонебезпечної зони, а також категорії та групі вибухонебезпечних сумішей, допускається застосування електродвигунів загального призначення при дотриманні таких вимог:

– електродвигуніповинні бути встановлені у приміщеннях, ізольованих від приміщень із вибухонебезпечними зонами глухою негорючою стіною з межею вогнестійкості 0,75 години, а приміщення повинні мати окремий вхід (вихід) і в них повинен забезпечуватися надлишковий тиск повітря;

– передача механічної енергії від двигунів до апаратів повинна здійснюватися за допомогою валу, який пропущений через стіну з обладнанням у ній сальникового або іншого надійного ущільнення;

– у приміщеннях, де встановлені електродвигуни або розподільні пристрої та вся пускова апаратура, не повинно бути вибухонебезпечних зон.

У приміщеннях, де здійснюється переробка токсичних матеріалів, повинно проводитися вологе прибирання. Прибраний пил необхідно утилізувати. У таких приміщеннях електропроводка та пускове обладнання повинні бути у пиловодонепроникному виконанні.

Електропроводка в приміщеннях, де можливий розлив рідких продуктів виробництва, повинна бути розташована в місцях, де неможливе попадання на неї цих продуктів, або мати відповідний захист.

Тролейні проводи, які прокладені над проходами або проїздами, повинні бути огороджені захисними сітками із заземленням.

Електрозварювальні установки, що застосовуються для зварювання в особливо небезпечних умовах (усередині металевих ємностей, у трубопроводах, колодязях, тунелях, котлах тощо), повинні відповідати вимогам чинних нормативно-правових актів з охорони праці та промислової безпеки.

Електрозварювальні установки, що призначені для роботи в приміщеннях з підвищеною опасностью, повинні мати пристрої

автоматичного вимкнення напруги холостого ходу, обмеження її до напруги 12 В з витримкою години не більше ніж 1 с.

Для охолодження електронагрівачів до реакторів підводять стиснений повітря, що подається крізь регулятор тиску та вільтр-вологовідокремлювач.

Електронагрівачі каталітичних реакторів виключаються при:

– зупинці вентилятору;

– при підвищенні температури перед вентилятором та після каталізатору;

– при зменшенні тиску повітря при охолодженні клемної коробки реактора.

Будівля газоочищення повинні мати приміщення КВП та електропункт.

Для умов промислової лабораторії окремо повинні виконуватись нижченаведені положення.

Основні споживачі електроенергії в аудиторії – ТЕН та ексгаустер доцільної установки, освітлювальна установка в холодний період року – електрокалорифери.

Згідно з ПБЕ [47] приміщення лабораторії відноситься до сухих (відносна вологість повітря не перевищує 45%), жарких (температура повітря може тривалу годину перевищувати 27°С), не пильних, без струмопровідної підлоги та без хімічно активної середовища.

Приміщення лабораторії відноситься до поміщень з підвищеною опасностью ураження струмом, оскільки тут у теплий період року можлива температура повітря, що тривало перевищує 30°С.

Для живлення виробничого обладнання використовується трифазна чотирипровідна мережа змінного струму з глухозаземленою нейтралью напругою 380/220 В.

Як захисні заходи від ураження електричним струмом у лабораторії застосовується:

– електрична ізоляція струмопровідних частин – гумова, поліхлорвінілова, бавовняна, нормативний опір ізоляції на ділянці (між

двома послідовно встановленими апаратами захисту або після останнього апарату) 500 кОм;

− знижена напруга для ручного електроінструменту 3 класу та переносних світильників – 12В, з використанням знижувальних трансформаторів із зануленою вторинною обмоткою;

− підвійна електроізоляція ручного електроінструменту 2 класу – струмопровідних частин усередині корпусу та самого корпусу;

− захисне занулення електроустановок;

− захисне відключення – як додаткова міра захисту до занулення;

− електрозахисті засоби.

Електротехнічне обладнання має закрите виконання струмопровідних частин. Все електротехнічне обладнання заземлюється підключенням до загальної системи заземлення.

Як основних засобів захисту від дотику до не струмопровідних частин електроустановок, що випадково опинилися під напругою, у мережі з глухо заземленою нейтралью застосовується захисне занулення. Принцип його дії – перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання (тобто замикання між фазним і нульовим захисним провідником) з метою викликати великий струм, здатний забезпечити спрацьовування захисту і тим самим автоматично відключити пошкоджену установку від мережі.

