

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

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»

освітньо-професійної програми «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

Тема: «Вплив електричного поля на протизносні властивості реформульованих біокомпонентами реактивних авіаційних палив»

Виконавець: Гетьманенко Олена Олександрівна студентка групи АП 204 М _____

Керівник: Трофімов Ігор Леонідович к.т.н., доцент., _____

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

Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища» _____ Гай А.Є.

Нормоконтролер: _____ Максимюк М.Р.

КИЇВ 2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ А.Г. Галстян
« ____ » _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Гетьманенко Олени Олександрівни

1. Тема роботи: «Вплив електричного поля на протизносні властивості реформульованих біокомпонентами реактивних авіаційних палив» затверджена наказом ректора від «02» жовтня 2020 р. № 1897/ст.

2. Термін виконання роботи: з 05.10.2020 року по 31.12. 2020.

3. Вихідні дані до роботи: авіаційне паливо марки ТС – 1, етилові естери рижієвої та ріпакової олій.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ. Розділ 1. Аналіз інформаційних джерел. Розділ 2. Методи та засоби досліджень. Розділ 3. Дослідження впливу електричного поля на протизносні властивості реформульованих біокомпонентами палив для прд. Розділ 4. Охорона праці. Розділ 5. Охорона навколишнього середовища Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстраційного) матеріалу. таблиці, рисунки, діаграми, фотографії.

6. Календарний план-графік

| № з/п | Завдання | Термін виконання | Відмітка про виконання |
|-------|---|-------------------------|------------------------|
| 1. | Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою кваліфікаційної роботи. | 05.10.2020 - 13.10.2020 | |
| 2. | Опрацювання літературних джерел з даної теми | 15.10.2020- 22.10.2020 | |
| 3. | Проведення експериментальних досліджень: -обробка зразків палива електричним поле; -дослідження протизносних властивостей палив на машині тертя | 26.10.2020- 9.11.2020 | |
| 4. | Обробка експериментальних даних | 9.12.2020- 16.11.2020 | |
| 5. | Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці. | 16.11.2020- 23.11.2020 | |
| 6. | Узагальнення матеріалу, оформлення кваліфікаційної роботи, підготовка доповіді та презентації. | 23.11.2020- 09.12.2020 | |
| 7. | Захист кваліфікаційної роботи | 23.12.2020 | |

7. Консультанти з окремих розділів.

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

Дата видачі завдання: «05» жовтня 2020 р.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ к.т.н., доц. Трофімов І.Л.

Завдання прийняла до виконання _____ Гетьманенко О.О.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: «Вплив електричного поля на протизносні властивості реформульованих біокомпонентами реактивних авіаційних палив»: 104 с., 30 рис., 5 табл., 67 літературних джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження: вплив електричного поля на протизносні властивості сумішевого авіаційного палива ТС–1 реформульованого біокомпонентами

Предмет дослідження: закономірності впливу електричного поля на протизносні властивості сумішевого авіаційного палива ТС–1 реформульованого біокомпонентами.

Мета роботи: дослідження впливу електричного поля на протизносні властивості біокомпонентних палив для повітряно реактивних двигунів (ПРД).

Методи дослідження: монографічний, аналітичні методи, стандартний метод дослідження протизносних властивостей палив на машині тертя.

Завдання:

- Провести аналіз інформаційних джерел за тематикою роботи;
- Проаналізувати загально визнані методи та прилади дослідження протизносних властивостей палив та мастильних матеріалів;
- Обрати методіку та лабораторні прилади тертя для випробувань триботехнічних властивостей авіаційних палив;
- Провести дослідження впливу електричного поля на протизносні властивості реформульованих біокомпонентами палив для повітряно – реактивних двигунів;
- Проаналізувати заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Експериментально досліджено протизносні властивості палива для повітряно – реактивних двигуні біокомпоненту, отриманого з рижиевої олії та їх сумішей. Встановлено, що додавання біокомпонентів до складу авіаційного палива призводить до зміцнення граничної плівки, і покращує протизношувальні властивості паливних сумішей.

БЮПАЛИВО, ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ, ПРОТИЗНОСНІ ВЛАСТИВОСТІ, ЗМАЩУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ, НАВАНТАЖЕННЯ ЗАДИРАННЯ, ТЕРТЯ

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ..... | 7 |
| ВСТУП..... | 8 |
| 1. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ | 11 |
| 1.1. Характеристика сировини для альтернативних палив для повітряно – реактивних двигунів..... | 11 |
| 1.2. Огляд авіаційних палив реформульованих біокомпонентами | 13 |
| 1.3. Методи покращення фізико-хімічних властивостей авіаційних палив | 18 |
| 1.4. Вплив електромагнітного поля на вуглеводневі паливо | 20 |
| 1.5 Висновки до 1 розділу..... | 25 |
| 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 26 |
| 2.1 Аналіз загально визнаних методів та приладів дослідження протизносних властивостей палив та мастильних матеріалів | 26 |
| 2.2. Вимірювання зношування поверхонь | 32 |
| 2.3. Вибір методики та лабораторних приладів тертя для випробувань триботехнічних властивостей авіаційних палив | 38 |
| 2.4. Методи планування експерименту й оброблення результатів досліджень..... | 41 |
| 2.5. Висновки до 2 розділу..... | 43 |
| 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ПРОТИЗНОСНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕФОРМУЛЬОВАНИХ БІОКОМПОНЕНТАМИ ПАЛИВ ДЛЯ ПОВІТРНО – РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ | 44 |
| 3.1. Основи механізму впливу електричного поля на протизносні властивості рідких мастильних матеріалів | 44 |
| 3.2. Математична модель впливу електричного поля на рідкі мастильні середовища | 52 |

| | |
|---|-----|
| 3.3. Фізична модель впливу електричного поля на протизносні властивості мастильних матеріалів..... | 60 |
| 3.4 Лабораторні випробування протизносних властивостей авіаційних палив, оброблених електричним полем..... | 64 |
| 3.5 Лабораторні випробування протизносних властивостей авіаційних палив реформульованих біокомпонентами..... | 70 |
| 3.6 Висновки до 3 розділу..... | 73 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ..... | 75 |
| 4.1 Перелік виробничих чинників під час проведення експерименту..... | 75 |
| 4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників..... | 77 |
| 4.3 Явища електризації нафтопродуктів..... | 80 |
| 4.4 Пожежна безпека..... | 83 |
| 4.5 Типовий розрахунок допустимого часу робіт при електромагнітному випромінюванні..... | 84 |
| Висновок до 4 розділу..... | 85 |
| 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..... | 86 |
| 5.1 Актуальні питання щодо використання альтернативних палив..... | 86 |
| 5.2 Вплив якості палив на стан навколишнього середовища..... | 87 |
| 5.3. Порівняльна характеристика токсичності палив і її визначення..... | 88 |
| 5.4 Заходи покращення екологічного стану навколишнього середовища..... | 91 |
| 5.5 Висновки до 5 розділу..... | 94 |
| ВИСНОВОК..... | 95 |
| СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ..... | 97 |
| ДОДАТОК А..... | 104 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСПВ – Асфальто – смолисто – парафінові відкладення;

ЕП – електричне поле;

ЗПГ – зріджений природний газ;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ЛА – літальний апарат;

ММ – мастильний матеріал;

МП – магнітне поле;

ОПЕК - організація країн-експортерів нафти;

ПАР – поверхнево активні речовини;

ПММ – паливо – мастильний матеріал

ПРД – повітряно – реактивний двигун;

ПС – повітряне судно;

ТЕС – тетраетилсвинець;

ЦА – цивільна авіація;

ЧКМТ – чотирьох кулькова машина тертя.

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час основним видом палива, що використовуються в авіації, залишається нафтове паливо. Це, перш за все, авіаційний бензин і авіаційний гас. Внаслідок скорочення запасів нафти і збільшення його споживання вартість авіагасу і авіабензину постійно зростає. Так, на сьогоднішній день витрати на паливо становлять 15-20% експлуатаційних витрат літака. Крім того, авіація завдає помітний екологічний збиток.

У зв'язку з цим, останнім часом все більше набирають темп зусилля з пошуку і використання альтернативних видів палива для літаків.

В останні роки все частіше на перші позиції виходить застосування біопалива для авіаційних двигунів. Цей продукт має дві основні переваги перед традиційним нафтовим вуглеводневим паливом: по-перше, воно виробляється при використанні поновлюваних джерел; по-друге, відсоток шкідливих викидів в атмосферу при використанні біопалива значно нижче.

Передбачається, що використання в авіації біопалива, отриманого з ріжіню або ріпака дозволить зменшити вуглецевий слід майже на 80%.

Багато в чому безпеку польоту залежить від якості палива, використовуваного для заправки повітряного судна. Відомі випадки, коли причиною виникнення неполадок в роботі силових установок ПРД було невідповідність якості палива вимогам, встановленим нормативними документами.

За статистикою більше 20% аварій ПС відбувається через технічні неполадки, в тому числі викликаних невідповідністю якості палива.

Найбільша кількість авіакатастроф сталося в результаті відмови силових установок (більш 50%) і злітно-посадочних пристроїв (близько 40%). Таким чином, приблизно 90% авіаційних катастроф, обумовлених несправністю техніки що пов'язані з несправністю функціональних систем.

З технічного боку ПС постійно вдосконалюються, усуваються різні недоробки в їх конструкціях і функціонуванні. Однак більше 20% авіакатастроф відбувається через різні технічні проблеми. Найчастіше такою причиною є відмова двигунів.

Важливу роль в надійної та злагодженій роботі двигунів літака грає якість палива і мастильних матеріалів.

Сучасна техніка, як правило, відповідає вимогам надійності, але не дивлячись на це, потрібно враховувати, що вона оснащена складними гідроагрегатами, виконуючими важливі функції, наприклад, у системах керування літальними апаратами і паливною автоматикою авіаційних двигунів, в паливних системах двигунів внутрішнього згорання та в системах керування наземної техніки.

Специфічність цих пар тертя потребує критичного підходу в питанні застосування до них існуючих уявлень відносно впливу МС, механічних властивостей матеріалів, міцності, шорсткості спряжених поверхонь, швидкості їх відносного переміщення. Підвищення протизносних властивостей ПММ та розробка методик для їх здійснення є одним з пріоритетних напрямів підвищення надійності роботи машин і механізмів.

Мета роботи – дослідження впливу електричного поля на протизносні властивості біокомпонентних палив для повітряно реактивних двигунів (ПРД).

Об'єкт дослідження – вплив електричного поля на протизносні властивості сумішевого авіаційного палива ТС–1 реформульованого біокомпонентами.

Предмет дослідження – закономірності впливу електричного поля на протизносні властивості сумішевого авіаційного палива ТС–1 реформульованого біокомпонентами.

Методи дослідження: монографічний, аналітичні методи, стандартний метод дослідження протизносних властивостей палив на машині тертя.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримано закономірності впливу електричного поля на протизносні властивості реформульованих біокомпонентами авіаційних палив. Набула подальшого розвитку математична модель впливу електричного поля на вуглеводневі палива.

Практичне значення одержаних результатів Матеріали дипломної роботи вміщують багато корисних з наукової точки зору даних і можуть бути опубліковані в засобах масової інформації, також ці матеріали можна використовувати у навчальному плані

Особистий внесок студента у роботу.

Студентка самостійно проводила випробування на тертя та зношування, побудував графічні залежності та оформив дипломну роботу.

Обговорення та інтерпретація одержаних результатів проводилася студентом спільно з науковим керівником.

Апробація отриманих результатів. Результати дипломної роботи було опубліковано у Польському науковому журналі «International independent scientific journal» у жовтні 2020 року.

Публікації. Результати дипломної роботи подані до публікації в матеріалах наукового журналу «International independent scientific journal» у жовтні 2020 року.

1. АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Характеристика сировини для альтернативних палив для повітряно – реактивних двигунів

Різноманіття технологій забезпечує можливість виробництва альтернативних палив для ПРД з використанням багатьох видів сировини.

Прийнято виділяти палива 1-го, 2-го та 3-го покоління. Для виготовлення палива першого покоління використовують олійні культури, злакові, коренеплоди та сировину тваринного походження. Друге покоління біопалива виробляють із відходів сільського господарства, неїстівної сировини. Вважається, що виготовлене з водоростевої біомаси паливо відноситься до третього покоління і є найперспективнішим [1].

Головною сировиною для виробництва біопалива першого покоління в Україні є ріпак. За останні 17 років був основною сільськогосподарською культурою для виробництва біопалив [2]. Протягом 2000 – 2011 рр. провідними виробниками ріпакової олії були Канада, США і такі європейські країни як Німеччина, Франція, Чехія, Польща, Велика Британія. За хімічним складом та основними технічними характеристиками ріпакова олія є придатною для виробництва альтернативних палив [1].

Культура ріпаку є вибагливою до умов вирощування, тому потребує постійного внесення добрив та іншого догляду, істотно виснажує ґрунт на територіях, що традиційно використовувалися агропромисловими комплексами. Аналізуючи дані, можна дійти висновку, що ріпак становить конкуренцію потребам харчової промисловості, а процес виробництва та використання біопалив не є сталим [3]. Також проводилися численні дослідження щодо селекціонування культур ріпаку з поліпшеними фізико-хімічними та агрономічними характеристиками.

Виведено низькоерукові сорти з жирнокислотним складом олії, що є оптимальним саме для виробництва біопалив. Крім того, вдалося підвищити стійкість

культур до шкідників, кліматичних умов або інших несприятливих умов, а отже, зменшити собівартість виробництва олії і палива [10].

Але додавання чистої ріпакової олії до авіаційного палива не рекомендується, адже висока в'язкість, низька температура змерзання, вміст води і органічних кислот є несприятливими чинниками використання чистого рослинної олії як паливо.

Також популярною рослиною для виготовлення біопалив другого покоління є ріжій, що зумовлено його надзвичайною пластичністю до агроекологічних умов вирощування та висока рентабельність виробництва. Біопалива другого покоління є досить ефективними і використовуються в авіації без зниження якості і характеристик роботи двигунів.

Нині в Україні ріжій вирощують на незначних площах у Поліссі та в Північному Лісостепу, хоча існують всі передумови для розширення площ під його посіви. Ріжій належить до енергетичних культур з високим вмістом олії. [5].

Зазвичай ріжій використовують у сільському господарстві пересіваючи і підсіваючи загиблі або зріджені озимі посіви, а також його використовують як проміжну та післяжнивну культуру, що попереджає зниження родючості земель та забезпечує підвищення стійкості інших культур до хвороб і шкідників. Рослини витримують весняні приморозки, у період вегетації малочутливі до посухи. Насіння ріжію містить 40–50% олії, що забезпечує вихід олії близько 1250 л/га. Ще однією перевагою цієї культури є можливість використання шроту (побічного продукту процесу екстракції олії) як корму для сільськогосподарських тварин та птиці. На думку вчених, такі характеристики ріжію забезпечуватимуть «сталість» процесу виробництва авіаційних біопалив, не створюючи конкуренції харчовій промисловості [9].

Адаптивній пластичності ріжію ярого сприяють його унікальні біологічні властивості порівняно з іншими ярими олійними культурами.

У результаті, це дає можливість вирощувати його на ґрунтах низького класу, непідходящих для інших культур, що дає шанс для отримання рослинної олії, придатної для виробництва біопалива без скорочення виробництва продуктів харчування. Крім того, це також дає реальний шанс на розвиток

сільськогосподарських районів України, що мають ґрунти низької якості. Ця культура набула поширення на території США, Канади та деяких країн Європи.

Третє покоління біопалива виробляють з водоростей, переробка яких дає змогу отримати різні види палива з накопиченої біомаси. Перевагами їх використання є швидкоростучість та здатність подвоювати свою масу декілька разів на день. Ці мікроскопічні росини можна вирощувати в солоних або прісних водах, забруднених водних об'єктах, водоймах у пустелях та інших незаселених територіях [11]. У процесі життєдіяльності водорості споживають CO_2 , що робить їх надзвичайно ефективним інструментом для поглинання вуглецю, що потрапляє в атмосферу в результаті спалювання викопних видів палив.

1.2. Огляд авіаційних палив реформульованих біокомпонентами

Як відомо, забезпеченість паливними ресурсами є ключовим завданням, що визначає розвиток економіки та енергетичну безпеку будь-якої держави. Велика частка газів CO_2 що містяться в авіаційній емісії зберігається в атмосфері, не поглинаючись повністю океанами і біосферою Землі.

До складу емісії входять хімічно активні азотовмісні продукти (NO_x), які викликають зменшення вмісту метану (CH_4) і збільшення кількості озону (O_3) внаслідок процесів що відбуваються в атмосфері. В результаті спільного впливу емісії водяної пари, вуглеводню (HC), оксидів сірки (SO_x) і сажі утворюються і накопичуються в атмосфері дрібні частинки, відбувається утворення інверсійних слідів і зміна фону хмарності. Утворення метану (CH_4) та сульфатного аерозолу веде до охолодження клімату, іншій емісії (CO_2 , O_3 , інверсійні сліди, хмарність, сажа) викликають потепління клімату [1].

Британська компанія Virgin Atlantic однією з перших у світі здійснила вдалий політ комерційного літака на біопаливі. Так, 24 лютого 2008 року літак "Боїнг-747" без пасажирів на борту зробив пробний переліт з Лондона до Амстердама, використовуючи біопаливо в одному зі своїх чотирьох двигунів. Інґредієнтами біопалива була пальмова олія і олія кокоса. Використовувалося 20% біопалива у

суміші із звичайним авіаційним гасом, проте президент Virgin Atlantic Річард Бренсон повідомив, що тести підтверджують можливість використання для польотів до 40% домішок біопалива.

За словами Бренсона, пасажирські літаки, що літають на біопаливі, вже зовсім скоро стануть реальністю. Він підкреслив, що після сьогоднішнього польоту можна з упевненістю говорити про те, що Virgin Atlantic зможе здійснити свої плани по використанню екологічно чистого палива навіть раніше, ніж планувалося. Літак "на кокосі" підняв в повітря проблему, якою вже тривалий час займаються на Землі.

Сьогоднішня ситуація у світі нагадує ту, що склалася у 1973 році після нафтової кризи і стрімкого зростання цін на традиційне паливо. Тоді багато хто був упевнений, що через дії ОПЕК світовій економіці загрожує колапс. Але нічого страшного не трапилося. У найкоротші терміни провідні країни знайшли "протиотруту", створивши безліч ефективних технологій економії енергії. Це був колосальний прорив. І ось стрибок цін на нафту, що відбувся у 2000 році, дав старт новій атаці на "чорне золото". Ставка робиться на його заміну біологічним паливом.

Під "біологічним" прапором наступ на нафту йде широким фронтом. У команду, яка повинна поті-снити дефіцитну сировину, входять етанол, що отримується із зерна, кукурудзи і цукрового очерету, біодизель – з рапсу і сої, біомаса - зі всіх видів відходів. Серед цих претендентів поки лідирує етанол. У США, Бразилії та Європі прийняті національні програми, мета яких, на перший погляд, дуже амбітна: замінити на етанол традиційні моторні палива.

Майже за рік до підняття у повітря Боїнга-747 британської компанії Virgin Atlantic свої дослідження оприлюднила Франція. 18 червня 2007 у Франції компанія CFM International успішно провела початкові випробування роботи авіадвигуна CFM56-7B на суміші авіаційного гасу і біопалива. Випробування пройшли на заводі Snecma під Парижем. У авіагас Jet-A1 було додано 30% біодизелю, отриманого з рослинних жирів.

CFM International – спільне підприємство Snecma (SAFRAN Group) і General Electric Company. CFM International бере участь у різних програмах, створених з метою скорочення емісії парникових газів: CAP (Climate Action Partnership, США),

Calin (Франція), Alpha-bird (Євросоюз). Двигун CFM56-7B встановлюється на літаках Boeing 737-600/-700/-800/-900. До двигуна не вно-силися ніякі зміни. Метою випробувань було скоротити викиди CO₂ на 20% і перевірити, чи не відбувається при цьому втрати потужності.

У даний час більше 500 двигунів CFM56-7B встановлено на літаки Boeing 737. З середини 90-х років двигуни напрацювали більше 50 млн. операційних годин. У Франції також проводяться випробування сумішей гасу з біопаливами другого покоління (спирти на основі біобутанолу), які виробляються з біомаси[8]. Прихильники "екологічного" палива вважають, що його використання скоротить викиди газів, які викликають парниковий ефект, а також зменшить економічну залежність від корисних копалин. На альтернативні види палива хочуть перейти й інші авіакомпанії.

Так, на початку лютого 2008 р. авіабудівна компанія Airbus відправила до випробувального польоту найбільший пасажирський лайнер у світі, A380, щоб випробувати синтетичну нафту. Є певні напрацювання у цій галузі й у найбільшого в Україні виробника авіаційних двигунів - відкритого акціонерного товариства (ВАТ) "Мотор Січ". Великою проблемою біопалива є те, що більшість його видів замерзає на великій висоті. Інша складність пов'язана з екологією: виробництво багатьох видів біопалива насправді завдає шкоди сільському господарству. В окремих дослідженнях, зокрема, йдеться про те, що переробка первинної сировини у біопаливо обертається набагато більшими викидами шкідливих речовин в атмосферу, ніж при використанні звичайно-го палива.

Саме тому більш цікавими розробками, на наш погляд, в авіабудівній сфері є досвід російських компаній ВАТ "Туполєв" та ВАТ СНТК ім. Н.Д. Кузнецова. Тут досить ефективно працюють над розробкою двигунів, у яких альтернативним авіаційним паливом є криогенне, зокрема, зріджений природній газ (CH₄). У даний час саме Росія займає передові позиції у вирішенні проблеми становлення криогенної авіації [3].

У середині 1980-х років на базі пасажирського лайнера Ту-154 фахівці ВАТ "Туполєв" створили літак, що працював на зрідженому газовому паливі – рідкому

водні. Це був лайнер Ту-155, або, як його називали, - лабораторія, що літає. Лабораторія Ту-155 вперше піднялась у повітря 15 квітня 1988 року.