Ізолюючі електрозахисні засоби, що застосовуються для обслуговування електроустановок, діляться на основні та додаткові. Основні мають достатній опір, щоб витримати робочу напругу обладнання. Ними можна торкатися відкритих струмопровідних частин. Додаткові засоби не мають такого електричного опору. Їх призначення – підсилювати захисну дію основних засобів, разом з якими вони повинні застосовуватись. У лабораторії можуть застосовуватися електрозахисні засоби для напруги до 1000 В (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Ізолюючі електрозахисні засоби

Основні засоби	Додаткові засоби
Діелектричні рукавички, ізолюючі штанги, ізолюючі струмовимірюючі кліщі, показники напруги, слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.	Діелектричні калоші, діелектричні коврики, ізолюючі підставки.

3.2.3 Пожежна безпека

Для умов досліджуваного відділу коксохімічного підприємства регламентовано правила пожежної безпеки, що викладені нижче.

Категорія вибухо-пожежонебезпеки приміщення газоочищення за ПУЕ – не вибухо-пожежонебезпечне, за СНіП – «Г».

У кожному цеху, відділенні, на дільниці підприємства повинен бути визначений роботодавцем перелік шкідливих, вибухонебезпечних та пожежонебезпечних речовин, які можуть виділятися у виробничих приміщеннях та в робочих зонах зовнішніх установок під час ведення технологічного процесу, ремонту та в аварійних випадках, та повинні застосовуватися типи захисних протигазів.

Трубопроводи, які призначені для транспортування вибухонебезпечних, пожежонебезпечних та шкідливих речовин, у тому числі зріджених газів, незалежно від температури нагріву, а також арматура повинні бути виготовлені з матеріалів, які відповідають за своїми технічними характеристиками робочим умовам транспортної среды.

У приміщенні щитової, де розміщені КВП, застосовувати водяне пожежогасіння, а також установлювати шафи для пожежних кранів та рукавів не дозволяється. У цих приміщеннях необхідно застосовувати вуглекислотне пожежогасіння.

Приміщення, в яких розміщені збірники легкої олії, повинні бути обладнані засобами пожежогасіння відповідно до чинних нормативно-правових актів.

Відділення збагаченого антрацену має бути оснащене автоматичними засобами хімічного пожежогасіння.

Підлога та майданчики біля кубів повинні бути вогнетривкі та мати схил у бік, протилежний від топок.

Бензольні продукти необхідно зберігати під подушкою інертного газу (азоту) у герметичних сталевих резервуарах, що обладнані повітряними клапанами та забезпечені вогнеперешкоджувачами.

Повітряний клапан та вогнеперешкоджувач повинні бути завжди у справному стані та систематично перевірятися.

Результати перевірки необхідно заносити до цехового журналу огляду апаратури та обладнання.

Для умов промислової лабораторії окремо повинні виконуватись нижченаведені положення з протипожежної безпеки.

Категорія приміщення лабораторії за пожежною та вибухопожежною небезпеками– В. До цієї категорії належать приміщення, де обертаються тверді горючі та важкогорючі матеріали, горючі та важкогорючі рідини.

У лабораторії обертаються такі речовини, що небезпечні у пожежному відношенні:

− мінеральні масла; температура спалаху (150...180) °С, температура самозаймання (250...400) °С; застосовуються в системах гідроприводу, змащення;

− електрична ізоляція – гумова, поліхлорвінілова, бавовняна;

− деревина з якої вироблені окремі предмети меблі, температура займання (270…300) °С, самозаймання – (330…470) °С;

− папір, температура займання 230 °С, самозаймання – 360 °С;

− пластмаси – конструктивний матеріал корпусів деякого обладнання, захисних щитків; це горючий матеріал, температура займання 400 ° С, самозаймання (500 ... 580) ° С [48].

У приміщенні лабораторії можливі пожежі класів А (тверді горючі речовини). В (горючі рідини) та Е (електроустановки під напругою).

Приміщення лабораторії знаходиться у підвалі. Згідно з таким приміщенням передбачається один евакуаційний вихід, якщо його площа не перевищує 300 м^2 і кількість людей, що в ньому одночасно перебувають, не перевищує 5. Так як у поміщенні лабораторії один вихід, а кількість людей, що там знаходиться, часто більше 5, ми маємо порушення протипожежних норм. У цьому приміщенні має бути 2 евакуаційні виходи.