Рідкий водень – майже ідеальне екологічно чисте паливо, яке виділяє при згоранні в основному воду і незначну кількість оксидів азоту. За теплотворною здатністю водень втричі перевершує традиційний авіаційний гас. У той же час водень вибухонебезпечний, зберігати і транспортувати його можна тільки в рідкому стані при дуже низьких температурах, близьких до абсолютного нуля (мінус 273°С). І саме це виявило дуже серйозну проблему, досить скоро робота над силовою установкою на рідкому водні була призупинена.

Розробники звернули увагу на зручніший в експлуатації зріджений природний газ (ЗПГ) - найчистіше і значно дешевше викопне паливо. Як і водень, ЗПГ значно менше забруднює навколишнє середовище, його теплотворна здатність на 15 відсотків вища, ніж у авіаційного гасу. Та і зберігати ЗПГ у рідкому вигляді набагато простіше (температура може бути близько мінус 160°С, що майже на 100 градусів вище, ніж при зберіганні рідкого водню)[9].

Перші польоти на ЗПГ в січні 1989 року показали, що в порівнянні з гасом питома витрата палива знижується приблизно на 15 відсотків, а економічність повітряного лайнера істотно зростає, оскільки собівартість ЗПГ у декілька разів нижча, ніж гасу. Експериментальні польоти Ту-155 дали безцінний досвід для подальшого удосконалення авіаційних криогенних паливних систем. Зараз створюється новий літак на криогенному паливі – Ту-156, призначений для комерційної експлуатації. На відміну від свого попередника (серійного літака Ту-154М) Ту-156 оснащується трьома двигунами НК-89 з роздільними паливними системами (одна штатна для гасу, інша криогенна для ЗПГ). Як і НК-88, новий двигун обладнаний турбонасосним агрегатом, який приводиться в дію повітрям, що поступає з компресора турбореактивного двигуна. За турбіною знаходиться теплообмінник. У ньому рідкий газ нагрівається, переходить у газоподібний стан і поступає в камеру згоряння двигуна, де встановлені газові і гасові форсунки.

Всі криогенні клапани і крани забезпечені електроприводами. На криогенних баках і трубопроводах встановлена апаратура для вимірювання кількості і рівня

палива, його температури і тиску. На правому і лівому бортах змонтовані заправний і дренажний штуцери. Час повної заправки літака складає 30 хвилин[3].

Проектувальники Ту-156 розглянули багато варіантів розміщення паливного бака й обрали той, при якому не порушується аеродинаміка, зберігаються стійкість і керованість машини. Основний криогенний бак ємкістю 13 тонн, діаметром більше 3 м і завдовжки майже 5,5 м розмістили на місці заднього пасажирського салону, а центрований (на 3,8 тонни) – в передньому багажному відділенні під підлогою кабіни пілотів. Основну ж частину пасажирського салону перетворили на вантажний відсік. Паливні баки для ЗПГ виготовили з алюмінієвого сплаву і покрили теплоізоляцією з пінополіуретану завтовшки близько 50 мм. Такі баки не тільки зберігають низьку температуру – близько мінус 160С, але і витримують надмірний тиск до 0,2 МПа. Як і в Ту-155, криогенні баки Ту-156 обладнали дренажною системою, що скидає пари метану в нештатних і аварійних ситуаціях.

При нормальній роботі тиск пари не перевищує допустимих норм. Проблема особливої важливості – вибухова і пожежна безпека. На повітряних судах, що працюють на ЗПГ, вона має свою специфіку. Якщо порушується герметичність паливної системи літака, заправленого традиційним паливом – гасом, він, як рідина слабого випаровування, заповнює порівняно малий об'єм, і хоча виявити витік дуже важко, небезпека пожежі або вибуху не така велика[6].

На літаках, що працюють на ЗПГ, все набагато серйозніше. У разі витіку газу з паливної системи він швидко заповнює відсіки планера. Щоб уникнути можливого займання метану, з них прибирають все електроустаткування і встановлюють газоаналітичні датчики, які сигналізують про аварійну ситуацію. Окрім цього у відсіках передбачена примусова вентиляція. При такому компоновальному рішенні вантажність Ту-156 знизилася з 18,8 тонни (у базового Ту-154М) до 14 тонн. Але конструктори вказують на інші економічно вигідні рішення[3].

Дальність перевезення вантажу, за розрахунками, буде не менше 2600 км при роботі на ЗПГ, а на ЗПГ і гасі - 3200 км. Завдяки двом роздільним паливним системам (для гасу і ЗПГ) Ту-156 зможе заправитися газом, зробити політ в аеропорт, в яких ще немає устаткування для його виробництва і зберігання, і відлетіти звідти на гасі. У

нештатній ситуації перейти з одного виду палива на інший можна всього за 5 секунд. Ці переваги підвищують безпеку польотів і роблять авіалайнери на ЗПГ мобільнішими.

1.3. Методи покращення фізико-хімічних властивостей авіаційних 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 і замикання, як на власні атоми так і на прилеглі молекули, через існуючого міжмолекулярної електромагнітного взаємопритягання між ними.

Піддаючи ці складні кластерні угруповання дії електромагнітного поля відповідної сили і напрямку, вдається зменшити в'язкість палива, забезпечити належне перемішування паливо-повітряної суміші, знизити енерговитрати на випаровування палива, і підвищити швидкість горіння. Це пояснюється тим, що всі речовини піддаються дії електромагнітного поля в більшій чи меншій мірі. У разі вуглеводних палив електромагнітне поле переводить атоми молекул в порушену положення, яке призводить до їх переорієнтації згідно напрямки дії зовнішнього магнітного поля. Також в процесі переорієнтації відбувається збільшення відстані між атомами і зростання реакційної поверхні палива і як наслідок підвищення повноти згорання [3].

Наприклад, у дослідженнях Усатенко С.Т. [19] позитивного впливу магнітного впливу на експлуатаційні властивості реактивних палив ТС-1. Ці дослідження показали, що при напруженості магнітного поля 560 ... 640 кА / м і оптимальної швидкості переміщення реактивного палива 0,5 ... 0,7 м / с змащувальні властивості палива поліпшуються при терті ковзання на 12 ... 15%, а при терті кочення - в 2 ... 2,5 рази. Довговічність підшипників кочення в середовищі гасу після магнітної обробки збільшилася в 2,7 рази.

При напруженості магнітного поля 320 кА / м зменшилася схильність вуглеводного палива до електризації приблизно в 2 рази [17]. Окислюваність

реактивного палива, що зазнає 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%, в порівнянні з вихідним значенням, при точності вимірювання 0,17%. Ця в'язкість зберігається протягом 5 ... 6 годин, а потім поступово протягом доби наближається до початкового значення. Залежно від режиму впливу електро-магнітних полів в'язкість палива можна підвищити або знизити.

Вплив на масло МК-8 [17] магнітного поля напруженістю 480 кА / м при швидкості течії масла 0,9 м / с дозволяє зменшувати знос стали ШХ15 в середовищі цього масла в 3,0 ... 3,5 рази. При цьому критична осьова навантаження схоплювання збільшується на 20%. При дослідженні протизносних властивостей різних масел (авіаційного, індустріального, циліндрового і автотракторного) [13] відзначаються, що пропускання мастила через магнітне поле соленоїда, сприяє зменшенню зносу колісних пар в 4-6 разів. Аналогічні результати отримані і при дослідженні зносу валів.

Дослідження магнітного впливу на бензин розглядаються [14] японськими дослідниками відзначено зменшення закупорки розпилювача, зниження нагару і концентрації сажі. Зменшується димність і зольність, знижується викид окислів азоту. Магнітна обробка бензину збільшує швидкість горіння, що позначається на максимальному тиску згоряння і при цьому повнота згоряння збільшується. 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%.

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

Однак в умовах реальної експлуатації закладений рівень надійності теплового двигуна повністю не реалізується. Відбувається це внаслідок впливу наступних зовнішніх факторів: кліматичних, ґрунтово-дорожніх умов, низького рівня технічної експлуатації (порушення обсягу і регламенту проведення операцій технічного обслуговування, застосування палива з низькими експлуатаційними властивостями) і ін.

Одним з найважливіших умов реалізації надійності і довговічності теплового двигуна є застосування високоякісних сортів палива з поліпшеними експлуатаційними властивостями, тому що саме ці властивості часто вирішальним чином впливають на ефективність застосування різноманітної техніки. Взаємозв'язок між експлуатаційною надійністю, довговічністю двигуна і якістю застосовуваних палив очевидна[15].

1.4. Вплив електромагнітного поля на вуглеводневі паливо

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

Вітчизняний і зарубіжний досвід експлуатації теплових двигунів показує, що якість застосовуваних палив оцінюється по їх фізико-хімічних, експлуатаційним і екологічних властивостях. До фізико-хімічних відносяться властивості, що визначають фізичні та хімічні властивості палив і мастильних матеріалів, а також їх склад. Це - щільність, в'язкість, теплоємність, теплопровідність, діелектрична проникність, елементний, фракційний і хімічний склади; тиск насичених парів і інші [12].

Ідеї магнітної обробки палива займали людські уми ще на початку минулого століття. Але вперше практичне застосування магнітної обробки знайшло під час Другої світової війни в Німеччині. Спочатку такій обробці піддавали вихлопні гази

«Мессершмідт», щоб приховати їх конденсаційний слід від зенітної артилерії. Ще тоді було помічено, що при магнітній обробці палива потужність двигунів зростала при тому ж його витраті.

Спроби застосувати магнітну обробку палива у цивільній техніці почали робити зовсім недавно. Першими зробили це автомобілісти ще в кінці 80-х років минулого століття. Це були різні магнітні активатори на постійних магнітах, що вставляються в розрив паливного шланга. Але через низку недоліків такі магнітні активатори споживач не став застосовувати[5].

Більш досконалі активатори були випущені в кінці 90-х років фірмою «Біонет» Майстер-Бернер (рис.1.1). Магнетизер виконаний у вигляді двох полухомутов 3, в яких вмонтовано по два прямокутних магніту. Полухомути встановлюються на паливо-провід 1 і стягуються гнучкою засувкою 2. На жаль і ці активатори не знайшли широкого застосування через недостатню активації палива.

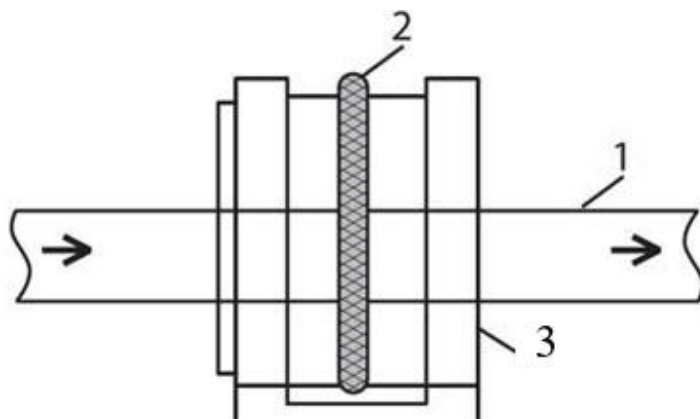


Рис.1.1. Магнетизер «Майстер-Бернер»

1-паливопровід, 2-гнучка засувка, 3-полухомути.

У момент перетину магнітних силових ліній при прокачуванні палива у нього змінюється структура і багато властивостей: знижуються сили поверхневого натягу, збільшується розчинність кисню в паливі, зростає ядерна поляризація (особливо водню), змінюються константи швидкості хімічної реакції горіння (швидкість горіння збільшується), зменшується детонаційна стійкість бензинів, зменшується зміна

оптичної щільності і діелектричної проникності, збільшується діамагнітна сприйнятливість палива[8].

Встановлено, що збільшується здатність кисню до реакцій. Причому вона зберігається 1-1,5 години, потім вона знижується до попереднього рівня. Збільшується діамагнетизм палива.

Ці зміни властивостей палива при впливі МП істотно впливають на експлуатаційні властивості паливо-мастильних матеріалів (ПММ):

1. Протизносні властивості;
2. Повнота згоряння палива;
3. Нагароутворення;
4. Займистість;
5. Ступінь очищення в паливному фільтрі;
6. Корозійна активність.

Магнітне поле (МП) знімає електростатичний заряд з молекул палива, яке вони отримали при прокачуванні по трубах, знижує його в'язкість. При впливі МП (потрібної напруженості і величини магнітного потоку) на вуглеводневі рідини (бензин, гас, дизпаливо, та ін), відбувається поляризація палива з одночасною орієнтацією хаотично рухаються його частинок. При цьому відбувається зняття статичних зарядів палива, руйнуються молекулярні зв'язки між частинками палива [12].

Частинки палива отримують додатковий позитивний заряд (рис.1.2). А, як відомо, кисень повітря має негативний заряд. Різнойменних зарядів палива і кисню інтенсифікує процес їх взаємодії. В результаті цього прискорюються реакції окислення паливоповітряної суміші (тобто горіння палива).

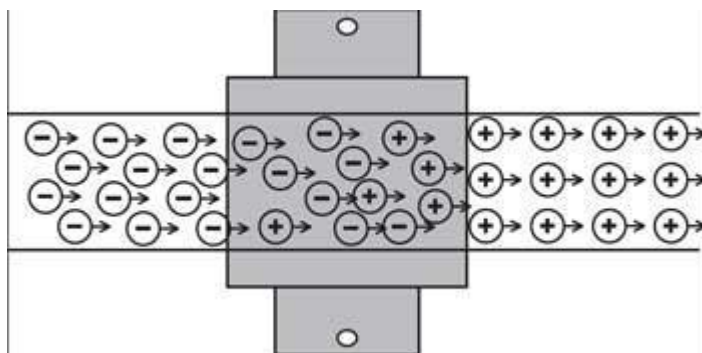


Рис. 1.2.Схема магнітної активації палива

Під дією магнітного поля в вуглеводневої рідини знижуються сили молекулярного тяжіння або, як їх частіше називають, сили поверхневого натягу. Це полегшує випаровуваність, диспергування палива, що призводить до кращого розпилення його в камері згоряння двигуна. У паливі виходять різні радикали: з метану утворюється метил з етану - етил, з бутану - бутил і т.д.

Вільні радикали - це порівняно стійкі оскільки органічних сполук, в яких відсутній один атом водню, тобто радикали мають електричний заряд зі знаком «мінус». Радикали малого молекулярного ваги: - менш стійкі[4].

Вплив МП викликає серйозні зміни стану всіх забруднювачів. Вода знаходиться у вигляді стійкої емульсії в нафтопродуктах (бензині, дизельному паливі, гасі). Тому вона погано розпоршується і погіршує процес горіння (на її нагрівання і випаровування потрібна велика енергія). А в дизельних двигунах вода призводить ще й до заклинювання паливних пар.

Під впливом МП емульсії стають нестійкими і легко розпадаються за рахунок руйнування гідратних оболонок. У камеру згоряння входять вже «голі» молекули води. При дії високої температури (800 градусів за Цельсієм і більше) звільнилися в такий спосіб молекули води розпадаються на іон водню і гідроксильну групу.

Решта забруднення, в тому числі що містять залізо, знаходяться в паливі в колоїдній формі (тобто покриті гідратної оболонки). Ці забруднення погано розпоршуються і також погіршують горіння палива. Вони є причиною прискорення утворення нагару в поршневій групі, голівці блоку, на свічках запалювання[11].

Солі, сірчисті відкладення і механічні домішки є абразивом, збільшуючи знос всіх деталей двигуна. Названі забруднення в паливі знаходяться в колоїдній формі.

Колоїдні частинки, потрапляючи під дію магнітних силових ліній, скидають з себе гідратів оболонки. При цьому залізовмісні частки, після виходу з магнітного поля, самі стають магнітиками, притягуються один до одного і, укрупнити, затримуються в паливному фільтрі (для цього один магнітний модуль повинен стояти до паливного фільтра). Тобто механічні частинки, які не осіли в паливному фільтрі, викидаються разом з вихлопними газами[7].

Асфальто-смолисто-парафінові відкладення представлені в'язкими частинками, що мають більш високу температуру випаровування, ніж бензин і дизпаливо. Тому АСПВ погіршують процес горіння і є причиною утворення сажі. Сажа і вищеназвані тверді забруднення (солі), викликають більш інтенсивний знос поршневої групи (і поршнів, і стінок циліндрів) і клапанів. Крім цього, сажа з забрудненнями осідає в камері згорання, на клапанах, в канавках поршневих кілець і т.д. В результаті цього клапана і кільця обгорають і з цієї причини повністю не закриваються. Це додатково погіршує горіння, знижує загальний ККД. Сажа проникає і в мастило, погіршуючи його якість. Двигун починає більше витрачати масла через запалі поршневі кільця, спрацювали поршневую групу. Це масло викидається разом з вихлопними газами, додатково забруднюючи навколишнє середовище. Налиплого на голівці блоку і камери згорання ДВС сажа призводить до погіршення її охолодження (сажа - ізолятор теплопередачі) і викликає загальний перегрів двигуна, що знижує його моторесурс.

Під дією магнітного поля частинки АСПВ розукрупнювати, зменшуються сили адгезії, знижуються сили молекулярного тяжіння.

Так як зняті (або значно зменшені) сили адгезії, ці частки не налипають на металевих поверхнях. Загальним результатом впливу магнітного поля є поліпшення розпилення АСПВ, їх більш повне згорання та зниження викиду сажі.

Повертаючись до магнітної обробки палива, слід сказати, що попутно від поляризованих молекул паливоповітряної суміші поляризується і масло в двигуні, частинки масла менше викидаються з вихлопними газами (особливо на старих автомобілях). Це забезпечує зниження викиду шкідливих газів (в т.ч. СО і СН). За

рахунок поляризації масла на деталях двигуна утворюється міцна масляниста плівка. Це призводить до зниження зносу деталей двигуна[12].

1.5 Висновки до 1 розділу

Проаналізовано доцільність вирощування рижію як сировини для виробництва біопалив, що матиме низку переваг у порівнянні з іншими сільськогосподарськими культурами використовуваними сьогодні.

Було досліджено що, механічні домішки в паливах впливають на знос паливної апаратури, циліндро-поршневої групи в поршневих двигунах. Крім того, вони можуть викликати засмічення каналів і жиклерів карбюратора, збільшувати сірчистих і смолистих відкладень, нагароутворення у впускному трубопроводі, в камерах згоряння і на клапанах, порушувати щільність посадки голки на сідло розпилювача форсунки і т.д. Все це знижує надійність роботи двигуна. Також розглянуто теоретико-експериментальні дослідження електрофізичного впливу на електрофізичні параметри вуглеводневого палива.

Під дією магнітного поля в вуглеводневих паливах знижуються сили поверхневого натягу, змінюється структура молекул.

2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Аналіз загально визнаних методів та приладів дослідження протизносних властивостей палив та мастильних матеріалів

Безвідмовність і довговічність сучасних машин, механізмів і різного технологічного устаткування визначаються процесами, що протікають в трибологічних системах, які розрізняються такими параметрами як: сумісність, пристосованість і зносостійкість. Практичне значення у вивченні процесів, що відбуваються в трибосистемі, набувають методи і засоби діагностики трибосопружений безпосередньо при їх роботі, що дозволяє підвищити експлуатаційну надійність механічних систем. У зв'язку з цим розробка засобів і методів контролю стану елементів трибосистем і процесів, що відбуваються в ній, є актуальним завданням.

Протизносні властивості палива та ПММ залежать від хімічного складу і полярності базової олії, складу композиції присадок і в'язкісно-температурною характеристикою ПММ, яка в основному визначає температурні межі його працездатності[18].

Випробування змащувальних властивостей показують, якою мірою масло виконує свої основні функції - зменшує силу тертя і оберігає деталі від зносу. При випробуваннях імітуються реальні умови режимів тертя. На практиці існує досить багато приватних випадків змазування і тому є відносно багато методів випробувань мастильних властивостей.

Найбільш часто моделюється тертя ковзання на невеликій поверхні. В ході випробування поступово підвищується навантаження і / або швидкість ковзання (деформація зсуву вимірюється або реєструється сила тертя і її зміна, а також знос поверхні тертя. З отриманих даних розраховуються критичні параметри - критичне навантаження, навантаження зварювання, здатність навантаження ПММ, показник зносу, показник швидкості зносу і ін[15].

Метод чотирьох кульок (four ball test). Це найпоширеніший і інформативний метод визначення змащувальних властивостей мастильних матеріалів. Чотирьохкулькові машина тертя (ЧШМТ) з точковим контактом, була розроблена компанією "Shell" N '51 350, ASTM D 2266, ГОСТ 9490-75, РД 50-531-85) (рис. 2.1).

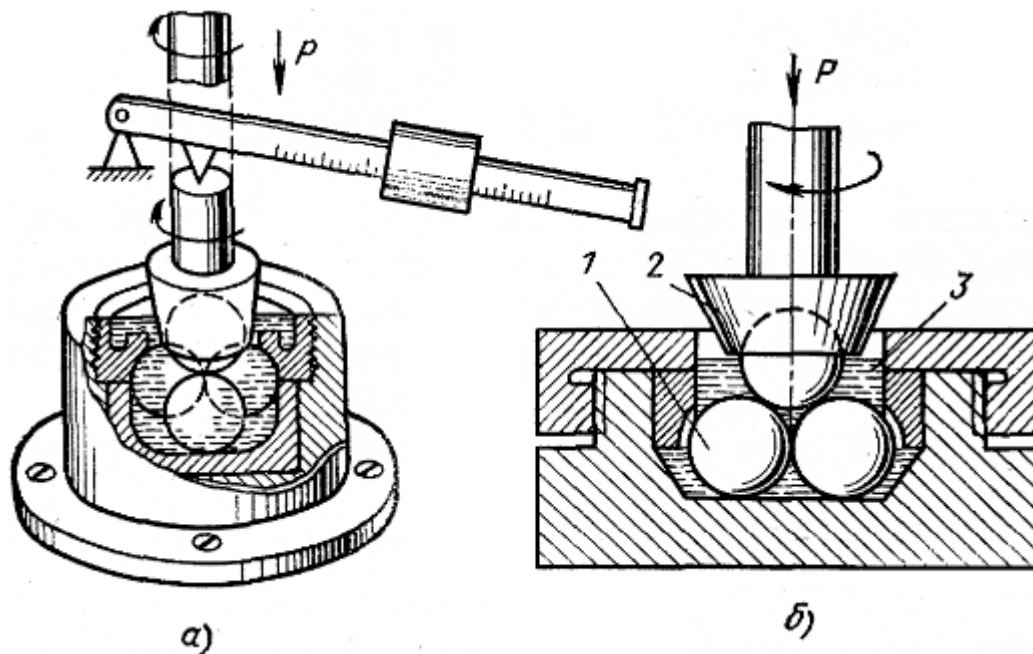


Рис. 2.1. Пара тертя чотирьох кулькової машини для вивчення змащувальних властивостей: а - схема навантаження кулькової піраміди; б - схема чотирьохкулькової скоби; 1 - нерухомі кульки; 2 – кулька що обертається; 3 – досліджуване середовище

Методом ЧКМТ визначаються:

- характер зносу, крива зносу, показник зносу (wear line) в умовах граничного тертя - по плямам зносу кульок (ASTM D 2266, DIN 5 1350, Teil 3);
- критичне навантаження, навантаження зварювання і здатність навантаження (несуча) здатність - по точках перегину на кривій зносу;
- індекс задирака (навантаження) - за граничним тиску (ASTM D 2596, DIN 5 1 350, Teil 2).

Характер зміни ступеня зносу від навантаження показує протизносні властивості пмм при постійному навантаженні, яка нижче критичної[13]. В ході випробування періодично вимірюється діаметр плям зносу на нижніх шарах і

розраховується середнє значення зносу (в мм). Залежність зносу (D) від навантаження (P) характеризується кривою зносу (рис. 2.2).

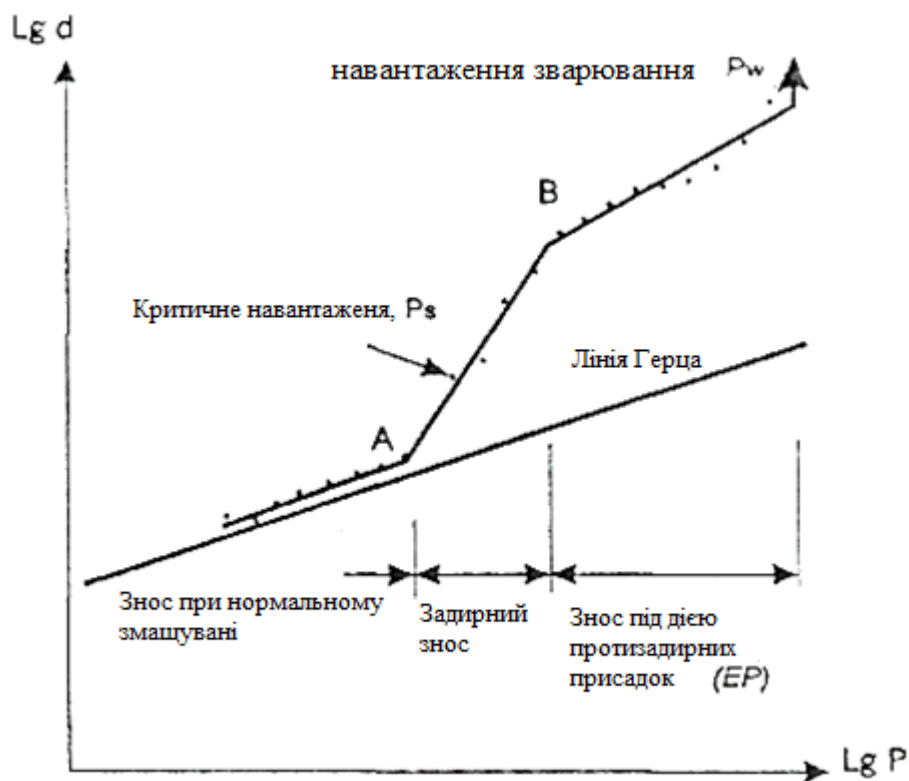


Рис. 2.2. Крива зносу, отримана за допомогою чотирьохкулькової машини.
Залежність діаметра плями зносу, d , від навантаження P

Інтенсивність зносу від початку і до зварювання залежить від здатності мастильного матеріалу зменшувати знос і характеризується індексом задирака (навантаження). У початковому інтервалі навантаження знос поверхонь тертя відбувається в умовах граничного тертя і є пропорційним навантаженні. В цьому режимі співвідношення між навантаженням і відповідним їй зносом є постійною величиною і може характеризувати протизносні властивості масла або мастила. Індекс навантаження виражається в ньютонках[11].

По точках перегину кривої зносу визначаються критичні точки зносу: критичне навантаження P_k - це таке навантаження, при перевищенні якої починається інтенсивний знос, викликаний задиром в результаті руйнування адсорбційного шару мастила; критичне навантаження показує граничні можливості змазування масла або

мастила і називається несучою здатністю; граничне навантаження p_c або навантаження зварювання - це таке навантаження, при перевищенні якої кулі схоплюються.

Метод FZG (FZG test, Four-square gear oil test), званий також Методом Німа (Viemann test) (СЕС L-07-A-95, DIN 51 354, IP 334) (рис. 2.3). Це один з основних методів визначення протизносних і протизадирних властивостей мастила. Властивості мастил визначаються за допомогою двох циліндричних шестерень, занурених в досліджуване мастило.

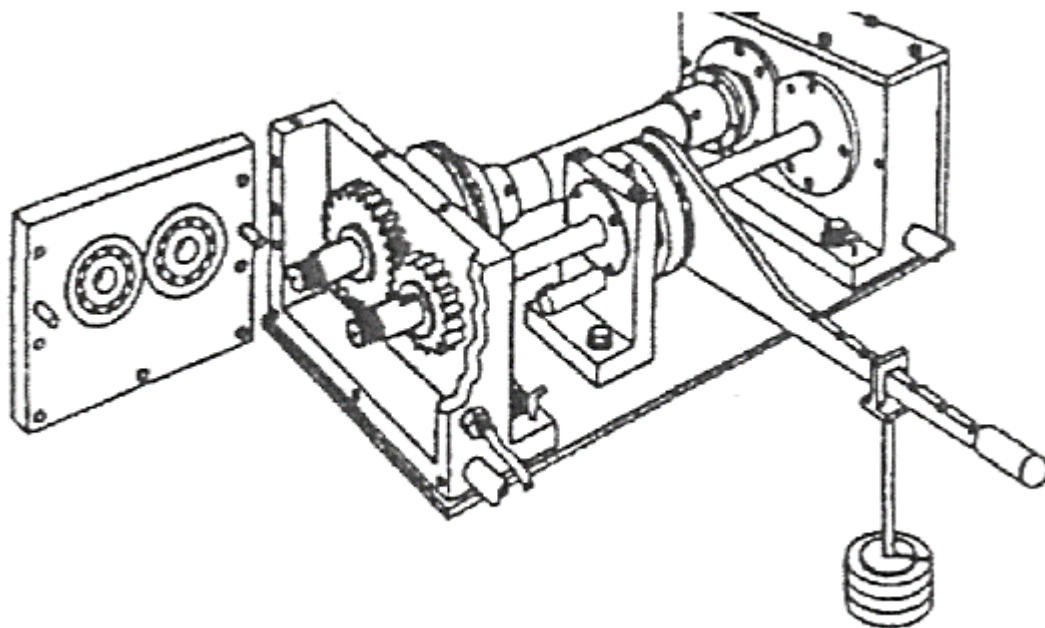


Рис. 2.3. Схема приладу FZG за визначенням зносу шестернею

Шестерні, що знаходяться під навантаженням прокручуються про 15 хв при поступовому підвищенні навантаження і вимірі втрати маси шестерень. Випробування закінчується після досягнення втрати маси в 10 мг або після 12 циклів (якщо втрати маси не досягають 10 мг). Змашувальні властивості мастила виражаються через число n тримати циклів підвищення навантаження. Крім цього, визначається граничне навантаження, при якій шестерні починають застрягати, вона називається ОК навантаженням (OK load) виражаються в ньютонках[10]. Аналогічний метод застосовується в США - тест Рідера (Ryder • xi) (ASTM D / ANSI D 1947).

Метод Тімкен (Timken Extreme Pressure Test) (ASTM D 2782) (рис. 2.4). Цим методом визначаються протизадирні властивості пмм при граничному навантаженні, тобто критичне навантаження задирака або Timken OK навантаження (Timken OK load), яка виражається в ньютонах. Це навантаження, яке може витримати масляна плівка на поверхні тертя до появи задирака в умовах даного експерименту. Таке навантаження показує здатність навантаження масла.

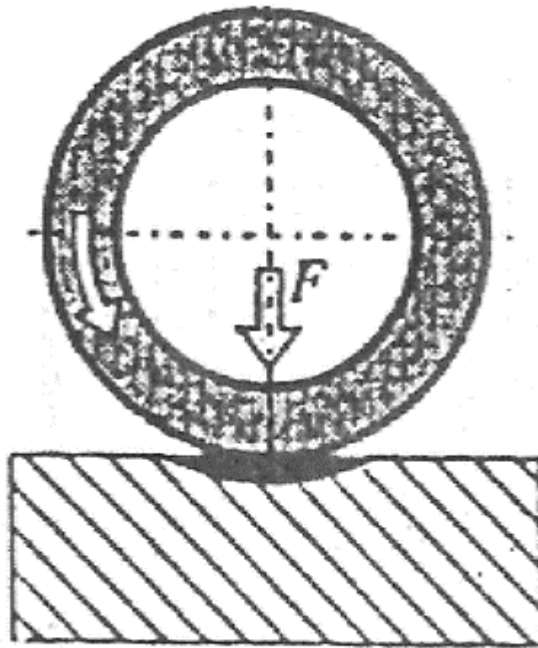


Рис. 2.4. Схема методу Тимко за визначенням протизадирних властивостей масла

Метод Фалекс (Falex Pin and Yee Block Method) (ASTM D 3233). імітує шийку підшипника, який затискається двома V-подібними затискачами (рис. 2.5), виготовленими з високоміцної сталі, тобто валик затискається чотирма прямолінійними поверхнями - контактами, і прокручується з постійною швидкістю.

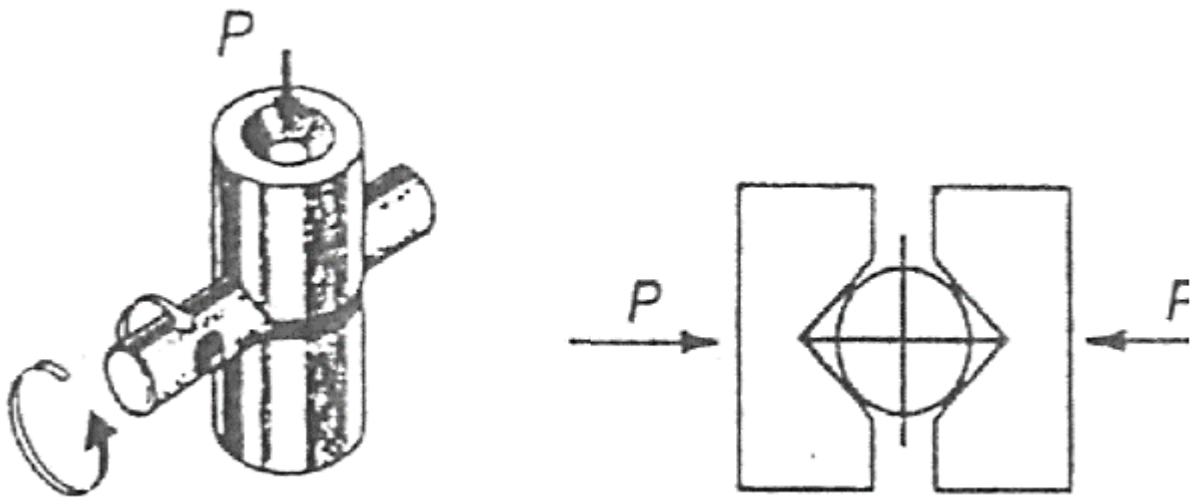


Рис. 2.5. Схема методу Фалекс

Вся ця система занурена в досліджуване масло з встановленої постійною температурою, швидкість обертання - 330 об. / Хв (швидкість ковзання - 10,4 см / с). Сила стиснення (Навантаження) може бути збільшена як безперервно, так і через певні інтервали. Вимірюється сила тертя і знос[16]. За отриманими даними визначаються антифрикційні і протизадирні характеристики масла.

Метод Алмен-Віланд (Almen Wieland). Метод аналогічний методу Фалекс, але затискачі мають форму полувтулок і виготовлені з того ж металу, що і валик (рис.2.6). В цьому випадку контактує поверхню тертя НЕ лінійна, а плоска. В ході випробування при постійній швидкості обертання валика (200 об. / Хв, швидкість ковзання 6,6 см / с), безперервно збільшують навантаження до початку задирака або до закінчення ресурсу притискної сили. Вимірюється сила тертя і максимальне навантаження до початку задирака.

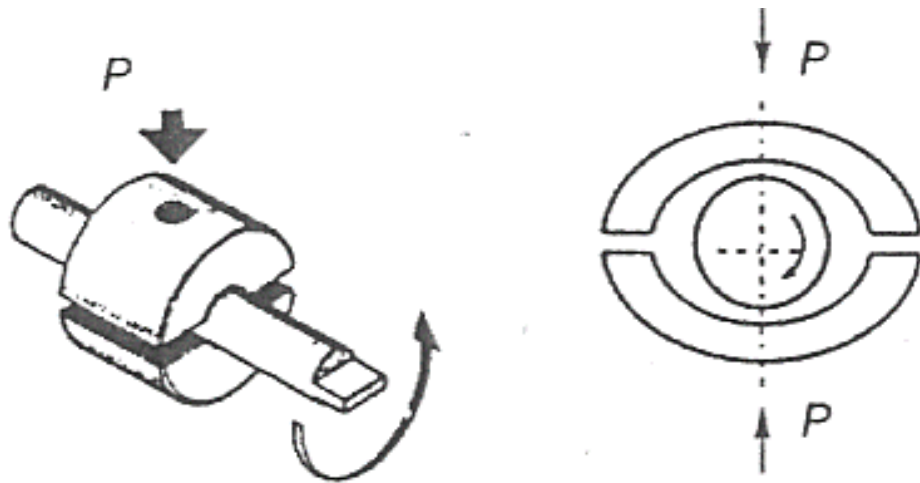


Рис. 2.6. Схема методу Алмен-Віланд

Жоден з наведених методів не дозволяє визначити абсолютні параметри тертя і зносу або підібрати масло для конкретного застосування в двигунах внутрішнього згоряння, але дає можливість порівнювати якість застосовуваних присадок в певних робочих умовах (малі швидкості ковзання і високі навантаження). Визначення змащувальних властивостей моторних масел можливо тільки при проведенні випробувань на реальних двигунах.

2.2. Вимірювання зношування поверхонь

Існують різні методи вимірювання зношування від найпростіших, коли звичайними засобами вимірюють розміри деталей, що зношуються, до методів, які використовують в ядерно-фізичних процесах.

Область застосування тих чи інших методів вимірювання зношування визначають: поставлену мету досліджень, необхідну точність вимірювань, можливість вимірювання малого зношення, час, необхідний для вимірювання зношування, можливість вимірювання зношування в умовах експлуатації без розбирання, а в ряді випадків – без зупинки машини, затратами часу і засобами, необхідними для всього циклу підготовки.

Для вимірювання зношування можна застосовувати як інтегральні, так і диференційні методи оцінювання. В ряді випадків застосовують також методи оцінювання зношування за вихідними параметрами виробу чи спряження.

В свою чергу інтегральні методи вимірювання зношення поділяють на: А – методи вимірювання, що базуються на оцінюванні сумарного зносу; і Б – методи вимірювання, що базуються на аналізі продуктів зношування у змащувальному середовищі[7].

До різновидностей методу А – вимірювання, що базуються на оцінюванні сумарного зносу, відносять:

- за зміною маси зразка;
- за зміною об'єму зразка;
- за заміром зазору в спряженні.

До різновидностей методів вимірювання, що базуються на аналізі продуктів зношування в змащувальному середовищі, відносять спектральний аналіз і дослідження за допомогою радіоактивних ізотопів.

Диференційні методи дозволяють визначати розподіл зношування по всій поверхні тертя і оцінити вплив нерівномірності зношування на вихідні параметри виробу.

Диференційні методи поділяють на методи вимірювання, що базується на мікрометрії, метод штучних баз і метод поверхневої активації.

До методу вимірювання, що базується на мікрометрії, відносять:

- вимірювання розмірів;
- профілографування.

Різновидами методу штучних баз є такі:

- метод відбитка;
- метод лунок;
- метод зліпка.

До різновидів методу поверхневої активації відносять:

- метод активації частини ділянки;
- застосування вставок.

Методи вимірювання вихідних параметрів спряження поділяють за вимірюванням:

- коефіцієнта тертя;
- витрати мастила;
- температури.

Вимірювання величини зношування за зменшенням ваги чи об'єму деталі застосовують, як правило, при дослідженні зразків[24]. Цей метод малоприменний для більшості деталей машин.

Оцінювання зношування за зміною вихідних параметрів спряження дає лише побічну уяву про величину зношування. Розглянемо основні методи, які застосовують для вимірювання зношування поверхонь тертя при роботі різних спряжень в умовах їх експлуатації або випробувань.

Визначення зношування за вмістом продуктів зношування в змащувальному матеріалі. Даний метод ще називають методом визначення вмісту заліза, його окислів та інших домішок у змащувальному матеріалі[15]. Він базується на взятті проби у відпрацьованому мастилі, де накопичились продукти зношування, що являють собою металічні частинки, оксиди металів і продукти хімічної взаємодії металів з активними компонентами мастила.

Перевага даного методу в тому, що він дозволяє уникнути розбирання агрегатів і вузлів. Метод застосовують у лабораторних умовах і при експлуатації для вимірювання інтегрального зношування. Точність методу характеризується чутливістю приладів до вмісту металічних домішок у мастилі, який складає 10-6 -10-8 г в см3 мастила. Лінійне зношування даним методом оцінити важко[22]. При відборі проби необхідно, щоб вона характеризувала середній вміст продуктів зношування в мастилі. Наприклад, при взятті проби з картера двигуна масло зливають і ретельно перемішують.

Для аналізу проб мастила на вміст заліза та інших складових застосовують різні методи.

Хімічний аналіз базується на визначенні вмісту заліза, інших продуктів зношування в попелі спаленої масляної проби.

Спектральний метод базується на визначенні вмісту механічних домішок в мастилі з допомогою спектрального складу полум'я при спалюванні проби мастила. Метод досить складний, довготривалий і дорогий.

Радіометричний метод базується на вимірюванні радіоактивності продуктів зношування, які містяться в мастилі. Продукти зношення накопичуються у фільтрі в результаті зношування радіоактивних деталей. Радіоактивність деталей створюється введенням радіоактивних ізотопів у розплавлений матеріал або з допомогою покриття деталей радіоактивним шаром.

Активаційний аналіз має спільні риси зі спектральним і радіометричним методами. Вміст продуктів зношування в мастилі визначається за їх радіоактивністю з допомогою аналізу спектрів гамма-випромінювання після опромінення взятої проби нейтронами. При використанні методу активаційного аналізу радіаційна небезпека відсутня[13].

Метод мікрометричних вимірювань базується на вимірюванні деталі до і після зношування з допомогою мікрометра, індикатора чи інших приладів, точність яких знаходиться в межах 1 – 10 мкм.

У більшості випадків для вимірювання зношування можна застосовувати ті ж універсальні і спеціальні засоби, які використовуються для контролю точності даної поверхні при її виготовленні[20]. Недоліком даного методу є те, що ним неможливо вимірювати зношування в процесі роботи машини.

Метод штучних баз полягає в тому, що на поверхню, яка зношується, наносять заглиблення лише певної форми в вигляді конуса, піраміди і т.п. За зменшенням розмірів заглиблення (відбитка) роблять висновок про величину зношення. Застосовують різні варіанти даного методу.

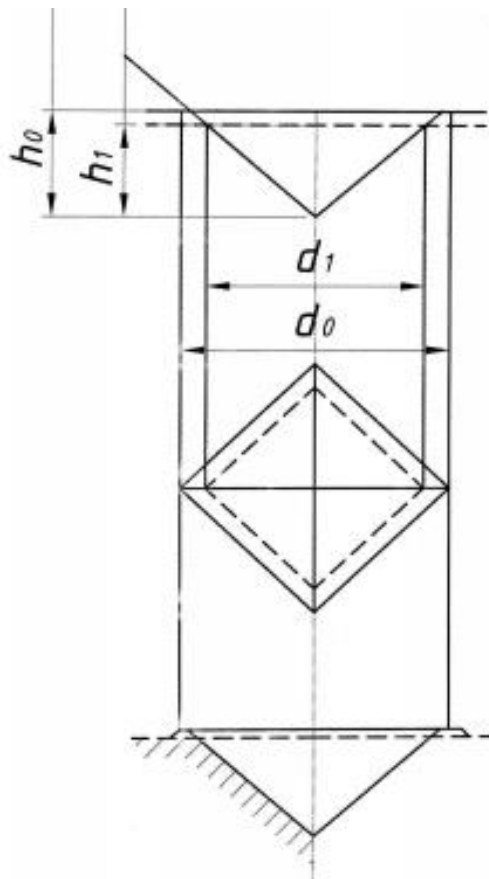


Рисунок 2.7. Метод відбитків

Метод відбитків (рис. 2.7). Для утворення заглиблення застосовують алмазну чотиригранну піраміду з квадратною основою і кутом 136° при вершині між протилежними гранями[21]. Таку піраміду використовують у приладах для визначення мікротвердості (ПМТ-3 і Віккерс).

Піраміду тиску під навантаженням у поверхню і заміряють діагональ відбитка. Після зношування розмір відбитка зменшується (d_1) і за різницею ($d_0 - d_1$) роблять висновок про величину зношування $U = h_0 - h_1$. Діагоналі вимірюють з допомогою оптичного вимірювального засобу через мікроскоп.