Ширина шляхів евакуації має бути не менше 1,0 м, дверей – не менше 0,8 м, висота проходів та дверей не менше двох метрів. Ці норми витримуються. Двері з приміщення відкриваються назовні, по ходу евакуації.

Для гасіння пожежі лабораторію обладнано ручним вуглекислотним вогнегасником типу ОУ – 5. На поверсі, у коридорі розташований потужний кран.

Блискавкозахист будинку, де розташована лабораторія відноситься до III

категорії, зона захисту Б. Для захисту від удару блискавки металеві конструкції даху заземлені.

3.3 Розрахунок захисного заземлення

Необхідно розрахувати кількість вертикальних заземлювачів у системі повторного заземлення нульового дроту.

Вихідні дані:

- грунт - суглинок;
- вертикальні заземлювачі – труби завдовжки l = 2 м;
- діаметр труб d=0,05 м;
- відстань між заземлювачами a = 2 м;
- ширина з’єднувальної смуги b = 0,05 м;
- глибина закладення смуги t = 0,7 м.

Горизонтальна смуга з’єднує верхні кінці вертикальних заземлювачів.

Нормативний опір розтіканню стуму заземлюючого пристрою у мережі

напругою 380/220 В, Ом

$$R_н = 4 \quad (3.1)$$

Питомій електричний опір грунту, Ом·м

$$\rho = 80 \quad (3.2)$$

Коефіцієнт сезонності для вертикального заземлювача

$$\psi_в = 1,3 \quad (3.3)$$

Розрахунковий питомий електричний опір грунту для вертикального заземлювача, Ом·м

$$\rho_в = \Psi_в \cdot \rho \quad (3.4)$$

$$\rho_в = 1,3 \cdot 80 = 104 \quad (3.5)$$

Опір розтікання струму поодинокого вертикального заземлювача, Ом

$$R = \left(\frac{\rho_{в_0}}{2\pi l}\right) \cdot \left[\frac{ln21}{d} + 0,5ln \cdot \frac{4t+3l}{4t+l}\right] \quad (3.6)$$

$$R_0 = \left(\frac{104}{2 \cdot 3,14 \cdot 2}\right) \cdot \left[\frac{ln2 \cdot 2}{0,5} + 0,5ln \cdot \frac{4 \cdot 0,7+3 \cdot 2}{4 \cdot 0,7+2}\right] = 38,8 \quad (3.7)$$

Орієнтована кількість вертикальних заземлювачів, шт.

$$n = 1,3 \cdot \frac{R_0}{R_H} = 13 \cdot \frac{38,8}{4} = 12,6 \quad (3.8)$$

Приймаємо *n*=13.

Довжина з'єднувальної смуги при розміщенні вертикальнихзаземлювачів у ряд, м

$$l_c = a \cdot (n - 1) \quad (3.9)$$

$$l_c = 2 \cdot (13 - 1) = 24 \quad (3.10)$$

Коефіцієнт сезонності для горизонтальної з'єднувальної смуги при Ом·м = 24 м − Вс = 2,3.

Розрахунковий електричний опір грунту для хєднувальної смуги, Ом·м

$$\rho_c = \Psi_c \cdot \rho = 2,3 \cdot 80 = 184 \quad (3.11)$$

Опір розтіканню струму з’єднувальної смуги, Ом

$$R_c = (\rho_c/2\pi l_c) * ln(2l^2/bt) \quad (3.12)$$

$$R_c = (184\ 2 \cdot 3{,}14 \cdot 24 \cdot \ln(2 \cdot 24^2)/0{,}5 \cdot 0{,}7) = 12{,}7 \quad (3.13)$$

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів і горизонтальної з’єднувальної смуги

$$\eta_в = 0{,}61;\ \eta_с = 0{,}57 \quad (3.14)$$

Опір розтіканню струму з’єднувальної смуги з урахуванням екранування,Ом.

$$R_г = R_с/\eta_с = 12{,}7/0{,}57 = 22{,}3 \quad (3.15)$$

Опір розтіканню струму групи вертикальних заземлювачів, Ом

$$R_з = \frac{R_в}{n} \cdot \eta = \frac{38{,}8}{13} \cdot 0{,}61 = 4{,}89 \quad (3.16)$$

Опір розтіканню струму заземлювача в цілому, Ом

$$R_з = R_в \cdot \frac{R_г}{(R_в \cdot R_г)} \quad (3.17)$$

$$R_з = 4{,}89 \cdot \frac{22{,}3}{(4{,}89 \cdot 22{,}3)} = 4 = R_н \quad (3.18)$$

3.4 Висновки до розділу 3

1. Проаналізовано потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі у промисловій лабораторії.