Даний метод має ряд недоліків. По-перше, при втискуванні піраміди навколо відбитка відбувається спучування матеріалу, в результаті чого спотворюється форма відбитка. По-друге, після зняття навантаження відбувається деяке відновлення заглиблення. Спучування знімають поліруванням. Пружного відновлення відбитка уникнути не вдається.

Широкого застосування набув метод, який запропонували проф. М.М. Хрущов і Е.С. Беркович, його називають методом вирізаних лунок[22]. Цей метод полягає в тому, що на досліджуваній поверхні різцем, який обертається, виготовляють лунку (рис.2.8).

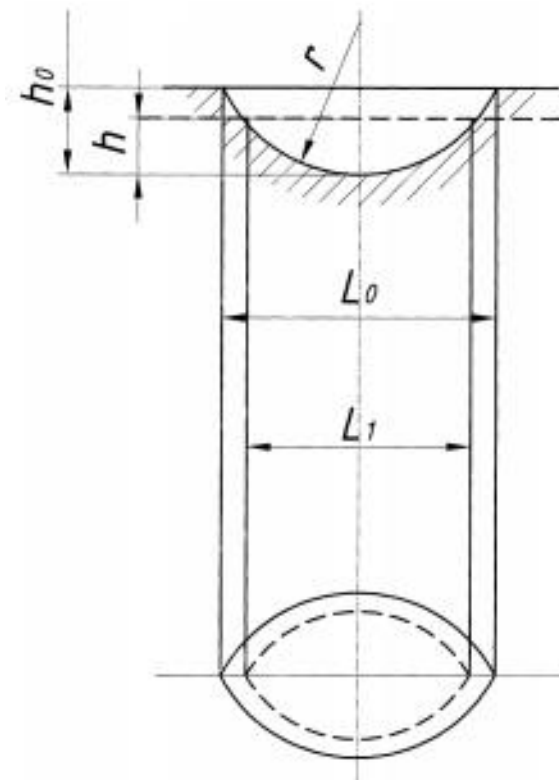


Рисунок 2.8. Метод лунок

За зменшенням її розмірів при зношуванні роблять висновок про величину місцевого зношування. Метод лунок має ряд переваг порівняно з методом відбитків. За цим методом втискування індентора замінене на виготовлення лунки різанням, унаслідок чого явища спучування металу і пружного відновлення зведені до мінімуму.

При ускладненні вимірювання зношування безпосередньо на деталі застосовують метод негативних відбитків (рис. 2.9).

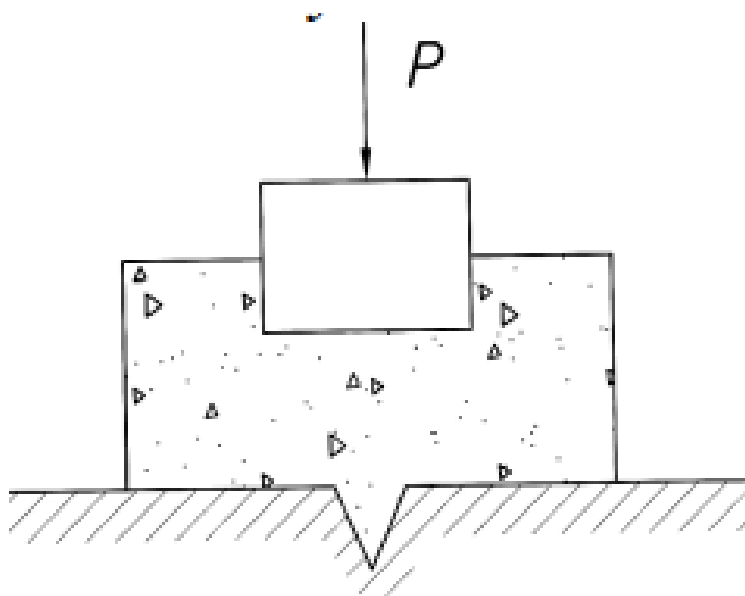


Рисунок 2.9. Метод негативних відбитків

На поверхню наносять заглиблення (відбиток чи спеціальну риску). Потім з неї знімають зліпок за допомогою самотвердіючої маси або пластмаси. Висоту відбитка заміряють звичайними методами і порівнюють з розмірами, отриманими після зношення.

2.3. Вибір методики та лабораторних приладів тертя для випробувань триботехнічних властивостей авіаційних палив

Дослідження проводилися на трибологічній установці (рис. 2.10), яка складається з джерела живлення, осцилографа, переривника, амперметра для реєстрації струму в зоні тертя, амперметра для реєстрації струму, що проходить через магнітопровід, котушки індуктивності, ємності для робочої середовища, навантаження, вузла тертя [23].

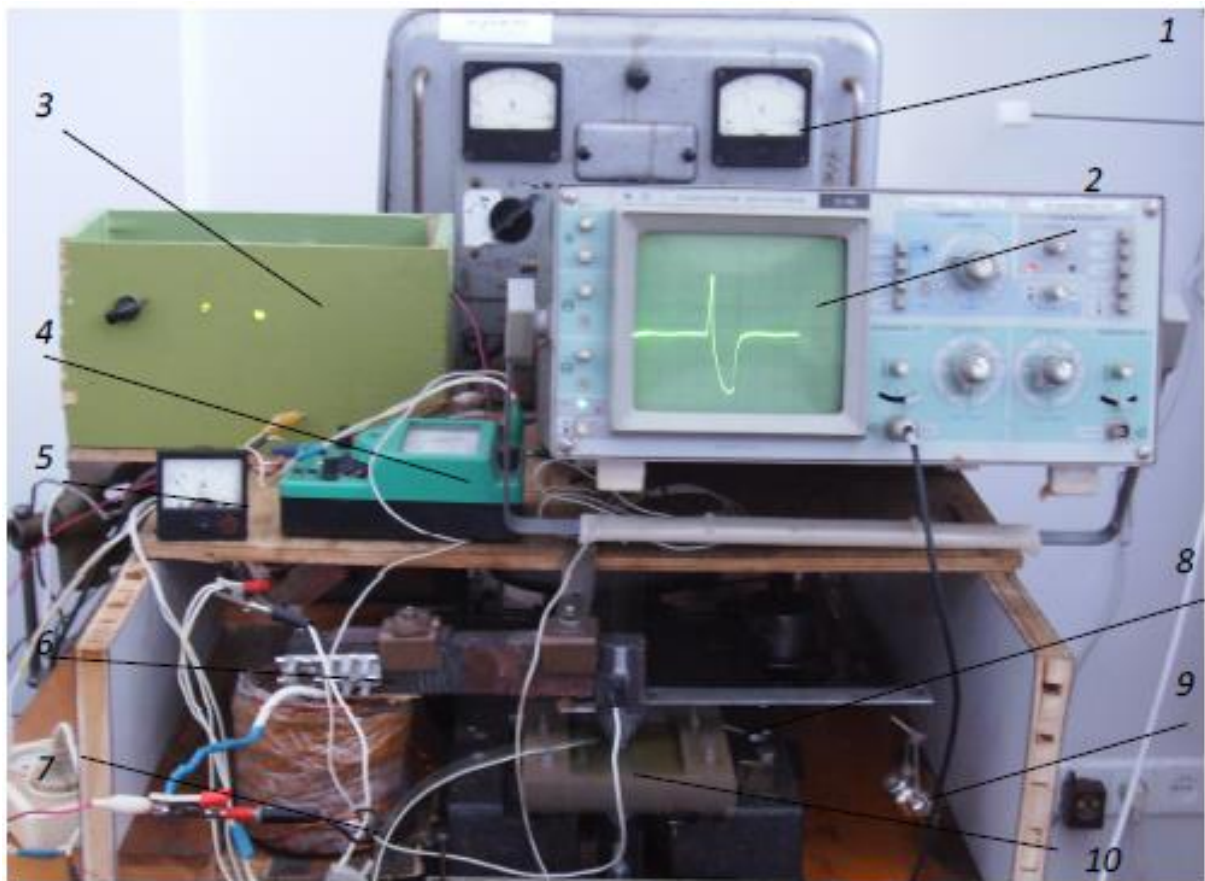


Рис. 2.10. Установка для дослідження матеріалів на тертя і знос при реверсивному терті в магнітному полі: 1 - джерело живлення; 2 - осцилограф; 3 - переривач; 4 - амперметр для реєстрації струму в зоні тертя; 5 - амперметр для реєстрації МП; 6 - магнітопровід; 7 - котушка індуктивності; 8 - ємність для робочого середовища; 9 - навантаження; 10 - вузол тертя

Напрямок магнітного поля задавали за допомогою діодів VD1 і VD2 відповідно схеми на рис.2.11, при цьому необхідно було змінювати позицію переривника. Контакти 1 і 2 контролювали стан переривника при проведенні експерименту[27]. Якщо переривач розташований в позиції 1, то котушкою індуктивності створюється магнітне поле N / S, а переривник дозволяв подавати імпульс струму на котушку з частотою 6,25 - 25 Гц.

При розташуванні переривника в позиції 2 створювалося магнітне поле з напрямком S / N і також регулювався електричний струм з частотою 6,25 - 25 Гц. Характер сигналу показаний на рис. 2.12, а. Несуча частота становить 50 Гц

мережевої напруги, а огибає частота переривника в залежності від поставленого завдання 6,25 - 25 Гц.

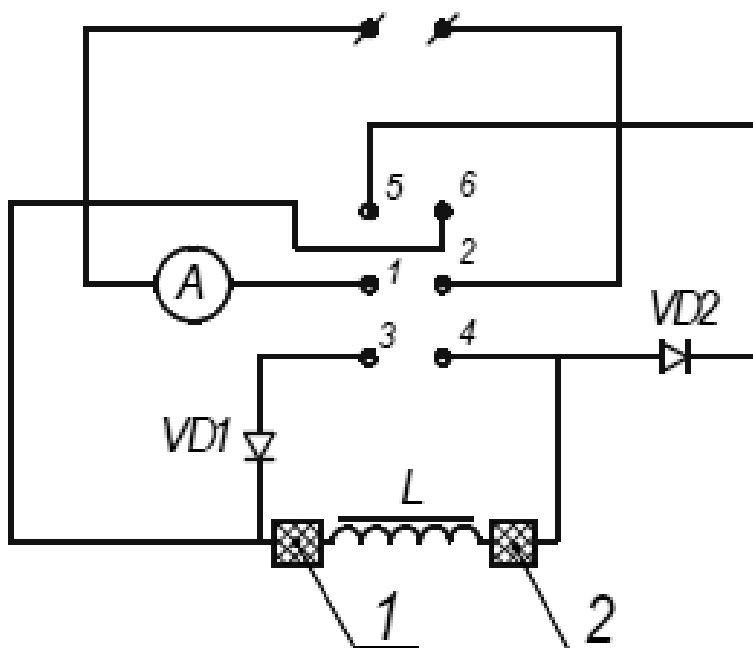


Рис. 2.11. Електрична схема підключення установки: 1 - розташування переривника для створення МП з напрямком N / S; 2 - розташування переривника для створення МП з напрямком S / N

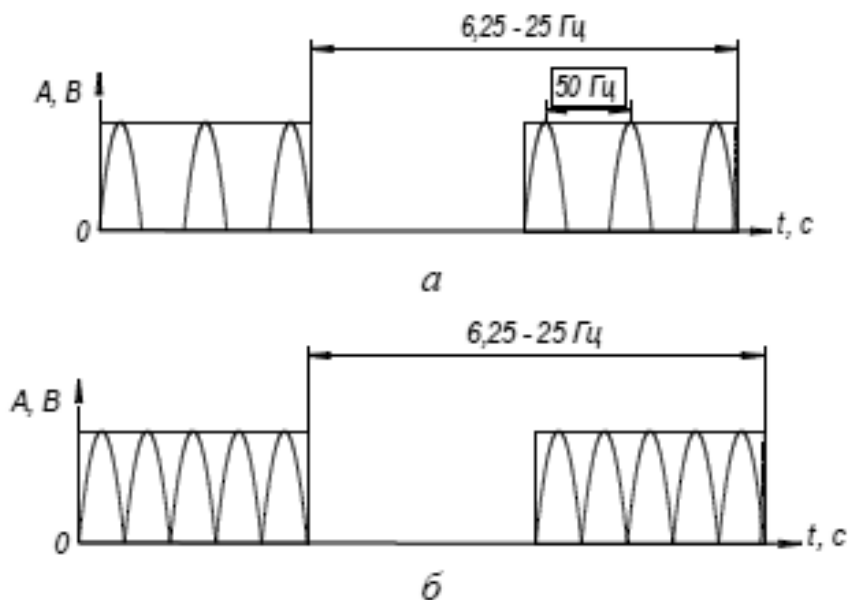


Рис. 2.12. Частота імпульсного струму: а - імпульсний однополуперіодний ток; б - імпульсний випрямлений струм

Для дослідження використовували зразки, близькі по механічним і хімічним властивостям до матеріалів плунжерній пари насоса. Так, робочий зразок, виготовлений зі сталі 65Г, мав форму циліндра діаметром 4 мм і довжиною 33 мм, загартований на мартенсит[26]. Контртіло представляло собою пластину з латуні ЛС59-1 розмірами $20 \times 50 \times 2$ мм. Робочим середовищем служило масло М10Г2к, в якості матеріалу відновника в зону тертя додавався парамагнетичний порошок олова. Дослідження проводили на швидкості тертя 0,12 м / с при реверсивному русі пари тертя. Нормальне навантаження на робочий зразок задавали до 3,5 МПа. Магнітне поле носило імпульсний характер з величиною магнітної індукції до 110 мТл.

2.4. Методи планування експерименту й оброблення результатів досліджень

Для проведення досліджень було сплановано таку матрицю експерименту:

1. Беремо сумішеве авіапаливо (ТС-1 + 10% етилового естеру ріпакової олії) оброблюємо протягом години електричним полем та перевіряємо його протизносні властивості на машині тертя.
2. Беремо сумішеве авіапаливо (ТС-1 + 30% етилового естеру ріпакової олії) оброблюємо протягом години електричним полем та перевіряємо його протизносні властивості на машині тертя.
3. Беремо сумішеве авіапаливо (ТС-1 + 10% етилового естеру рижієвої олії) оброблюємо протягом години електричним полем та перевіряємо його протизносні властивості на машині тертя.
4. Беремо сумішеве авіапаливо (ТС-1 + 30% етилового естеру рижієвої олії) оброблюємо протягом години електричним полем та перевіряємо його протизносні властивості на машині тертя.

Знімаємо дані за допомогою мікроскопа та обраховуємо величину об'ємного зносу. Для того щоб знайти величину об'ємного зносу необхідно прийняти, що сегмент лежить вище січної площини, яка проведена на висоті x від площини основи напівкулі, тобто лежить на відстані $h = R - x$ від верхньої точки напівкулі (рис. 2.13).

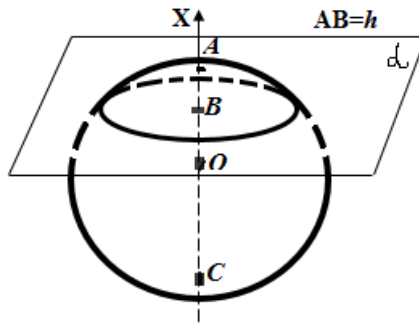


Рис.2.13 Об'єм кульового сегмента

Тоді можна знайти який обсяг буде дорівнювати різниці обсягів циліндра радіуса R з висотою h та усіченого конуса. Так як радіус малої основи конуса дорівнює $h=R-x$, то можна отримати:

$$V = \frac{\pi h^2(3R - h)}{3} \quad (2.1)$$

Спочатку за допомогою мікроскопа знаходимо діаметр плями зносу. Далі за формулами 2.2 висоту h , і тоді повертаємось до формули 2.1. Розрахункові дані наведені у таблиці 2.1 .

$$\begin{aligned} R^2 &= r^2 - x^2, \\ x &= \sqrt{R^2 - r^2} \\ h &= R - x \end{aligned} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.1

Результати вимірювання експерименту

| Зразок | Діаметр плями, мм | Висота h , мм | Величина об'ємного зносу |
|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|
| ТС – 1 + ріпак 10% | 0,63 | 0,1 | 0,0617 |
| ТС – 1 + ріпак 30% | 0,57 | 0,085 | 0,0447 |
| ТС – 1 + рижій 10% | 0,96 | 0,069 | 0,0295 |
| ТС – 1 + рижій 30% | 0,66 | 0,062 | 0,0238 |

2.5. Висновки до 2 розділу

Було проаналізовано загальні методи та прилади для дослідження протизносних властивостей та методи вимірювання зношування поверхонь.

Також сплановано порядок проведення експерименту та проведені відповідні розрахунки.

У цьому розділі магістерської роботи проаналізовано сучасні загальновизнані методики випробувань триботехнічних властивостей ММ.

На підставі проведеного аналізу лабораторного устаткування, вибрано експериментальне обладнання, яке дозволяє забезпечувати:

- вхідний контроль необхідних параметрів матеріалів, поверхонь, середовищ;
- вимірювання результатів випробувань з потрібною точністю;
- лабораторні випробування протизносних властивостей високоефективних ММ різного функціонального призначення;
- визначати поверхневий натяг крапель досліджуваних об'єктів.

Обґрунтовано вибір матеріалів зразків та шорсткість їх робочих поверхонь, а також вибір досліджуваних середовищ для проведення досліджень у даній роботі. Проаналізовано існуючі методи планування експерименту і оброблення результатів досліджень. Вибрано конкретний математичний метод планування експерименту та наведено його переваги порівняно з традиційними однофакторними експериментами. Подано схему, за якою можна виконати статистичну обробку результатів досліджень та оптимізацію математичної моделі планування експерименту.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА ПРОТИЗНОСНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕФОРМУЛЬОВАНИХ БІОКОМПОНЕНТАМИ ПАЛИВ ДЛЯ ПОВІТРНО – РЕАКТИЧНИХ ДВИГУНІВ

3.1. Основи механізму впливу електричного поля на протизносні властивості рідких мастильних матеріалів

Електричні властивості олив і ПММ характеризують здебільшого три головні параметри: діелектрична проникність, питома електропровідність і напруженість пробою.

Уплив електромагнітних полів на вуглеводневі рідини досліджували багато авторів [32, 36]. Згідно з цими працями, у разі дії електричних полів на вуглеводневі рідини на нафтовій основі спостерігаються такі основні явища.

Під час дослідження впливу електромагнітних полів на протизносні властивості палива встановлено, що магнітні і електростатичні поля справляють позитивний вплив на процес зношування. Зі збільшенням струму намагнічування в котушках електромагніту до 4 А та його подачею на електроди до 3000 В зношування уповільнюється. Подальше збільшення напруженості електромагнітних полів малоефективне. Електростатичне поле порядку 3 кВ менше впливає на протизношувальні властивості палива Т-7, ніж магнітне.

Електрофізична обробка (високочастотна, електростатична, магнітна) ПММ значною мірою поліпшує їх протизносні властивості. Згідно з цими дослідженнями, магнітне поле діючи на оливу Д-11 (маркування олив наведено по тексту згідно з аналізованими літературними джерелами) зменшується нагаровиникнення на поршнях двигуна в середньому в два рази. Таке явище відбувається завдяки підвищенню реакційної активності розчиненого в ПММ кисню, що збільшується в процесі магнітної обробки.

У праці [33] показано, що одним зі способів підвищення протизносних властивостей ПММ їх електрофізична обробка, яка полягає в пропусканні палива

через магнітне поле з одночасним накладенням високочастотного електромагнітного поля з частотою, що дорівнює частоті прецесії протонів у цьому магнітному полі. Швидкість протікання палива контролюється за максимальним сигналом ядерної абсорбції високочастотної енергії коливального контуру. В цій роботі також встановлено, що процес окиснення вуглеводнів з підвищенням температури характеризується різною швидкістю, яка зростає до визначеного значення, після чого знижується[28]. Збільшення тангенса кута діелектричних втрат дизельних палив після електрофізичної обробки пов'язано з активуванням парамагнітного кисню при його взаємодії зі збудженою молекулою вуглецю, тобто відбувається адсорбція розчиненого кисню на активному центрі, що частково зумовлено збільшенням електричного дипольного моменту молекули вуглецю.

Проведені дослідження спалаху дизельного палива показали, що після електрофізичної обробки відбувається ніби збільшення цетанового числа палива на дві – три одиниці, тобто скорочується період затримки спалаху [33]. Це, в свою чергу, сприяє виникненню активних центрів появи полум'я, що потім дає початок ланцюговим реакціям горіння; це призводить до уповільнення зростання тиску в циліндрі та до більш м'якої роботи двигуна поліпшення його економічних та екологічних показників. Електрофізична обробка дизельного палива зменшує часову та питому витрати палива на 2 – 4% за всіх частот обертання колінчатого вала, хоча найбільший ефект спостерігався в режимі холостого ходу (часова витрата палива зменшилась на 8 – 12%). Під час дослідження протизношувальних властивостей дизельних палив Л-0,2-40 і Л-0,5-40 було встановлено, що електрофізична обробка сприяє зменшенню зношування пари тертя сталі ШХ 15 в умовах тертя ковзання на 40 – 45% і 33 – 38% відповідно. Ці експериментальні результати свідчать про збільшення вмісту в паливі ПАР, які здатні адсорбуватися на поверхнях тертя і запобігати безпосередньому контакту деталей, а отже, про збільшення зносостійкості деталей паливної апаратури.

Із джерел [34] можна відокремити головні закономірності поведінки частинок забруднень в ММ при дії електричним полем:

- якщо діелектрична проникність частинок забруднень відрізняється від

проникності рідини, частинки поляризуються, вони стають індукованими диполями з моментом, пропорційним напруженості;

- сила, з якою неоднорідне поле діє на такий диполь, пропорційна другому ступеню напруженості;

- у ділянці сильних полів нагромадження осадів на металевих електродах при вуглеводневих неполярних середовищах, до яких належать нафтові оливи, як правило, не відбувається. Цьому перешкоджає перезарядження поверхні частинок. Саме таке перезарядження значною мірою визначає поведінку подібних систем і є причиною періодичного дрейфу забруднювальних частинок у міжелектродному просторі;

- зі збільшенням напруженості (у великих полях $10^5 \dots 10^6$ В/м) починають переважати ефекти, що виключають спостереження електрофорезу в чистому вигляді;

- через дуже низьку об'ємну концентрацію іонів у рідких діелектричних середовищах постійний заряд на поверхні частинки зазвичай малий і може зовсім не виявлятися на фоні поляризаційного поверхневого заряду, що виділяється під впливом зовнішнього поля на межі фаз. Такий заряд перетворює частинку на диполь, який навіть у разі слабкого неоднорідного поля рухається уздовж його градієнта.

На підставі аналізу робіт з впливу електричних полів на вуглеводневі рідини можна дійти таких висновків:

- більшість технічних вуглеводневих олив є багатоконпонентними середовищами, що містять природні полярні присадки і належать до неполярних рідких діелектриків. У структурі таких ММ головним компонентом, що визначає їхню протизносну властивість, є ПАР, які в умовах конкурентної адсорбції утворюють граничні шари на поверхнях тертя;

- міцність поверхневих шарів (адсорбованої плівки) визначається величиною електричного поля поверхні тертя і залежить від структури кристалічної ґратки, яка визначає кількість вільних зв'язків поверхневих атомів, а вони, у свою чергу, складають основу поверхневої енергії, яку формує таке поле[39]. Силове поле металевої поверхні слабшає пропорційно третьому і четвертому степеням відстані від неї. Таким чином, товщина адсорбованого шару обмежується відстанню, на якій

поле металу ще здатне розщепнути утворення міцел у вуглеводневих рідинах і, долаючи енергію теплового руху та зовнішні силові дії, зафіксувати молекули;

– молекули ПАР у базовому маслі можуть перебувають як в одиночному (плаваючому) стані, так і в агрегатному (міцелі). Будова таких міцел має ядро, в якому молекули ПАР зосереджені своєю полярно-активною частиною. Така будова міцел не відповідає умові ефективного формування змащувального шару, бо потрібна додаткова енергія з боку поверхні тертя для їх руйнування. Міцного зв'язку така міцела з поверхнею тертя не зможе мати, оскільки їй перешкоджають вуглеводневі радикали. В результаті руйнування міцелярної структури масла проявляють молекулярну в'язкість, зумовлену взаємодією молекул, а не міцел.

У процесі оброблення вуглеводневих рідин на нафтовій основі електромагнітними полями спостерігаються такі основні явища [28; 30]:

– протизносні властивості палива поліпшуються, при цьому електростатичне поле порядку 3 кВ менше впливає на протизносні властивості палива Т-7, ніж магнітне;

– відбувається зниження нагаровиникнення на поршнях двигуна у процесі магнітної обробки масла Д-11 у середньому в 2 рази. Таке явище відбувається завдяки підвищенню реакційної активності розчиненого в маслах кисню;

– протизносні властивості масел ДС-11 і МК-8 поліпшують свою змащувальну здатність. Знос випробовуваного зразка (за критерієм «ваговий знос») зменшується в два рази;

– хімічний склад масел не змінюється. Такі результати отримано на основі вивчення електрофізичних властивостей, проте в'язкість в інтервалі температур 293...353 К збільшується;

– через дуже низьку об'ємну концентрацію іонів у рідких діелектричних середовищах постійний заряд на поверхні частинки забруднень масла зазвичай малий і може зовсім не виявлятися на фоні поляризованого поверхневого заряду, що виділяється під впливом зовнішнього поля.

Взаємодія молекул у вуглеводневих рідинах зумовлена міжмолекулярними силами (вандерваальсовими силами), і вони в своїй більшості належать до

електростатичного типу. Під впливом зовнішнього електричного поля можуть посилюватися дії в передусім орієнтаційних і індукційних сил. Орієнтаційні сили посилюються в цьому випадку за рахунок переміщення електричних зарядів усередині молекули, а індукційні – через зсув зарядів у неполярній молекулі (поляризація). Процес орієнтаційної поляризації належить до повільних релаксаційних процесів.

Як показав аналіз праць [27; 33; 35], адсорбційний шар формується під дією електричного поля металеві поверхні. Сила взаємодії між молекулами ПАР і металеві підкладкою залежить від природи речовини (ММ і природи металеві поверхні). Таким чином, міцність адсорбованої плівки визначається передусім величиною електричного поля, під дією якого відбувається процес поляризації молекул рідких МС. Величина електричного поля металеві поверхні залежить від структури кристалічної ґратки, яка визначає кількість вільних зв'язків поверхневих атомів, а вони, у свою чергу, складають основу поверхневої енергії, що формує таке поле. На основі цього механізму можна стверджувати, що формування адсорбційного шару мастила на поверхнях тертя має електромагнітну природу.

У розглядуваному випадку стан і структуру ММ та технічних рідин до надходження в змащувальний шар, схематично можна зобразити як багатокомпонентне середовище, в якому є початкове базове олива (середовище), ПАР, продукти зносу від пар тертя і частинки забруднень. Ці компоненти завдяки взаємодії між собою за рахунок кінетичних процесів можуть створювати нові структури і комбінації. Спочатку розглянемо кожен компонент окремо і його можливий стан.

Базова олива за своїм складом – це здебільшого неполярний діелектрик, у якому молекули в просторі перебувають у хаотичному стані, тобто у постійному русі. Між молекулами діють вандерваальсові сили в різних поєднаннях: дисперсійні, орієнтаційні та індукційні. Такі міжмолекулярні зв'язки виникають завдяки взаємодії електричних полів розташованих поряд молекул, причому немає переходів електронів від молекули до молекули. Характерною для неполярних діелектриків є та обставина, що їх неполярні молекули не мають постійного дипольного моменту і, лише потрапляючи під дію електричного поля, вони стають диполями внаслідок

переміщення електричних зарядів усередині молекули. Зсув електричних зарядів молекули може відбутися, або накладення електричного (електромагнітного, електростатичного) зовнішнього поля, або в результаті дії електричного поля постійного диполя, якщо такий є в середовищі базового масла.

Молекули базової оливи є тим середовищем, у яке вводять різного роду присадки для підвищення властивостей залежно від призначення масла. У оливи вводять ПАР, що мають головне призначення – поліпшити його протизношувальні властивості. Їх молекули мають декілька відмітних властивостей від молекул базового масла. Молекули ПАР мають будову ланцюжка, де головним радикалом є радикал вигляду C_nH_{n+1} . Завдяки своїй будові їхня довжина перевищує їхній поперечний перетин у 5 – 10 разів. У складі такої молекули є полярна і неполярна частини. Завдяки цій властивості ПАР володіють гідروفільно-гідрофобними ефектами. При цьому полярна частина має високий постійний дипольний момент за рахунок незбіжності центрів позитивних і негативних зарядів[34].

Поведінка таких молекул у базовій оливі з погляду взаємодії між собою і з іншими компонентами рідких МС може бути різною. У міру збільшення концентрації ПАР посилюється взаємодія між їхніми молекулами, тобто зростає частка агрегованої речовини. Досягши деякої концентрації, яку названо критичною концентрацією міцеловиникнення, починають утворюватися значно крупніші й компактніші агрегати-міцели, які є термодинамічно стійкішими. Такі міцели ПАР утворюються в базовому маслі, їх полярно-активна частина зосереджена в центрі міцели, і належать вони до розряду зворотних (рис. 3.1) [27; 33].

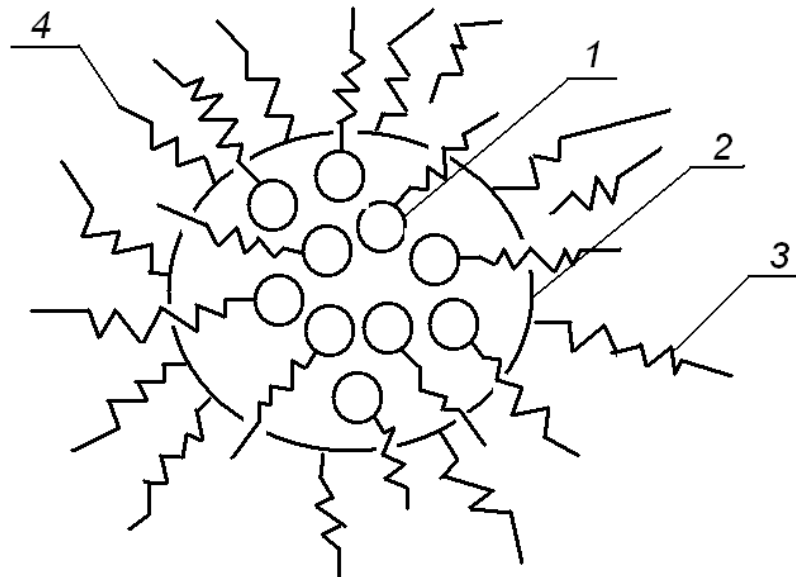


Рис. 3.1. Структура сферичної міцели:

- 1 - полярно-активна частина молекули ПАР;
- 2 - ядро міцели;
- 3 - вуглеводневий радикал;
- 4 - молекула базового масла

Міцели можуть бути різноманітної форми, тобто вони володіють поліморфізмом. Відзначимо особливість таких міцел: полярно-активна частина належить ядру міцели, а вуглеводневий радикал (хвіст молекули) постійно перебуває в середовищі базової оливи.

Молекули ПАР і міцел взаємодіють також з молекулами базової оливи. Причиною цього є поява диполів у неполярних молекул базової оливи за рахунок дії електричного поля постійного диполя ПАР. Тому молекула ПАР на своєму вуглеводневому радикалові може приєднувати молекулу базової оливи, як і молекули ПАР, що належать міцелі (рис. 3.1).

Якщо молекула ПАР знаходиться близько до поверхні металу і сила її взаємодії з металом більша, ніж з частинками забруднень, то вона адсорбується на металі. Це ж можна стверджувати й щодо молекул ПАР, що містяться в міцелі[31]. Слід відзначити, що сама міцела побудована так, що її полярно-активна частина міститься усередині міцели. Але це не означає, що вона повністю не може приєднатися до

поверхні металу. Таке приєднання можливе за рахунок вуглеводневого радикала, але у цьому випадку сила зв'язку слабка (рис. 3.2).

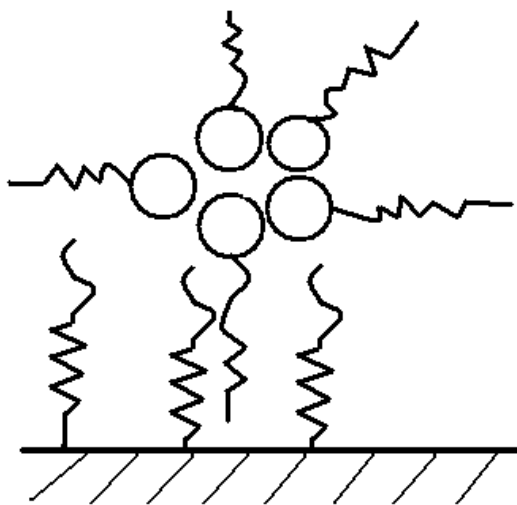


Рис. 3.2. Взаємодія міцели з поверхнею металу

Щоб отримати міцний зв'язок, молекулі ПАР потрібно наблизитися до поверхні металу, а їй в цьому перешкоджає вуглеводневий радикал. Тому потрібно витратити енергію на його деформацію, і лише тоді можлива її взаємодія з металом. Такий варіант має право на існування в умовах, якщо міцела утримується на поверхні металу за рахунок вуглеводневого радикала і швидкісна складова потоку рідини виявляється меншою за цей зв'язок.

Таким чином, механізм формування змащувального шару на основі розташування молекул ПАР у міцелі і на поверхні частинок забруднень має випадковий характер і не відповідає умовам ефективного формування змащувального шару.

Розглянемо частинку зносу і те, як з її поверхні молекула ПАР може перейти на поверхню металу. З описаного вище механізму виходить, що моношар ПАР на поверхні металу формується передусім з розчинених молекул ПАР у базовій оливі і лише частково з молекул, що містяться в міцелі і на поверхні твердих частинок забруднень неметалевого походження. Так, для інтенсифікації адсорбційного процесу молекул ПАР необхідно збільшити їх локальну концентрацію безпосередньо біля

поверхонь тертя, що дозволить поліпшити умови формування змащувального шару [36].

Таким чином, структуру МС як багатокомпонентного середовища, можна подати у вигляді таких компонентів: базова олива (МС), міцели, поодинокі молекули ПАР, частинки продуктів зношування і забруднень металічного походження, покриті молекулами ПАР, частинки забруднень твердого не металевих походження (пил, пісок, органічні забруднення). У такому вигляді МС попадають до зазорів між парами тертя і кожен компонент у них відіграє свою роль у формуванні змащувального шару і в цілому на зношувальні явища.

3.2. Математична модель впливу електричного поля на рідкі мастильні середовища

Аналітичними дослідженнями встановлено, що основним фізичним фактором, який визначає взаємодію молекул базової оливи та молекул ПАР із електростатичним полем, є електричний дипольний момент їх атомів і молекул. Використовуючи саме цей фізичний фактор, розглянемо молекулу оливи (або ПАР), що на яку впливає електростатичне поле.

Під час руху рідини по трубопроводах і технологічному обладнанню виникає явище природної трибоелектризації, яке створює електростатичне поле у певному об'ємі рідини. Більш того, можна за допомогою зовнішніх джерел додатково створити електричне чи електромагнітне поле для посилення природного електростатичного поля. Полярні і неполярні молекули під дією на них зовнішнього електростатичного поля мають заряди, які зміщені відносно умовного електричного центра ваги. На ці заряди діє електростатичне поле з напруженістю E , яка діє на заряд q молекули із силою F . Але заряд перебуває в середовищі, значення діелектричної проникності якого становить приблизно $2 \dots 4$ [38]. Отже, можна записати:

$$F = \frac{qE}{\varepsilon} \quad (3.1)$$

Напруженість E електростатичного поля залежить від напруги U в електричному полі і відстані h , на якій діє ця напруга. У цьому випадку оброблюємо МС накладеними електромагнітним та електростатичним полями (метод оброблення та пристрій будуть описані нижче), подаючи напругу U постійного струму до пристрою підвищення експлуатаційних властивостей ПММ, який містить обсяг обробленої вуглеводневої рідини. Таким чином,

$$E = \frac{U}{h}. \quad (3.2)$$

Енергія взаємодії заряджених частинок з полем може бути виражена однією з енергетичних одиниць виміру. Якщо праву і ліву частини виразу (3.1) помножимо на числове значення відстані h , то в лівій частині отримаємо символічний вираз роботи, що затрачується на поляризацію та переорієнтацію заряду. Знайдена таким способом робота і буде оцінювати енергетичну взаємодію електростатичного поля і заряду. Покажемо це в аналітичній формі і встановимо одиниці розмірності

$$Fh = \frac{qE}{\varepsilon} h; \quad A = \frac{qEh}{\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon} qU \text{ [Кл} \cdot \text{В]} = \frac{1}{\varepsilon} qU \text{ [Дж]}. \quad (3.3)$$

Залежність (3.3) ще раз підтверджує, що енергія взаємодії між конкретним зарядом молекули і полем залежить від однієї змінної величини – *напруги постійного струму*.

Під час дослідження процесів тертя та зношування значне місце займає адгезія між ММ і поверхнею тертя та власне явище змочування твердих тіл. Із джерела [42] відомі формула стану рівноваги краплі ММ на поверхні твердого тіла:

$$\sigma_{mz} = \sigma_{pd} + \sigma_{pe} \cdot \cos \varphi \text{ [ерг/см}^2\text{]}, \quad (3.4)$$

та формула роботи адгезії між твердим тілом та рідиною:

$$W_{pm} = \sigma_{pe} (1 + \cos \varphi), \quad (3.5.)$$

де φ – крайовий кут зіткнення рідкої і твердої фаз;

σ – поверхневий натяг, ерг/см^2 ;

ρ , t , γ – індекси позначають відповідно рідку, тверду і газоподібну фази.

З аналізу наведених залежностей видно, що домінуючою змінною величиною являється поверхневий натяг σ .

Із термодинаміки відомо [42], що повна енергія системи має вигляд:

$$U' = H - T \frac{dH}{dT}, \quad (3.6)$$

де H – вільна енергія;

$T \frac{dH}{dT}$ – зв'язана енергія.

За літературним джерелом [42] у разі ізотермічної зміни величини поверхні (наприклад рідини) на 1 см^2 затрачується (у разі розтягування) чи віддається (у разі стискання) механічна робота, яка чисельно дорівнює поверхневому натягу σ . Отже, ця робота виражає зміну вільної енергії поверхні при ізотермічному збільшенні або зменшенні поверхні на 1 см^2 . Тобто $H = \sigma$. Згідно з цим рівняння (3.6) набуде вигляду:

$$U' = \sigma - T \frac{d\sigma}{dT}. \quad ((3.7)$$

де σ – поверхневий натяг, а також вільна енергія одиниці поверхні, erg/cm^2 .

Величина $T \frac{d\sigma}{dT}$ може бути знайденою, якщо відома залежність $\sigma = f(T)$. Ця залежність може бути прийнятою в широкому інтервалі температур [42]:

$$\sigma = \sigma_0 - \beta t, \rightarrow \frac{d\sigma}{dT} = -\beta, \rightarrow U' = \sigma + \beta T. \quad (3.8)$$

У залежності (3.8) σ_0 – поверхневий натяг за нульової температури. Отже, з підвищенням температури поверхневий натяг падає, оскільки збільшується середня відстань між молекулами і їх міжмолекулярна дія слабшає.

Із рівнянь (3.7), (3.8) випливає, що повна енергія поверхневого шару не залежить від температури, оскільки $\frac{d\sigma}{dT} = -\beta$ то $\frac{d^2\sigma}{dT^2} = 0$. З іншого боку, з рівняння (3.7) випливає, що $\frac{dU'}{dT} = -T \frac{d^2\sigma}{dT^2}$, отже, $\frac{dU'}{dT} = 0$, що відповідає $U' = \text{const}$.

У розглядуваному випадку можна припустити, що енергія, з якою електростатичне поле діє на одиничну поверхню ММ, і буде виражати повну енергію U' одиниці поверхні. Тобто:

$$U' = \sigma + \beta T = U. \quad (3.9)$$

Із формул (3.2), (3.8) і (3.9) можна отримати такі залежності:

$$U = Eh = \sigma + \beta T \rightarrow \sigma = Eh - \beta T. \quad (3.10)$$

Із формули (3.10) випливає, що поверхневий натяг σ має залежати від напруженості електростатичного (електричного) поля E . Тобто ми отримали залежність $\sigma = f(E)$. Цю залежність буде доцільно перевірити експериментально.

Розглянемо також поведінку молекул щодо їх динаміки, якщо на МС впливає зовнішнє електростатичне (електричне) поле. У разі накладення зовнішнього поля (E) постійні диполі молекул як базового середовища, так і ПАР матимуть тенденцію до орієнтації своїх електричних моментів паралельно вектору напруженості поля \vec{E} (3.3).

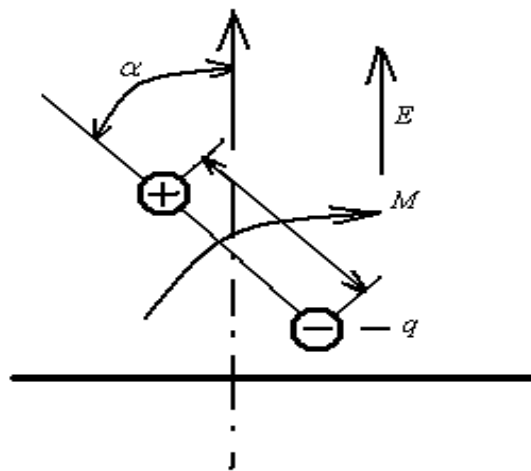


Рис. 3.3. Схема взаємодії електричного диполя молекули оливи (або ПАР) із зовнішнім електростатичним полем

За таких умов підвищується можливість притягування та злипання молекул МС між собою. Для теоретичного обґрунтування впливу зовнішнього поля на процес переорієнтацій осей молекул ПАР буде доцільно використати молекулярно-статистичний підхід[41].

Допустімо, що в звичайному стані дипольний момент молекули має кут α (рис. 3.3), тоді енергія диполя буде пов'язана з потенціалом силового поля рівнянням:

$$U = -\vec{P}\vec{E} = -EP\cos\alpha \quad (3.11)$$

де $\vec{P} = g\vec{l}$ – електричний дипольний момент молекул;

\vec{E} – напруженість електростатичного поля.

Із залежності (3.11) видно, що потенціал силового поля залежить від кута напрямку між ним і дипольним моментом та напруженості E . Використовуючи залежності (3.2), (3.9) та (3.11), виведемо таке рівняння потенціалу силового поля, що діє на одиницю поверхні МС:

$$U = -\vec{E}\vec{P} = (\sigma + \beta T)\cos\alpha \quad (3.12)$$

Використовуючи рівняння (3.12) та враховуючи функцію розподілу молекул МС за кутом у силовому полі (відому функцію Максвелла – Больцмана), отримаємо:

$$f(\alpha) = e^{-\frac{U}{KT}} \rightarrow f(\alpha) = Ce^{-\frac{(\sigma + \beta T)\cos\alpha}{KT}} \quad (3.13)$$

де K – постійна Больцмана;

T – температура МС;

C – константа.

Константу C знаходимо з умови нормування:

$$2\pi C \int_0^{\pi} \sin\alpha e^{-\frac{(\sigma + \beta T)\cos\alpha}{KT}} d\alpha = C \frac{2\pi KT}{(\sigma + \beta T)} \left(e^{-\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}} - e^{\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}} \right) = 1. \quad (3.14)$$

Функцію розподілу можна записати у вигляді:

$$f(\alpha) = \frac{(\sigma + \beta T)}{4\pi KT} \cdot \frac{e^{-\frac{(\sigma + \beta T)\cos\alpha}{KT}}}{\operatorname{sh}\left(\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)}, \quad (3.15)$$

де $\operatorname{sh}\left(\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)$ – гіперболічний синус від аргумента $\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}$.