2. Розроблені заходи для зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, електробезпеки та пожежної безпеки в умовах промислової лабораторії.

3. Здійснено розрахунок захисного заземлення приміщення промислової лабораторії.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз перспектив розвитку та удосконалення камер згоряння теплових двигунів, а також результатів теоретичних та експериментальних досліджень показав, що для вирішення задачі покращення паливної ефективності двигунів доцільно удосконалення процесів у камерах згоряння шляхом впливу на вуглеводневе паливо, що застосовується у теплових двигунах.

2. Результати теоретично-експериментальних досліджень показали ефективність застосування електрофізичного впливу на вуглеводневе паливо, що призводить до покращення параметрів та характеристик теплових двигунів.

3. Встановлено, що електрофізичний вплив на вуглеводневе паливо підвищує повноту згоряння палива та знижує відкладення нагару в камері згоряння двигуна на 20… 25%.

4. Результати досліджень дизельного двигуна із застосуванням електрофізичної дії на дизельне паливо показали можливість зменшення годинної витрати палива на 5… 6 % та питомої витрати пального на 1,5… 2,5%.

5. Визначення екологічних показників двигуна внутрішнього згоряння показало, що застосування електрофізичного на паливо дозволяє знизити концентрацію оксиду вуглецю на 0,64…0,7 %, концентрацію вуглеводнів на 25…35 % і концентрацію оксиду азоту на 12…16 %.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Акт технічних випробувань магнітного активатора палива (АТМ) у лабораторії суднових енергетичних установок та технічної експлуатації (СЕУ та ТЕ) Одеського національного морського університету. 07.09.2010, м. Одеса.

2. Андрієвський А. П. Вплив електромагнітної обробки палива на формування зносостійкості пар тертя. *Східноєвропейський журнал передових технологій.* 2013. № 2/5(62). С. 34-38.

3. Енергоємні горючі для авіаційних ракетних двигунів / В. І. Бакулін, Н. Ф. Дубовкін, Л. З. Яновський, та ін. Київ, 2010. 55 с.

4. Бензини автомобільні. Технічні умови. ДСТУ ISO 4063-1:2001. [Чинне від 2002-07-01]. Київ. : Держспоживстандарт України, 2002. 23 с. (Національний стандарт України).

5. Екологія та автомобільний транспорт : навч. посіб. / Ю. Ф. Гутаревіч та ін. Київ : Арістей, 2006. 292 с.

6. Зацепін Д. С., Старинівська С. М., Стариновський О. Ю. Окислення водню в стехіометричній воднево-повітряній суміші та високошвидкісній хвилі іонізації. *Хімічна фізика.* 2001. Т. 20. № 7. С. 66-99.

7. Морозова І. В., Морозов В.І. Спосіб та пристрій для підвищення економічних та екологічних показників роботи двигуна внутрішнього згорання. *Автошляховик України*. 2010. № 13. С. 58-60.

8. Морозова І. В. Підвищення ефективності контролю діелектричних властивостей нафтопродуктів. *Електроніка та системи управління*. 2010. № 3(25). С. 40-43.

9. Контроль якості вуглеводневих рідин шляхом визначення електрофізичних властивостей / І. В. Морозова, В. М. Землянський, С. Ю. Кравченко та ін. *Вісник інженерної академії України*. 2011. № 2. С. 197-202.

10. Морозова І. В., Морозов В. І., Іванець П. Б., Аналіз динаміки електрофізичного впливу на вуглеводневі рідини. *Нафтова та газова*

промисловість. 2012. № 1. С. 45-47.

11. Морозова І. В. Терещенко Ю. М, Морозов В. І. Поліпшення експлуатаційних показників теплових двигунів за допомогою електрофізичного впливу на паливо. *Наукоємні технології*. 2016. № 1(29). С. 102-106.

12. Morozova I. V., TereschenkoU. M, Maksimov S. L. Improvement of operational indicators of heat engines by means of electrophysical influence on fuel.The advance science journal. Issue 02. Vol. 2016. P. 45-49.