У випадку відсутності зовнішнього електростатичного поля E ($E \rightarrow 0$), $f(\alpha) \rightarrow \frac{1}{4\pi}$. Важливо при цьому знати, чи будуть молекули взаємодіяти між собою (злипатись, поєднуватись), чи ні. Для цього введемо імовірність об'єднання молекул $P_{об.}(\alpha)$, причому середнє за кутом α значення імовірності $\ddot{P}_{об.}$.

$$\ddot{P}_{об.} = 2\pi \int P_{об.}(\alpha) \sin\alpha d\alpha. \quad (3.16)$$

За аналогією вводимо середню імовірність розпаду молекул $\ddot{P}_{розп.}$. Тоді процес утворення обох видів молекул ПАР буде описуватись системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dn_0}{dt} = \ddot{P}_{розп.} n_M - \ddot{P}_{об.} n_0; \quad (3.17)$$

$$\frac{dn_M}{dt} = \ddot{P}_{об.} n_0 - \ddot{P}_{розп.} n_M, \quad (3.18)$$

де n_0 – кількість однакових молекул;

n_M – кількість макромолекул.

Як видно з рівнянь (3.17, 3.18), у випадку ($\frac{d}{dt} = 0$) отримуємо:

$$n_M = n_0 \frac{\ddot{P}_{об.}}{\ddot{P}_{розп.}} \quad (3.19)$$

За появи електростатичного поля можна очікувати збільшення імовірності злипання молекул. Густина розподілу імовірності злипання молекул в залежності від α можна записати у вигляді такого виразу:

$$P_{об.}^E(\alpha) = f(\alpha)W(\alpha) \quad (3.20)$$

де $W(\alpha)$ – вірогідність злипання (об'єднання) 2-ох молекул під дією поля \vec{E} ;
 α – кут орієнтації їх осей при зіткненні.

Очевидно, що $W(\alpha)$ є суттєвою лише за малих кутів α . Допустимо, що імовірність злипання молекул підкоряється закономірності

$$W(\alpha) = \frac{1 + \cos\alpha}{2}. \quad (3.21)$$

Тоді середнє за кутами значення імовірності злипання молекул ПАР (аналогічно базового масла) $\ddot{P}_{об.}^E$ буде визначатися за залежністю:

$$\begin{aligned} \ddot{P}_{об.}^E &= \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} Ce^{-\frac{(\sigma+T)\cos\alpha}{KT}} \sin\alpha W(\alpha) d\alpha = 2\pi \int_0^{\pi} Ce^{-\frac{(\sigma+T)\cos\alpha}{KT}} \left(\frac{\sin\alpha}{2} + \frac{\cos\alpha}{2} \sin\alpha \right) d\alpha = \\ &= 2\pi \int_0^{\pi} Ce^{-\frac{(\sigma+T)\cos\alpha}{KT}} \frac{\sin\alpha}{2} d\alpha + \int_0^{\pi} Ce^{-\frac{(\sigma+T)\cos\alpha}{KT}} \frac{\cos\alpha}{2} \sin\alpha d\alpha \end{aligned} \quad (3.22)$$

Для спрощення виразу введемо заміну змінних $\cos\alpha = t$, $dt = -\sin\alpha d\alpha$ і у цьому випадку отримаємо:

$$\begin{aligned} \ddot{P}_{об.}^E &= \frac{1}{2} + 2\pi \int_1^{-1} Ce^{-\frac{(\sigma+\beta T)t}{KT}} \frac{t}{2} (-dt) = \left[\frac{1}{2} + \frac{C}{2} 2\pi \left(\frac{te^{-\frac{(\sigma+\beta T)t}{KT}}}{\frac{(\sigma+\beta T)}{KT}} - \frac{e^{-\frac{(\sigma+\beta T)t}{KT}}}{\left(\frac{(\sigma+\beta T)}{KT}\right)^2} \right) \right]_{-1}^1 = \\ &= \frac{1}{2} \left[1 + C 2\pi \left(\frac{2\text{ch}\left(-\frac{(\sigma+\beta T)}{KT}\right)}{\frac{(\sigma+\beta T)}{KT}} - \frac{2\text{sh}\left(\frac{(\sigma+\beta T)}{KT}\right)}{\left(\frac{(\sigma+\beta T)}{KT}\right)^2} \right) \right]. \end{aligned} \quad (3.23)$$

З урахуванням залежностей (3.21) і (3.22) підставимо значення константи в рівняння (3.23) і отримаємо:

$$\begin{aligned} \ddot{P}_{об.}^E &= \frac{1}{2} \left[1 + \frac{2\pi(\sigma + \beta T)}{4\pi KT \operatorname{sh}\left(\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)} \left(\frac{2\operatorname{ch}\left(-\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)}{(\sigma + \beta T)} - \frac{2\operatorname{sh}\left(\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)}{\left(\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)^2} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{\operatorname{ch}\left(-\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)}{\operatorname{sh}\left(\frac{(\sigma + \beta T)}{KT}\right)} - \frac{KT}{(\sigma + \beta T)} \right) \right]. \end{aligned} \quad (3.24)$$

Для розрахунку середнього значення імовірності злипання молекул ПАР (для прикладу як ПАР візьмемо мурашину кислоту) залежно від поверхневого натягу (вільної енергії одиниці поверхні) беремо такі вхідні дані: K – постійна Больцмана, $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$, Дж/т, або $K = 1,38 \cdot 10^{-16}$, ерг/т; $\sigma_{\text{мур.кис}}$ – поверхневий натяг мурашиної кислоти за температури 60°C (табличне значення [42]), становить $33,3$ ерг/см²; T – температура МС, $T = 333\text{K}$; $\beta = 0,152$ (табличне значення для мурашиної кислоти).

Для виконання розрахунків значенням $\sigma_{\text{мур.кис}}$ варіюємо в межах $30 - 35$ ерг/см², оскільки числові значення більші чи менші від інтервалу варіювання, це табличні значення поверхневого натягу вже за інших температур, а ми задали робочою температурою МС – 60°C і ($T = \text{const}$). Виконавши розрахунки за залежністю (3.24), результати зводимо в табл. 3.1 і будуємо графік залежності середньої імовірності злипання молекул ПАР мурашиної кислоти від величини поверхневого натягу (рис.3.4).

Таблиця 3.1

Результати розрахунку $\ddot{P}_{об.}^E f(\sigma\sigma)$

| $\sigma_{\text{мур.кис}}$, ерг/см ² | 30 | 31 | 32 | 33,3 | 34 | 35 |
|---|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| $\ddot{P}_{об.}^E$ | 0,975 | 0,968 | 0,956 | 0,798 | 0,670 | 0,550 |

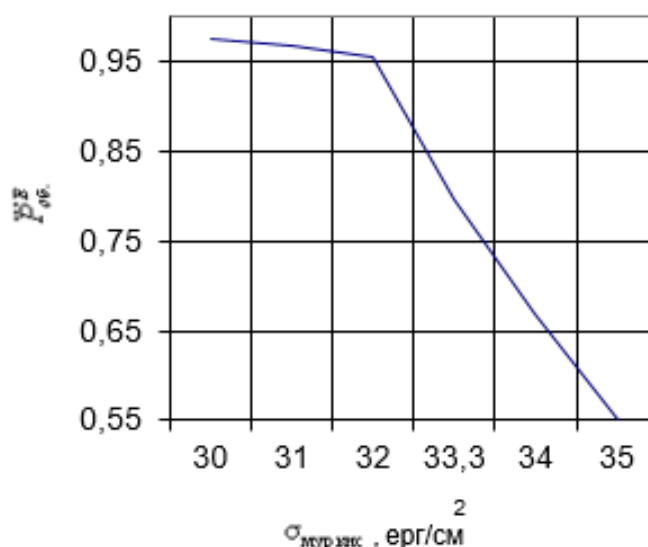


Рис 3.4. Залежність $\ddot{P}_{\text{об}}^E$ від поверхневого натягу мурашиної кислоти $\sigma_{\text{мур.кис}}$ (вільної енергії одиниці поверхні)

Крива залежності $\ddot{P}_{\text{об}}^E = f(\sigma)$ показує, що зі зменшенням поверхневого натягу збільшується імовірність ефекту злипання зорієнтованих напрямку напруженості електростатичного поля молекул ПАР. При цьому доцільно також згадати про вплив напруженості зовнішнього поля на дипольні моменти молекул як базового середовища, так і ПАР. Із збільшенням напруженості E молекули мають більш інтенсивно орієнтуватися за напрямком поля[40].

Таким чином, отримано такі модельні залежності, що пояснюють взаємозв'язок між основними фізичними параметрами трибосистем і електростатичним полем.

3.3. Фізична модель впливу електричного поля на протизносні властивості мастильних матеріалів.

Відповідно до поставленої мети був використаний пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ (надалі для зручності – просто пристрій).

Пристрій (рис. 3.5) складається з проточної камери 1, на зовнішній поверхні якої розміщено обмотку 2, усередині проточної камери 1 нещільно розташовано

металеві кульки 3. Проточна камера 1 з'єднана з вхідним 4 і вихідним 9 трубопроводами, при цьому їх відповідні ділянки, розміщені всередині проточної камери 1, мають поздовжні прорізи 7 і 8 відповідно[43]. Всередині вхідного трубопроводу 4 встановлено одну-дві фільтрувальні металеві сітки 5 і на ділянці, що ближча до входу в проточну камеру 1, на внутрішній поверхні трубопроводу 4 наклеєно смугастий електрет 6. Внутрішня поверхня вихідного трубопроводу 9 містить ізоляційне покриття.

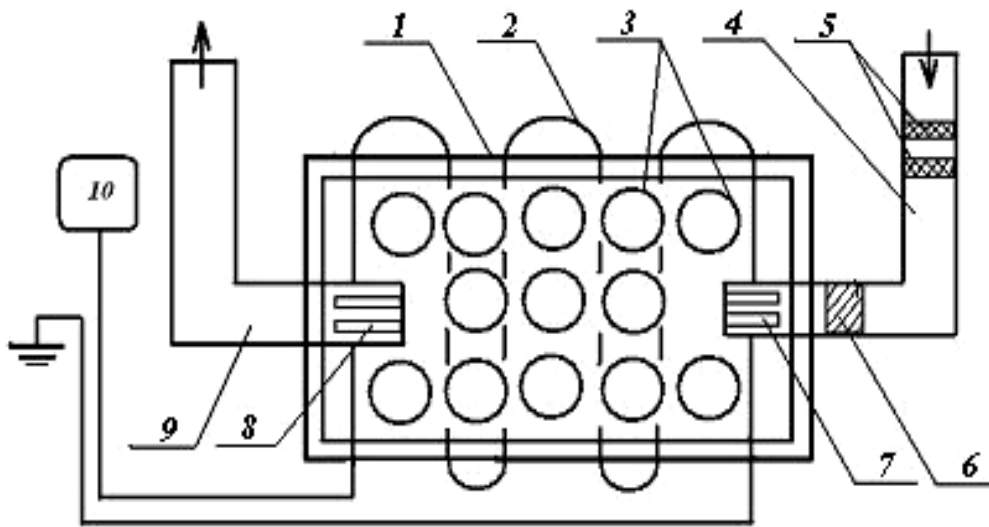


Рис. 3.5. Принципова схема пристрою для підвищення протизносних властивостей паливно-мастильних матеріалів:

- 1 – проточна камера;
- 2 – обмотка;
- 3 – металеві кульки;
- 4 – вхідний патрубок;
- 5 – фільтраційні металеві сіточки;
- 6 – смугастий електрет;
- 7, 8 – повздовжні прорізи;
- 9 – вихідний патрубок;
- 10 – високовольтне джерело живлення

Джерело живлення 10 приєднано до обмотки 2. Проточна камера 1, металеві кульки 2, вхідний 4 і вихідний 9 трубопроводи виконано з матеріалів однакової поляризаційної орієнтації і більшої діелектричної проникності, ніж у ПММ.

Роботу пристрою можна прокоментувати способом обробки ПММ (*пат. № 34918 Україна.*) [44], який втілено в цьому пристрої.

Паливо, чи рідкі ММ під тиском подаємо до проточної камери 1 через вхідний трубопровід 4 (рис. 3.5). При цьому, слабо наелектризовані ПММ рухається по вхідному трубопроводу і, переходячи через фільтрувальні сітки 5, додатково електризується, а після проходження смугастого електрета 6 набуває електростатичного заряду більшого значення. Таким чином сильно наелектризовані ПММ подаємо до проточної камери 4, підведенням живлення 10 до обмотки 2 створюємо в середині камери 1, заповненої кульками 2, електромагнітне поле.

Внаслідок спільної взаємодії електростатичного та електромагнітного полів підвищується спільна напруженість полів і підвищується числове значення електризації ПММ, а також за рахунок цього зменшується значення коефіцієнта поверхневого натягу краплі, що приводить до дрібнішого розпилення палива і його ефективного згорання.

Сильно наелектризоване паливо чи ММ через вихідний трубопровід 9 подаємо до камери згорання чи до вузла тертя. При цьому на вихідний трубопровід 9 із середини нанесено ізоляційне покриття для запобігання втраті заряду. За рахунок поздовжніх прорізів 7 і 8 збільшуємо поверхню поділу фаз «стінка трубопроводу – рідина», а за рахунок цього адсорбується більша кількість іонів одного знака, які беруть участь в електролітичному механізмі виникнення електростатичних зарядів. Поздовжні прорізи 7 і 8 також допомагають зменшити гідравлічний опір, що сприяє швидшому протіканню ПММ з більшою швидкістю.

Саме завдяки поєднанню зовнішнього електромагнітного поля і трибоелектризації вдалося отримати нове конструктивне рішення. Тоді, рухаючись по трубопроводу, ПММ електризуються, тобто отримують заряд і, попадаючи в проточну камеру, заповнену кульками, збільшують його під дією електромагнітного поля, отриманого від живлення обмотки. Зі збільшенням поверхні поділу фаз «стінка

трубопроводу – рідина» адсорбується більша кількість іонів одного знака, які беруть участь в електролітичному механізмі виникнення електростатичних зарядів[46]. Тому поздовжні прорізи на краях вхідного і вихідного трубопроводів не лише зменшують гідравлічний опір, що сприяє перетіканню палива з більшою швидкістю, а й сприяють інтенсивнішій трибоелектризації.

Розроблений пристрій має такі функціональні можливості: дозволяє підвищувати протизносні властивості рідких вуглеводневих МС; та понижувати поверхневий натяг крапель палива та рідких ММ; сприяє створенню тонкодисперсної паливно-повітряної суміші, розкриттю факела в камері згоряння двигуна; за рахунок сприяння повному згорянню паливно-повітряної суміші зменшує концентрацію СО та СН у відпрацьованих газах двигуна, що частково дозволяє зменшити витрати палива[45].

Запропонований пристрій за рахунок його широкого функціонального призначення доцільно застосовувати на енергетичних установках різних типів, але переважно в двигунах внутрішнього згоряння для підготовки палива та підвищення протизносних властивостей МС для вузлів тертя.

Робоче креслення пристрою для підвищення протизносних властивостей ПММ показано на рис.3.6 [Додаток А] та його фотографію в робочому стані на рис. 3.7.



Рис. 3.7. Пристрій для підвищення протизносних властивостей ПММ (фотографія)

3.4 Лабораторні випробування протизносних властивостей авіаційних палив, оброблених електричним полем

Метою цього експериментального дослідження було оцінювання можливості щодо уповільнення зношування випробувальних зразків дією на МС зовнішнього електростатичного поля та визначення його раціональних параметрів, установлених на основі фізико-математичної моделі впливу цим полем на протизносні властивості ММ.

Аналіз проведених робіт з вивчення міжмолекулярних сил показав, що природа їх виникнення зумовлена здебільшого дією електростатичних сил. Єдиним видом не електричного зв'язку є ковалентний зв'язок, який має більшу енергію, ніж інші види енергій взаємодії вандерваальсових сил[41]. Тому вибір виду електростатичного поля для оброблення МС обумовлений головним чином видом міжмолекулярного зв'язку. Процес впливу електростатичного поля на ПММ пов'язаний з поляризацією молекул ПАР. Але варто додати, що в цьому випадку ми діяли на МС накладеними електромагнітним та електростатичним полями, використовуючи для обробки досліджуваних вуглеводневих середовищ розроблений нами пристрій, принцип дії якого було описано вище.

Відповідно до викладених вище аналітичних досліджень, розрізняють три види поляризації: електронну, атомну та орієнтаційну. У розглядуваному випадку основне місце займає орієнтаційна поляризація, яка, як відомо, належить до повільних релаксаційних процесів. У зв'язку з цим, обираючи вид електростатичного поля в експериментальних дослідженнях, потрібно визначитись не тільки з головним параметром поля – напруженістю, але й з часом обробки ПММ. Для вибору часового діапазону впливу електростатичного поля на МС необхідно пам'ятати про такий важливий параметр, як швидкість руху рідкого МС у пристрої для оброблення ПММ. Режим руху вибираємо, виходячи з ламінарного характеру руху потоку. Результати пошукових досліджень показали, що для виконання умов з мінімізації втрат корисної потужності, швидкість потоку оброблюваного середовища не повинна перевищувати 10 м/с. Для зручності проведення експериментів обираємо швидкість потоку 1 м/с,

інтервал варіювання часу оброблення – 60 – 120 хв з кроком 60 хв. Для визначення впливу релаксації одна з проб авіапалива ТС–1, оброблена протягом двох годин за максимальних значень напруженості поля, зберігалася 15 діб у щільно закупореній ємкості, після чого проводились досліди на тертя та зношування.

Напруженість поля визначаємо за формулою (3.2).

Виходячи з технічних характеристик високовольтного джерела живлення ВС-23 (табл. 3.2), що використовувалося для проведення досліджень, вибираємо інтервал варіювання напругою 500…2000 В з кроком 500 В. Отже, після перерахунку маємо інтервал варіювання напруженістю поля: $0,27 \dots 1,11 \cdot 10^6$ В/м.

Таблиця 3.2

Технічні характеристики джерела високої напруги ВС-23

| № п/п | Назва технічної характеристики, одиниці виміру | Значення |
|--|---|---------------------|
| 1 | Живлення пристрої від мережі: - напруга, В - частота, Гц | 220± 10% 50± 0,5 |
| 2 | Споживана потужність, не більше, Вт | 300 |
| 3 | Напруга трикіловольтного джерела, В | 500…3000 |
| Джерело ізольовано від корпусу і дозволяє з'єднувати з корпусом плюс та мінус вихідної напруги | | |
| 4 | Напруга десятикіловольтного джерела, В | 2000…10000 |
| 5 | (+) джерела з'єднано з корпусом. Максимальний струм навантаження кожного джерела, mA | 5 |
| 6 | Нестабільність вихідних напруг пристрою за зміни напруги в мережі на 10% від номінального значення за незмінного навантаження, не більше, % | 0,5 |
| 7 | Пульсації вихідних напруг за максимального навантаження, не більше, % | 0,5 |

Відповідно до вирішення поставлених завдань об'єктом експериментальних досліджень були вибрані базові середовища: авіапаливо ТС–1 (АТ «Укртатнафта»).

Початкові параметри шорсткості контактуючих поверхонь контролювали на лазерному сканувальному профілографі-профілометрі ЛСПП-05.

Мастильні середовища на тертя та зношування випробували на машині тертя за схемою ПТЛК (рв) «кільце-площина», матеріал зразків ШХ15 – ШХ15, $T_{об} = 185$ об/хв., $m=5$ кг, з урахуванням радіального биття $\delta = 0 \pm 1,5$ мкм.

Для зменшення похибки вимірювання знімалось три профілограми за глибиною спрацьованого матеріалу вздовж доріжки ковзання і одна – поперек. За результатами вимірювання профілю доріжки тертя визначалось середнє арифметичне значення лінійного зношування матеріалу. Прилад тертя виготовлено за схемою Тімена (диск – площина), який реалізовує лінійний контакт та моделює трибопару “вал-втулка”.

Для вимірювання зношування поверхонь тертя було використано профілограф-профілометр «Калібр М-201». Нами контролювалось зношування нерухомого плоского зразка. Оцінка зносу зразків виконувалась з профілографуванням доріжок тертя і розрахунком результатів експериментів за допомогою комп’ютерної техніки.

Результати основних експериментів оброблено на комп’ютері та викладено в табл. 3.3 і графічних залежностях (рис. 3.8 – 3.10).

Таблиця 3.3

Значення величин зношування для досліджуваних середовищ (за трьома точками)

| Досліджуване середовище | Величина лінійного зношування (мкм) при заданому пройденому шляху тертя, м | | | |
|--|--|------|------|------|
| | 500 | 500 | 500 | 3000 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Базове авіапаливо ТС-1 | 2,5 | 3 | 2 | 2,8 |
| Авіапаливо ТС-1+ обробка полями* протягом 1 год | 1,7 | 1,07 | 0,37 | 1,25 |
| Авіапаливо ТС-1 + обробка полями** протягом 1 год | 0,65 | 0,95 | 0,7 | 1,1 |
| Оброблене полями** (протягом 1 год) авіапаливо ТС-1 після 15 днів відстоювання | 0,8 | 1,3 | 0,9 | 1,5 |

* оброблення накладеними електромагнітним та електростатичним полями за напруги, яку подавали на пристрій $U = 500$ В.

** оброблення накладеними електромагнітним та електростатичним полями за напруги, яку подавали на пристрій $U = 2000$ В.

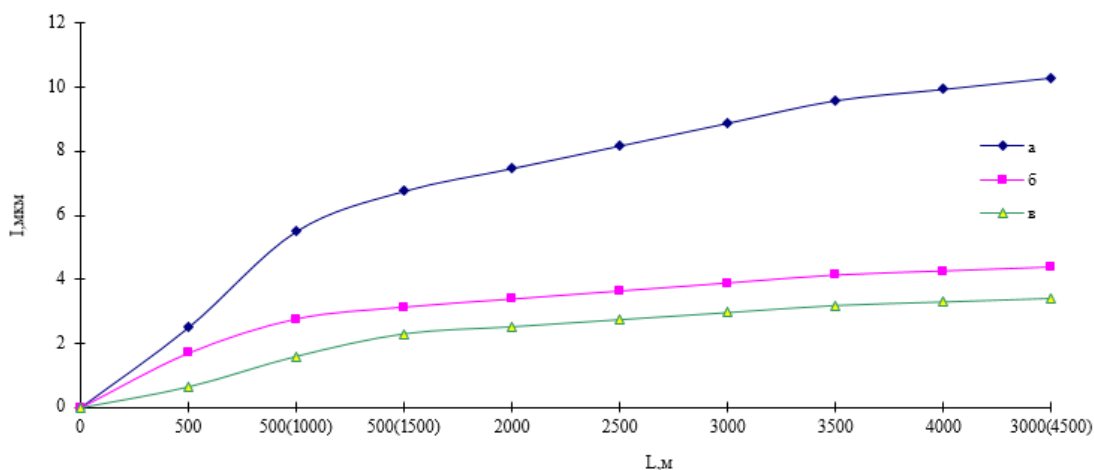


Рис. 3.8. Залежність величини сумарного зношування від шляху тертя під час дослідження протизношувальних властивостей авіапалива ТС-1:

a – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС-1;

b – авіапаливо ТС-1, оброблене полями протягом 1 години за напруги $U = 500$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м;

v – авіапаливо ТС-1, оброблене полями протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м

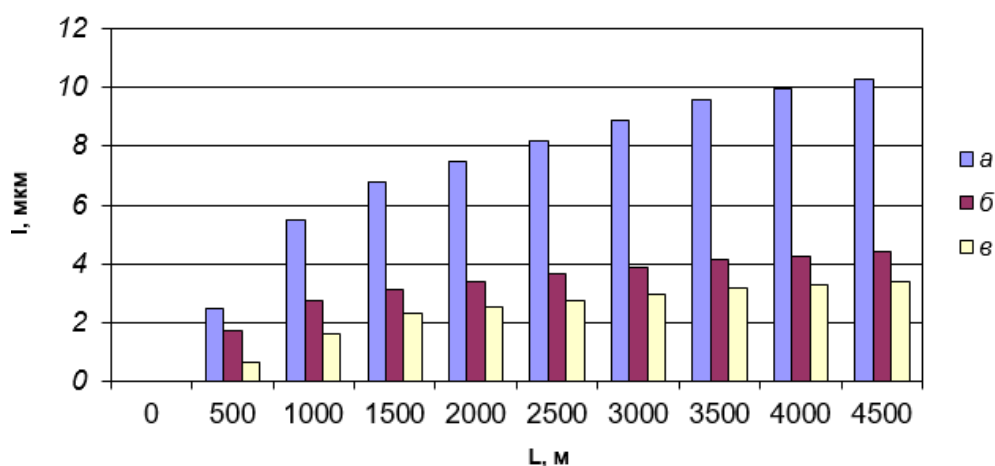


Рис. 3.9. Гістограма залежності сумарного зношування від шляху тертя під час дослідження протизношувальних властивостей авіапалива ТС-1:

a – базове (у стані поставки) авіапаливо марки ТС–1;

б – авіапаливо ТС–1, оброблений полями протягом 1 години за напруги $U = 500$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м ;

в – авіапаливо ТС–1, оброблене полями протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м

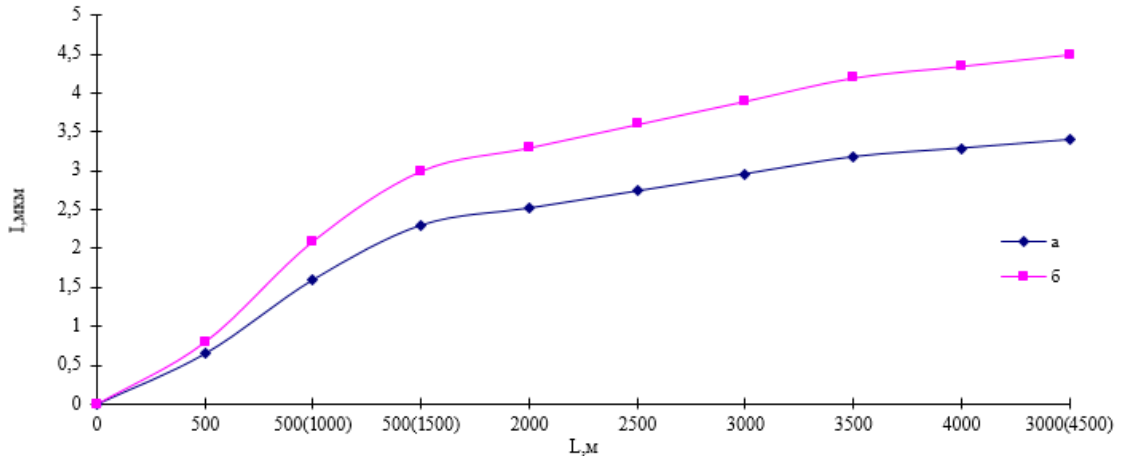


Рис. 3.10. Залежність величини сумарного зношення від шляху тертя під час дослідження протизношувальних властивостей авіапалива ТС–1:

a – авіапаливо ТС–1, оброблене полями протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м;

б – авіапаливо ТС–1, оброблене полями протягом 1 години за напруги $U = 2000$ В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м через 15 діб зберігання в щільно закупореній ємкості

Як видно із графіків (рис. 3.8 – 3.10) величина зношення значно знизилась (приблизно у 2,5 разу) в результаті оброблення накладеними електростатичним та електромагнітним полями авіапалива ТС–1 менше – внаслідок обробки полями. Наведені результати підтверджують переваги впливу саме електростатичного поля, оскільки, як відомо, із наведених оброблених середовищ найбільший ступінь електризації має авіапаливо ТС–1.

Так, з рис. 3.8 та 3.9 видно, що за однакового пройденого шляху (3000 м після обкатаного періоду) величина зношення базового авіапалива ТС–1 становила 2,8

мкм, обробленого протягом однієї години за напруги $U = 500 \text{ В} - 1,25 \text{ мкм}$, за напруги $U = 2000 \text{ В} - 1,1 \text{ мкм}$. Позитивним результатом є також і те, що оброблене за описаною методикою протягом однієї години, авіапаливо ТС–1 зберігалось 15 діб у щільно закупореній посудині, після чого проводились випробування на тертя та зношування, і як результат на 3000 м пройденого шляху отримано величину зношування 1,5 мкм (рис. 3.10), яка є значно меншою порівняно з величиною зношування зафіксованою у базовому авіапаливо.

На всіх наведених графічних залежностях (рис. 3.8 – 3.10) спостерігаємо закономірність зміни величини зношування від величини напруги та часу обробки. Експериментально встановлено значний вплив на зменшення величини зношування напруженості поля, причому така закономірність одноманітно спостерігається на графічних залежностях.

Для прикладу, ще раз розглянемо залежність величини зношування від шляху тертя при дослідженні протизношувальних властивостей авіапалива ТС–1 (рис.3.8). За однаковий пройдений шлях тертя та однаковий час обробки (1 год) середня величина зношування зразків у авіапаливі, обробленому за напруги $U = 500 \text{ В}$ та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6 \text{ В/м}$, дорівнює 1,25 мкм, в авіапаливі обробленому за напруги $U = 2000 \text{ В}$ та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6 \text{ В/м}$, дорівнює 1,1 мкм. Варто також нагадати, що похибка цієї методики вимірювання величини зношування становить 3...4 % і можна впевнено стверджувати про позитивний результат проведених нами експериментів, а отже про ефект підвищення протизношувальних властивостей ММ, оброблених накладеними електростатичним та електромагнітним полями.

Також авіапаливо ТС–1 випробували на комплексі для вивчення трибологічних характеристик при коррозійно-механічному зношуванні матеріалів за схемою «палець-площина», матеріал зразків ШХ15 – фотографічне скло, $\vartheta = 0,630 \text{ м/с}$, $P = 5 \text{ Н}$. Розміри пальця-зразка: діаметр – 4 мм, довжина – 25мм. Маса першого зразка до початку випробувань становила – 2,1478 г, другого – 2,1539 г. Зразок № 1 працював у базовому (не обробленому) середовищі авіапалива ТС–1. Зразок № 2 працював у середовищі авіапалива ТС–1, обробленого полями протягом 1 години за напруги $U =$

2000 В та напруженості поля $E = 1,1 \cdot 10^6$ В/м. Масу дослідних зразків вимірювали на аналітичних вагах підвищеної точності «АДВ-200 2Кл».

Результати експериментів представлено в табл. 3.4

Таблиця 3.4

Результати дослідів проведених на комплексі для вивчення трибологічних характеристик під час коррозійно-механічного зношування матеріалів

| Номер зразка | Маса, m , г | Пройдений шлях, S , км | Швидкість тертя, \mathcal{Q} , м/с | Навантаження, P , Н |
|--------------|---------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Зразок № 1 | 2,1478 | 0 | 0,630 | 5 |
| | 2,1465 | 12 | | |
| Зразок № 2 | 2,1539 | 0 | | |
| | 2,1536 | 12 | | |
| | 2,1529 | 22 | | |

З таблиці 3.4 видно, що за однакових умов проведення експерименту та за однакового пройденого шляху (12 км) для зразка № 1 величина зношування за масою становила 0,0013 г, для зразка № 2 – 0,0003 г, різниця склала – 0,001 грама. Для зразка № 2 різниця за масою в 0,001 г становила лише через 22 км пройденого шляху.

3.5 Лабораторні випробування протизносних властивостей авіаційних палив реформульованих біокомпонентами

Метою цього експериментального дослідження було встановлення закономірностей впливу електричного поля на протизносні властивості сумішевих авіаційних палив: ТС-1 + ЕЕЖК ріпакової та рижієвої олій у різних концентраціях.

Встановлення раціональних параметрів електричного поля, установлених на основі фізико-математичної моделі впливу цим полем на протизносні властивості вибраних палив.



а)



б)

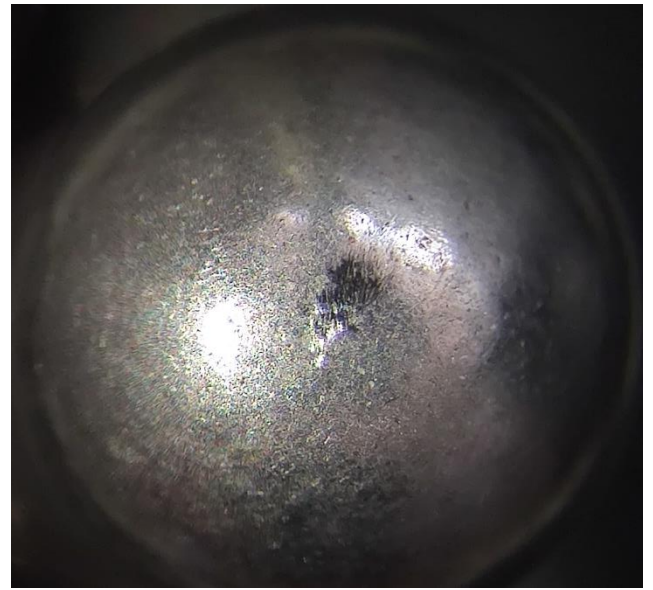
Рис. 3.11 Мікрофотографія зразків напрацьованих 1 год в паливах оброблених електричним полем за напруги $U = 500$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м:

а) – ТС-1 + 10% етилового естеру ріпакової олії;

б) - ТС-1 + 30 % етилового естеру ріпакової олії



в)



г)

Рис. 3.12 Мікрофотографія зразків напрацьованих 1 год в паливах оброблених електричним полем за напруги $U = 500$ В та напруженості поля $E = 0,27 \cdot 10^6$ В/м:

в) – ТС – 1 + 10% етилового естеру рижієвої олії;

г) – ТС – 1 + 30 % етилового естеру рижієвої олії

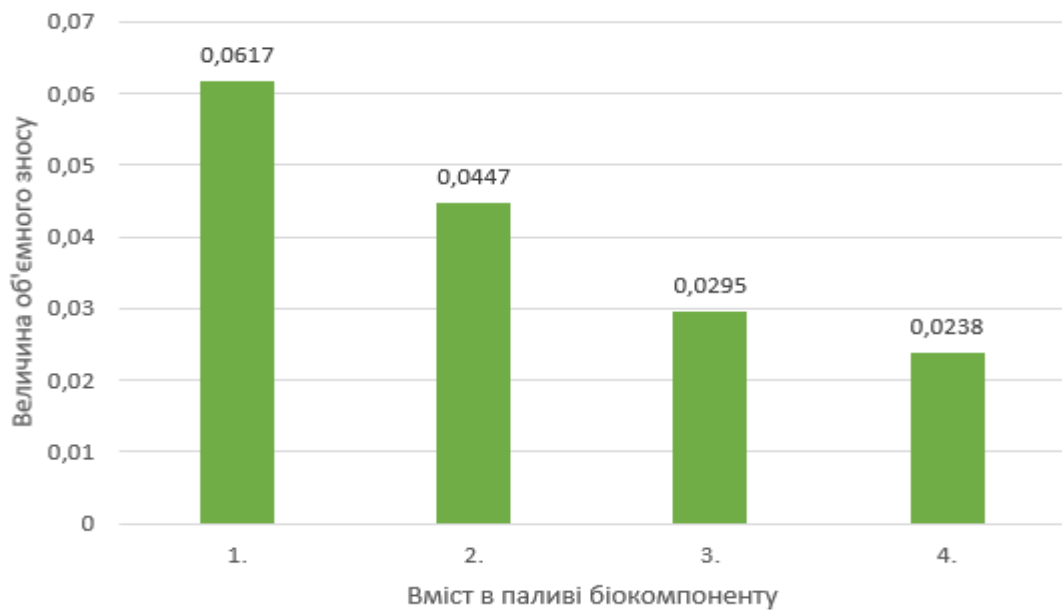


Рис.3.13 Гістограма залежності об'ємного зношування від вмісту біокомпонента під час дослідження протизношувальних властивостей авіапалива ТС-1: 1. – ТС-1 + 10% етилового естеру ріпакової олії; 2. - ТС-1 + 30 % етилового естеру ріпакової олії; 3. - ТС – 1 + 10% етилового естеру рижієвої олії; 4. – ТС – 1 + 30 % етилового естеру рижієвої олії

Чітко видно (рис.3.13), що при 30% естера (2 і 4 стовпчик) знос зменшився при однаковому навантаженні.

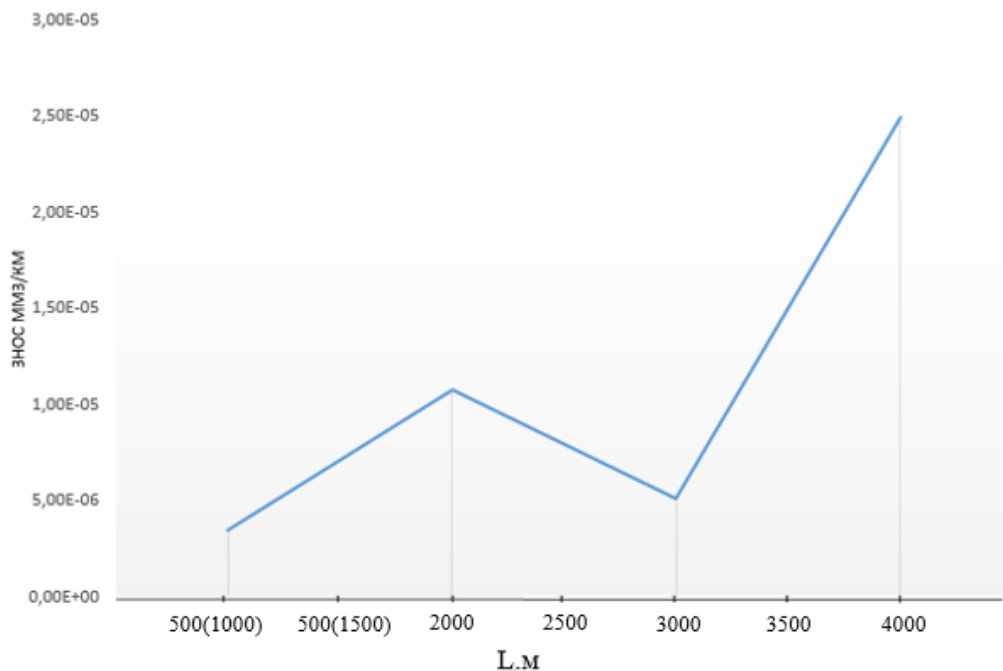


Рис.3.14 Залежність зносу ШХ-15 по Ст45(Заг) в 10% розчині естеру в керосині, від навантаження і шляху тертя. 1,2 $-(0,2 \cdot 3600 \cdot 20) = 14,4 \text{ км}$; 3,4 – 43,2 км

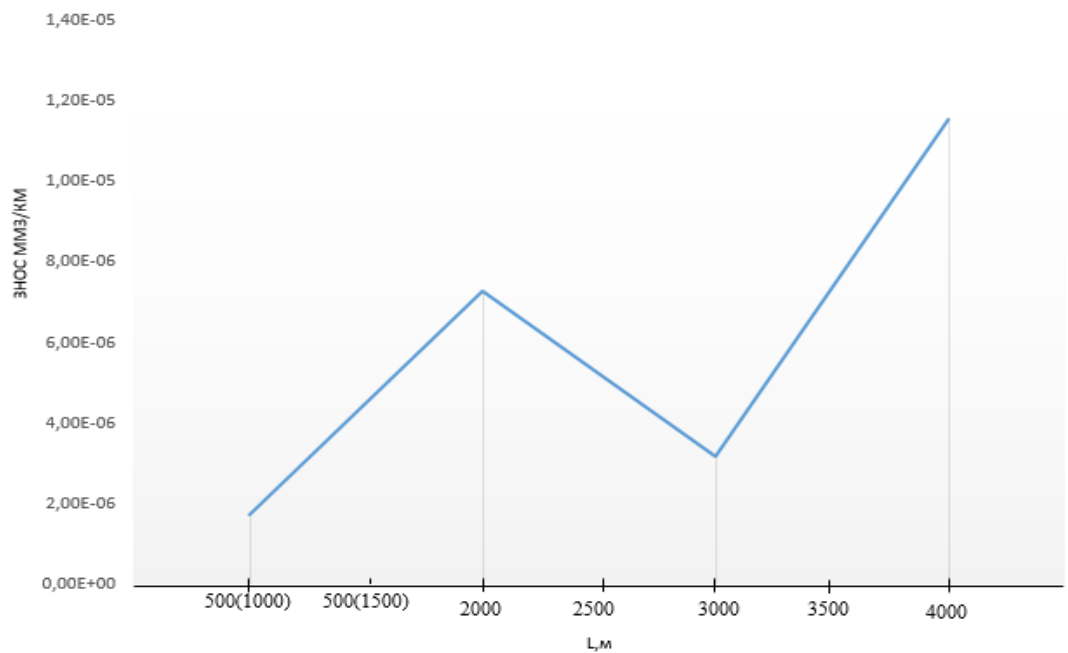


Рис. 3.15 Знос ШХ-15 по Ст45(3) в залежності від часу дослідження

Дослідження зразків сумішевих палив показали, що ЕЕЖК рижиєвої олії виявляють здатність утворювати більш міцну граничну плівку на поверхнях тертя порівняно з паливом для ПРД нафтового походження. Ця здатність пояснюється поверхневою активністю молекул естерів та їх високою в'язкістю.

Прийнявши зразок палива ТС - 1 за контрольний, можемо зробити висновок, що використання естерів рижиєвої олії позитивно впливає на мастильні властивості палива для ПРД. Також можна зазначити, що після обробки палива з біокомпонентом електричним полем зношування зменшується.

3.6 Висновки до 3 розділу

Було розглянуто механізм впливу та математичну модель електричного поля на рідкі мастильні середовища, яка пояснює взаємозв'язок між основними фізичними параметрами трибосистем і електростатичним полем.

Для проведення експерименту був використаний пристрій для підвищення протизносних властивостей палив, який сприяє створенню тонкодисперсної паливо-повітряної суміші, та дозволяє зменшити витрати палива.

Було розглянуто теоретико-експериментальні дослідження електрофізичного впливу на електрофізичні параметри вуглеводневого палива. Розроблена методика електрофізичного впливу на паливо для оцінки процесів в камерах згоряння двигунів. А також виявлено ефективність електрофізичного впливу на паливо і характеристики двигунів.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Перелік виробничих чинників під час проведення експерименту

Перебування в хімічній лабораторії передбачає дотримання правил техніки безпеки для уникнення небажаних наслідків як для працівника так і для навколишнього середовища в цілому.

Робочі приміщення лабораторії повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією з механічним приводом і місцевою вентиляцією з витяжних шаф, мийних ванн і раковин[47].

Лабораторії повинні бути приєднані до тепломережі, електромережі, водопровідної і каналізаційної мережі. Елементи силової та освітлювальної мережі повинні бути у вибухобезпечному виконанні. Установки і прилади з електроживленням, а також металеве покриття і бортики лабораторних столів необхідно заземлювати.

Приміщення лабораторії повинно постійно утримуватися в чистоті, розлиті рідини - негайно забиратися.

Під час проведення робіт у зонах, де можливе скупчення горючих парів і газів, необхідно використовувати інструменти, що не утворюють іскор від удару та статичної електрики. Протирати устаткування слід ганчір'ям із бавовняної тканини. Не дозволяється застосовувати синтетичні тканини[49].

Усі спецрідини повинні витрачатися лише з тією метою, для якої вони призначені, відповідно до нормативної та технічної документації щодо їх застосування.

Для запобігання отруєнням і професійним захворюванням серед осіб, які працюють зі спецрідинами, відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 повинен проводитися санітарно – гігієнічний контроль на робочих місцях.

На робочих місцях необхідно вивішувати інструкції, плакати та попереджувальні написи про дотримання вимог безпеки під час роботи з даними

речовинами. У приміщеннях, де проводяться роботи із застосуванням спецрідин, не дозволяється зберігати та приймати їжу, а також палити[48]. Скляний посуд з кислотами, лугами та іншими їдкими речовинами необхідно переносити в спеціальних металевих або дерев'яних ящиках, викладених зсередини азбестом.