13. Морозова І. В., Терещенко Ю. М., Морозова В. І. Сучасний спосіб підвищення ефективності камер згоряння теплових двигунів. *Євразійський союз вчених*. 2012. Ч. 2. № 7(28).

14. Морозова І. В., Морозов В. І. Підвищення надійності, економічності та зниження токсичності роботи двигунів внутрішнього згоряння. *ABIA-2003* : матеріали V міжнар. наук.-техн. конф., 19-21 квіт. 2003 р., м. Київ. Т.ІІІ. Київ : НАУ, 2003. С. 14-17.

15. Морозова І. В., Морозов В. І., Мартенчук Є. К. Вплив електрофізичного на економічні та екологічні показники роботи ДВЗ. *Проблеми хіммотології* : тези доп. ІІ міжнар. наук.-техн. конф., 2-6 черв. 2008 р. Київ : НАУ, 2008. С. 88-89.

16. Морозова І. В., Морозов В. І. Результати випробування пристрою електрофізичного впливу на дизельне паливо. *ABIA-2009* : матеріали ІХ наук.-техн. конф., 21-23 вересня 2009 р., м. Київ. Т.ІІІ. Київ : НАУ, 2009. С. 37–41.

17. Морозова І. В., Морозов В. І. Дослідження магнітної сприйнятливості вуглеводневих середовищ при електрофізичному впливі. *ABIA-2011* : матеріали Х наук.-техн. конф., 19-21 квіт. 2011 р., м. Київ. Т.ІІІ. Київ : НАУ, 2011. С. 29–33.

18. Морозова І. В., Морозов В. І. Підвищення експлуатаційних показників роботи двигуна внутрішнього згоряння. *Ключові аспекти научної діяльності* : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., 15-22 верес. 2012 р.

Польща : Sp. zo. o. "Nauka I studia", 2012. URL: http://www.rusnauka.com/Page_ua.htm. (дата звернення 19.11.2024).

19. Морозова І. В., Морозов В. І. Вплив подвійного ядерного резонансу на енергетичні властивості пально-мастильних матеріалів. *ABIA-2013* : матеріали X між нар. наук.-техн. конф., 21-23 трав. 2013 р., м. Київ. Т.V. Київ : НАУ, 2013. С. 103-106.

20. Морозова І. В., Терещенко Ю. М. Удосконалення процесів у камері згоряння газотурбінних двигунів шляхом електрофізичного впливу на паливо. *Сучасні проблеми науки* : тези доп. XVI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 7 квітня 2016 р., м. Київ. Київ : НАУ, 2016. С. 107.

21. Патент України UA 45574, МПК G01N 99/00. Спосіб зберігання та збільшення тривалості індукційного періоду окиснення вуглеводневих рідин (бензинів) / С. В. Бойченко, І. В. Морозова, О. О. Степенко, Л. М. Черняк ; заявник та патентовласник Національний авіаційний університет. № u 200912042; заявл. 24.11.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. №8. 6 с.

22. Патент України UA 107241, МПК C10G 32/00. Спосіб підвищення детонаційної стійкості вуглеводневих рідин (бензинів) / М. М. Дмитрієв, В. І. Морозов, І. О. Рутковська, І. В. Морозова, В. Є. Марчук ; заявник та патентовласник Національний транспортний університет. № u 201301521; заяв. 08.02.2013; опубл. 10.12.2014, Бюл. № 23. 6 с.

23. Паливо для реактивних двигунів РТ. Технічні умови. ДСТУ 320.00149943.007-2:97. [Чинний від 1998-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002 11 с. (Національний стандарт України).

24. Погорлецький Д. З., Малигін О. Б., Котило О. В. Перспективи магнітної обробки вуглеводневих палив на автотранспорті. *Науковий вісник Херсонського державного морського інституту*. 2013. № 3. С. 58-66.

25. Охорона довкілля. Т. II : Емісія авіаційних двигунів. 3-тє вид. Монреаль : Міжнародна організація цивільної авіації, 2008. 118 с.

26. Старін А. М., Тітова Н. С. Про кінетики ініціювання детонації у

надзвуковому потоці суміші H_2+O_2 (повітря) при збудженні молекул O_2 резонансним лазерним випромінюванням. *Кінетика та каталіз.* 2003. Т. 44. № 1. С. 35-46.

27. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів : підручник/ Ю. М. Терещенко, Л. Г. Бойко, Л. Г. Волянська та ін. ; за ред. Ю. М. Терещенко. Київ : НАУ, 2013. 596 с.

28. Теорія теплових двигунів. Газодинамічний розрахунок елементів газотурбінних двигунів : навч. посіб. / Терещенко Ю. М., Кулик М. З., Мітрахович М. М. та ін. ; за ред. Ю. М. Терещенка. Київ : НАУ, 2015. 292 с.

29. Introduction to Magnetic Treatment of Fuel. URL: http://www.magnetizer.com/tech9.html#top. (дата звернення 19.11.2024).

30. Magnetic Treatment of Diesel Fuel By Wouter Lisseveld. URL: http://www.algae-x.net/marketing/whitepapers/magnetic-treatment-of-diesel-fuel. (дата звернення 19.11.2024).

31. Magnetic Treatment of Fuel. URL: http://www.magneticeast.com/eng/energy/fuelModifir.asp. (дата звернення 19.11.2024).

32. Mathur M. L, Maccalum N. R. Swirling air jets issuing from vane swirlers. URL: https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/zakruchennye-potoki-53.html/ (дата звернення 19.11.2024).

33. Rajan Garg, Ajay Kumar Agarwal, *Fuel Energizer: The Magnetizer (A Concept of Liquid Engineering)*, IJIRD. April, 2013. Vol. 2 Issue 4.

34. Richard Kunz. Magnetic Treatment of Fuel. URL: http://www.probonoscienceorg/pennysolutions/recipes/automobile/buyer_beware/ magnetic_fuel_treatment.htm/ (дата звернення 19.11.2024).

35. Shweta Jain, Suhas Deshmukh. Experimental Investigation of Magnetic Fuel Conditioner (MFC) в IC engine. Journal of Engineering (IOSRJEN). Vol. 2, Issue 7 (July 2012), P 27-31.

36. Гребенюк О. Ф., Коробчанський В. І., Власов Г. О., Кауфман С. І. Вловлювання хімічних продуктів коксування : навч. посіб. Ч. 1. Донецьк :

Східний видавничий дім, 2002. 228 с.

37. Павлович Л. Б., Шалаєва Н. А. Каталітичне очищення викидів повітряників коксохімічного виробництва. *Вісник СДІУ*. 2017. № 2. С. 54–59.

38. Ратушняк Г. С. Лялюк О. Г. Технічні засоби очищення газових викидів : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2005. 158 с.

39. Панов Г. Є., Петряшин Л. Ф., Лисяний Г. М., Ратушняк Г. С. Теоретичні засади технології очищення газових викидів. Вінниця : ВДТУ, 2002. 96 с.

40. Клименко Л. П. Техноекологія. Сімферополь : Таврія, 2000. 542 с.

41. Каталізатор для деструкції озону «Гопталюм». ТОВ «Добра техніка». URL: https://ozonator.ru/katalizator-dlya-destruktorov-ozona-goptalyum (дата звернення: 22.11.2024).

42. Поточний рівень середньої заробітної плати. Профспілка металургів та гірників України. URL: http://pmguinfo.dp.ua/napravleniya-деятельності/соціально-ekonomicheska-rabota/73-інформація/139-zarplata (дата звернення: 21.11.2024).

43. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : Постанова МОЗ України від 1 груд. 1999 р. № 42. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va 042282-99#Text. (дата звернення: 18.11.2024).

44. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : Постанова Головного державного санітарного лікаря МОЗ України від 1 груд. 1999 р. № 37. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text (дата звернення: 22.11.2024).

45. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації : Постанова Головного державного санітарного лікаря МОЗ України від 1 груд. 1999 р. № 39. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text(дата звернення: 20.11.2024).

46. Про затвердження правил безпеки в коксохімічному виробництві : Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та

гірничого нагляду від 10 черв. 2008 р. № 135. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0575-08#Text (дата звернення: 31.10.2021).

47. Для затвердження правил будівництва електроустановок : Наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 21 черв. 2001 р. № 272. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text (дата звернення: 22.11.2024).

48. Про затвердження «ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги» : Наказ Мінрегіону України від 31 жовт. 2016 р. № 287. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0287858-16#Text (дата звернення: 22.11.2024).