Для перекачування і переливання спецрідин повинні використовуватися спеціальні насоси та устаткування. Не дозволяється засмоктувати спецрідини ротом для створення ефекту сифона.

Нафтопродукти та інші легкозаймісті рідини, які для аналізу необхідно попередньо нагріти, повинні бути зневоднені для запобігання спіненню і розбризкуванню. Кип'ятіння та нагрівання цих рідин дозволяється лише на водяній бані або на електричній плиті закритого типу.

Не дозволяється нагрівати легкозаймісті рідини на вогні та на відкритих електроплитах.

Усі аналізи в лабораторіях ПММ повинні проводитися за допомогою стандартного, справного та перевіреного обладнання і приладів[49].

Проби ПММ слід відбирати в денний час, а в разі відбору проб у темний час доби необхідно застосовувати акумуляторні ліхтарі у вибухобезпечному виконанні. Під час відбору проб не дозволяється заглядати в посудину, у яку відбираються легкозаймісті та вибухонебезпечні речовини.

Під час відбору проб вручну необхідно вжити заходів, щоб запобігти вдиханню парів нафтопродуктів і попаданню їх на тіло та одяг.

При роботі в лабораторії повинні використовуватися наступні спецодяг і засоби індивідуального захисту: халат бавовняний, фартух прогумований, гумові чоботи і рукавички, окуляри захисні, респіратор чи протигаз[50]. У лабораторії повинна бути медична аптечка з набором необхідних медикаментів і перев'язних засобів.

При досліджень для магістерської роботи необхідно враховувати токсичність та використовувати їх за інструкцією. Палива, які є основою для дослідження повинні зливатися у спеціальну ємність для утилізації.

4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників

З метою запобігання негативного впливу при роботі в лабораторії необхідно мати сертифікований спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту: халат бавовняний; рукавиці кислотозахисні.

При необхідності, за умовами виконання окремих видів робіт в лабораторії додатково повинні видаватися відповідні засоби захисту: захисні окуляри, респіратор, діелектричні гумові рукавички та інші ЗІЗ[52].

При виконанні робіт, пов'язаних із забрудненням рук, які важко змиваються, дизельним паливом, гасом, маслами і мастилами працівникам лабораторій в установленому порядку повинні видаватися миючі та знешкоджуючі засоби.

Також для зменшення негативних факторів, слід врегулювати мікроклімат, освітлення, вентиляцію у приміщенні, та враховувати вплив електромагнітних полів.

Мікроклімат приміщень - це комплекс фізичних факторів, що впливають на теплообмін людини і визначають самопочуття, працездатність, здоров'я і продуктивність праці.

Показники мікроклімату:

- Температура повітря;
- Відносна вологість повітря;
- Швидкість руху повітря;
- Потужність теплового випромінювання.

Повітряне середовище з усіх елементів, що становлять середовище проживання і діяльності людини, є найважливішою. Природне повітря являє собою складну динамічну систему, утворену різними газами (і парами) і знаходяться в підвішеному стані найдрібнішими твердими і рідкими частками - аерозолями.

Під забрудненням повітря розуміється пряме або непряме введення в нього будь-якої речовини в такій кількості, що змінює якість і склад чистого атмосферного повітря, завдаючи шкоди людям, живій і неживій природі[53].

Найважливішою характеристикою повітряного середовища є барометричний тиск, оскільки різниця барометричного тиску і тиску повітря в альвеолах легких визначає величину газообміну. Барометричний тиск вважається і називається нормальним на рівні моря (одна атмосфера) і експоненціально убуває з висотою.

Джерелами забруднення повітря виробничих приміщень є виробничі процеси, в ході яких виділяються технологічна пи́л і аерозолі[51].

Пил може надавати на організм різне дію. За кінцевим шкідлива дія виробничі аерозолі можна розділити на аерозолі переважно фіброгенного дії і аерозолі, які надають переважно загальнотоксичну, подразнюючу, канцерогенну, мутагенну дію, а також впливають на репродуктивну функцію (виробничі отрути). Особливе місце займають аерозолі біологічно високоактивних речовин: вітамінів, гормонів, антибіотиків, речовин білкової природи.

Аерозолі переважно фіброгенної дії можуть викликати професійні захворювання легень - пневмоконіози, пилові бронхіти, а також інші хронічні захворювання органів дихання.

Освітлення як світло від будь-якого джерела, що створює освітленість поверхонь предметів і забезпечує зорове сприйняття цих предметів, буває: природне; штучне; комбіноване[54].

1. Природне освітлення - освітлення приміщень світлом, що виходить від неба (прямим або відбитим), що проникає через світлові прорізи в зовнішніх огорожувальних конструкціях. Підрозділяється на бокове, верхнє і комбіноване. Нормованої характеристикою є коефіцієнт природної освітленості.

2. Штучне освітлення - освітлення приміщень та інших місць, де недостатньо природного освітлення. Підрозділяється на а) робоче, б) аварійне, в) охоронне, г) чергове, д) загальне, е) місцеве і ж) комбіноване. При необхідності частина світильників робочого або аварійного освітлення використовується для чергового освітлення.

3. Комбіноване освітлення - освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Якісні показники освітлення в приміщеннях багато в чому визначаються правильним вибором світильників, що представляють собою сукупність джерела світла та освітлювальної арматури[50]. Основне призначення світильників полягає в перерозподілі світлового потоку джерел світла в необхідних для освітлення напрямках, механічному кріпленні джерел світла і підводі до них електроенергії, а також захисту ламп, оптичних і електричних елементів від впливу навколишнього середовища.

Основні санітарно-гігієнічні вимоги до вентиляції виробничих приміщень визначені гігієнічними нормативами, а також будівельними нормами і правилами. Для ефективної роботи вентиляції важливо, щоб ще на стадії її проектування було передбачено виконання ряду санітарно-гігієнічних і технічних вимог.

Кількість повітря, необхідного для вентиляції виробничих приміщень і забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища в робочій зоні, встановлюється розрахунковим способом[55]. Розрахунок ведеться по надлишку тепла, вологи або за кількістю виділяються шкідливих речовин (пилу, газів, парів). При одночасному виділенні в приміщенні тепла, вологи і шкідливих речовин необхідний повітрообмін повинен встановлюватися по переважаючої шкідливості.

Джерелами електромагнітних полів є струмоведучі частини діючих електроустановок. Вплив електромагнітних випромінювань на організм людини призводить до порушення нервової і серцево-судинної систем, до змін у складі крові. Ступінь впливу залежить від діапазону частот, інтенсивності, тривалості випромінювання. Інтенсивні надчастотні випромінювання викликають патологію різних органів.

Критерієм безпеки для людини, що знаходиться в електромагнітному полі, прийняті допустимі напруженість електричного поля E в кіловольт на метр (кВ/м) і напруженість магнітного поля H або (мТл, мкТл) і амперах або кілоампер на метр (А/м, кА/м).

Електромагнітні поля характерні для багатьох виробничих процесів. Накопичення електромагнітних зарядів відбувається на різних поверхнях, в тому числі на одязі працівників, що створює поле високої напруженості, що обумовлює

електричні розряди. У вибухонебезпечних виробництвах, пов'язаних із застосуванням горючих газів, легкозаймистих і горючих рідин, іскрові розряди електрики можуть викликати вибух і пожежа. При певних умовах розряди електрики є причиною травм обслуговуючого персоналу.

Як правило, застосовують поглинають екрани[56]. Для відображають екранів використовуються головним чином матеріали з великою електричну провідність (мідь, латунь, алюміній і його сплави, сталь). Ефективність екранування, тобто ступінь ослаблення електромагнітного поля, зростає зі збільшенням частоти коливань електромагнітних випромінювань і майже не змінюється в залежності від того, виготовлений екран з суцільного металевого листа або сітки.

4.3 Явища електризації нафтопродуктів

Світлі нафтопродукти мають здібність електризуватися, накопичувати та зберігати електричний заряд. І якщо при цьому над поверхнею рідини утворюється вибухонебезпечна суміш, то розряд статичної електрики здатний викликати пожежу або вибух.

Виникнення заряду статичної електрики відбувається при деформації, подрібненні (розбризуванні) речовин, відносному переміщенні двох тіл, що знаходяться в контакті, шарів рідких або сипких матеріалів, при інтенсивному перемішуванні, кристалізації, випаровуванні речовин.

Можливість накопичення небезпечної кількості статичної електрики визначається як інтенсивністю виникнення, так і умовами стікання заряду.

При відсутності необхідних умов для стікання заряду відбувається його накопичення, яке може призвести до:

- виникнення іскрових розрядів (електростатична іскробезпека);
- безпосереднього впливу на людину (дія електростатичних полів та іскрових розрядів);

- шкідливого впливу на технологічний процес або матеріали, які переробляються.

Ступінь електризації поверхні речовин вважається безпечним, коли вимірне максимальне значення поверхневої щільності заряду, напруженості або потенціалу на будь-якій ділянці цієї поверхні не перевищує гранично допустимого значення для даної зарядженої речовини, навколишнього середовища та середовища, що може проникнути до об'єкта.

Швидкість руху матеріалів в апаратах та магістралях не повинна перевищувати значень, які передбачені проектом.

Опір заземлюючих пристроїв, які призначаються виключно для захисту від статичної електрики, допускається не вище 100 Ом. Всі металеві та електропровідні неметалеві частини технологічного обладнання повинні бути заземлені незалежно від того, чи приймаються інші заходи захисту від статичної електрики.

Неметалеве обладнання вважається електростатично заземленим, якщо опір будь-якої точки його внутрішньої поверхні відносно контуру заземлення не перевищує 10^7 Ом.

Вимірювання цього опору повинні проводитися при відносній вологості оточуючого повітря 50 ± 5 % і температурі $23 \pm 2^\circ\text{C}$, причому площа стикання вимірювального електроду з поверхнею обладнання не повинна перевищувати 20 см^2 , а розташовуватися при вимірах електрод повинен в точках поверхні обладнання, найбільш віддалених від точок контакту цієї поверхні з заземленими металевими елементами, деталями, арматурою.

Для зниження до безпечного значення щільності заряду в потоці рідини, яка має питомий об'ємний електричний опір більше 10^9 Ом·м, при необхідності транспортування її по трубопроводах зі швидкостями, які перевищують безпечні, необхідно застосовувати спеціальні пристрої для відведення заряду.

Пристрої для відведення заряду з рідкого продукту повинні установлюватися на завантажувальному трубопроводі безпосередньо коло входу в апарат, що заповнюється.

Рідини повинні подаватися в апарати, тару повним перерізом труби таким чином, щоб не допускати їхнього розбризкування розпилення. Наливання рідини вільно падаючим струменем не дозволяється. Відстань від кінця завантажувальної труби до дна приймальної посудини не повинна перевищувати 200 мм, а коли це неможливо, то струмінь повинен бути направлений уздовж стінки. При цьому форма кінця труби та швидкість подачі рідини повинні бути вибрані таким чином, щоб запобігти її розбризкуванню[50].

На складі ПММ широко застосовують заземлення всього устаткування, спеціальні присадки і нейтралізатори заряду.

Заземлення призначене для умикання всього устаткування в єдиний електричний ланцюг із метою вирівнювання потенціалів між частинами системи, між системою і землею. Надійне заземлення виключає іскровий розряд між елементами обладнання і знижує час релаксації заряду в ємкостях. Заземлення ще і знижує імовірність виникнення наведених потенціалів, струмів індукції, є досить ефективним засобом зниження небезпек, зв'язаних із зарядами статичної електрики.

Пристрій заземлень, порядок їхньої експлуатації і їхніх електричних характеристик регламентуються відповідними інструкціями. Забезпечення надійного заземлення пересувних засобів заправки і транспортування палива є однієї з найголовніших посадових обов'язків водіїв, заправників і працівників складу ПММ.

Нейтралізатори зарядів статичної електрики дозволяють швидко відвести заряд у землю. Конструктивно нейтралізатори виконують у формі камери, що має з'єднуючі фланці й електроди у виді струн або голок[45]. Камеру виконують так, щоб швидкість плин палива в ній була значно менше, ніж у трубопроводі, а кількість електродів підбирають таким, щоб можливо більший об'єм палива контактував із ними при плинні. Нейтралізатори встановлюють у системах після устаткування, що викликає найбільшу електризацію. Таким устаткуванням є фільтроелементи.

Нейтралізатори високоефективні. На однім із них отриманий такий результат: щільність заряду на вході складала 1650 мкКл/м^3 , на виході усього лише 150 мкКл/м^3 при середній швидкості плин палива через нейтралізатор $1,7 \text{ м/с}$. Цей іспит показав,

що коефіцієнт нейтралізації зарядів склав 85-95 %. Він забезпечує безпечну заправку з подачею 2000 л/хв стосовно паливозаправника ПЗ-22.

4.4 Пожежна безпека

Хімічна лабораторія - місце, в якому правила техніки безпеки необхідно дотримуватися неухильно. Перш за все, приміщення має бути обладнане всією необхідною технікою, меблями, вентиляцією і водопроводом.

Кожен присутній в лабораторії повинен дотримуватися таких вимог:

- Попередньо пройти інструктаж з технічної та пожежної безпеки.
- Вміти користуватися засобами пожежогасіння, знати їх розташування.
- Вміти користуватися аптечкою і знати її розташування. Обов'язкове вміння надати першу допомогу при опіках (хімічний), і отруєннях.
- Знати особливості вихідних реактивів і речовин, що утворюються.
- Застосовувати засоби індивідуального захисту.
- Після закінчення роботи прибрати лабораторію, відключити газопостачання, електрику, воду.

Заборонено робити наступне:

- Працювати в лабораторії в поодиночку. Допускається одночасне перебування в приміщенні як мінімум двох осіб.
- Використовувати для дослідів брудний посуд. Лабораторний посуд повинна бути ретельно вимита відразу ж після закінчення роботи.
- Залишати без нагляду включене обладнання, електричні плити, газові пальники.
- Застосовувати реактиви в посуді без етикеток.
- Кидати в раковини будь-які тверді предмети (папір). Зливати в раковини легкозаймисті, горючі, хімічно активні рідини (такі як соляна кислота технічна).

4.5 Типовий розрахунок допустимого часу робіт при електромагнітному випромінюванні

У відкритому розподільчому пристрої, де розташована апаратура з напругою $U = 500$ кВ, що живиться змінним струмом промислової частоти 50 Гц належить планова робота на ряді ділянок з підвищеною напруженістю електричного поля. Робота буде проводитися без застосування захисних засобів - екранують костюмів, екранів.

Тривалість роботи складає на ділянці А, де напруженість електричного поля $E_A = 10$ кВ/м $t_{EA} = 40$ хвилин; на ділянці Б, де напруженість електричного поля $E_B = 8$ кВ/м $t_{EB} = 60$ хвилин. Визначити фактичний час виконання робіт t_{EC} для третьої ділянки С, де напруженість електричного поля $E_C = 6$ кВ / м, а також загальний час виконання робіт.

У робочій зоні, яка характеризується різними значеннями напруженості електричного поля, перебування персоналу обмежується граничним часом, $T_{гран} \text{ :}$

$$T_{гран} = 8 * \left(\frac{t_{E1}}{T_{E1}} + \frac{t_{E2}}{T_{E2}} + \dots + \frac{t_{En}}{T_{En}} \right) \quad (4.1)$$

де t_{E1n} і T_{E1n} - фактичне і допустиме час (в годинах) перебування персоналу в конкретних зонах з напруженістю поля - E_1, \dots, E_n .

Допустимий час T_E (вимірюється в годиннику) перебування персоналу в зонах з напруженістю поля E (вимірюваного в кВ / м) визначається за формулою:

$$T_E = \frac{50}{E} - 2 \quad (4.2)$$

Тоді з формули 4.2 визначимо допустимий час перебування персоналу в зонах А, В, С:

$$T_{EA} = \frac{50}{10} - 2 = 3 \text{ години} \quad (4.3)$$

$$T_{EB} = \frac{50}{8} - 2 = 4,3 \text{годин}$$

$$T_{EC} = \frac{50}{6} - 2 = 6,3 \text{годин}$$

Підставивши отримані значення в формулу 4.1 і вважаючи, що $T_{\text{гран.}}$ не повинно перевищувати 8 годин (тобто $T_{\text{гран.}} = 8$ годин), знаходимо, що шуканий фактичний час перебування персоналу в зоні С становить:

$$8 = 8 * \left(\frac{0.6}{3} + \frac{1}{4,3} + \frac{t_{EC}}{6.3} \right) \quad (4,4)$$

або $t_{EC} = 3.6$ години.

Таким чином час роботи на ділянці С не повинна перевищувати 2 години, а загальний час роботи на всіх трьох ділянках не повинна перевищувати:

$$t_{\text{общ}} = t_{EA} + t_{EB} + t_{EC} = 0.6 + 1 + 3.6 = 5.2 \text{год.} \quad (4,5)$$

Висновок до 4 розділу

Було проаналізовано ряд виробничих чинників які можуть впливати на результати дослідження. Також для запобігання негативного впливу при роботі в лабораторії необхідно мати сертифікований одяг та засоби індивідуального захисту. Для безпечного проведення експерименту необхідно зважати на такі фактори, як: мікроклімат та вологість у приміщенні, освітлення та наявність справної витяжної системи, також при роботі з паливом та іншими небезпечними речовинами звертати увагу на наявність ємностей для зливів, та засобів пожежогасіння.

Також був проведений типовим розрахунок допустимого часу роботи при електромагнітному випромінюванні, та виявлено, що загальний час роботи на трьох ділянках не повинна перевищувати 5,2 години.

5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Актуальні питання щодо використання альтернативних палив

За останні роки зростає забруднення навколишнього середовища, погіршується екологічна обстановка через підвищеного споживання енергії з мінеральної сировини разом із швидким виснаженням викопних ресурсів і високих ціни на них привели до пошуку альтернативних видів палива, одержуваних з поновлюваних джерел [58].

Найбільш пріоритетними видами рідкого біопалива є біодизель і біоетанол. Біодизель є сумішшю моноалкільних ефірів природних жирних кислот, які володіють властивостями горючого матеріалу і одержуваних в результаті алкоголізу жирів тваринного або рослинного походження, які у величезній кількості скупчуються на підприємствах харчової промисловості. Біоетанол – етанол, який являє собою зневоднений етиловий спирт максимальної міцності (99,5°). Біоетанол отримують переробкою будь-якої рослинної сировини з високим вмістом крохмалю або целюлози. Один з найбільш поширених способів виробництва – бродіння [59].

Уже зараз в таких країнах як Швеція, Фінляндія і США норми по викиду шкідливих інгредієнтів настільки посилені, що можливості виконання відповідних вимог тільки за рахунок організації робочого процесу двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) практично вичерпали свій резерв. Подальший розвиток в даному напрямку без застосування пристроїв по очищенню відпрацьованих газів стає важко виконуваним. Одночасне зниження шкідливих речовин та димності у відпрацьованих газах вимагає різних, часом несумісних між собою, заходів, що істотно ускладнює вирішення проблеми зниження шкідливих продуктів у відпрацьованих газах [57].

Нині, ціна пального досить велика, а екологічному аспекту приділяється значна увага, тому можна сказати, що магнітна обробка вуглеводневих палив досить актуальна з боку зменшення шкідливих викидів в атмосферу, витрати палива, а також підвищення експлуатаційного терміну служби двигунів. Раціональне рішення проблеми обробки вуглеводневих палив можливо при використанні комплексу

прогресивних пристроїв і вузлів. У систему комплексного очищення вихлопних газів можуть входити прилади магнітної обробки палива перед подачею його в камеру згоряння, а також каталітичний фільтр-перетворювач палива [60].

5.2 Вплив якості палив на стан навколишнього середовища

В останнє десятиліття почався інтенсивний рух за поліпшення екологічної ситуації в усіх сферах людської діяльності. Авіація - не виняток з цих правил. Говорячи про екологічну безпеку реактивного палива, слід відзначити, що воно повинно надавати мінімальний вплив на навколишнє середовище на всіх етапах його експлуатації (виробництво, транспортування, зберігання, заправка ЗС і безпосередньо використання). Особливо гостро стоїть питання про викиди продуктів згоряння палив в атмосферу.

Сучасна авіація - один з основних споживачів нафтових ресурсів у вигляді авіабензину. Більша частина парку ЦА використовує паливо для ПРД і тому відповідальна за 2% світової емісії CO₂ [62]. Як і в разі автомобільних палив, кінцевим продуктом згоряння палив для ПРД є відпрацьовані гази, що містять ряд шкідливих речовин, серед яких слід виділити чадний газ, оксиди сірки, азоту, неспалені вуглеводні, сажа тощо [62]. Палива для ПРД повинні бути безпечними і не впливати негативно на здоров'я людини.

Якість палива для ПРД, а відповідно, і склад відпрацьованих газів визначаються природою і властивостями сировини, способами отримання базових фракцій, методами їх очищення і змішування, властивостями застосовуються присадок [63]. Традиційно палива для ПРД отримують з нафти, яка складається з вуглеводнів різних класів і містить певну кількість води, механічних домішок і деяких гетероатомних з'єднань.

Екологічні характеристики сучасних нафтових палив для ПРД визначаються, головним чином, змістом в них гетероатомних з'єднань, таких, як сірка [62]. Сірчисті

з'єднання впливають на вміст оксидів сірки у відпрацьованих газах ЛА і, отже, на їх токсичність.

Наявність в паливі ароматичних вуглеводнів також є важливим показником при оцінці його екологічних характеристик. Адже саме поліциклічні ароматичні сполуки виявляються основним джерелом сажі у відпрацьованих газах ЛА, в зв'язку з чим вміст зазначених компонентів в паливі строго нормується і підлягає ретельному контролю [61].

5.3. Порівняльна характеристика токсичності палив і її визначення

Токсичність палив і мастильних матеріалів загальновідома. Вуглеводні, оксиди вуглецю та азоту являють собою ті сполуки, які є основною причиною шкідливого впливу на біосферу при роботі двигунів внутрішнього згорання. Крім того, недосконалість методів транспортування нафти, а також технологічних процесів переробки призводить не тільки до великих втрат енергетичного потенціалу цієї виключно цінної сировини, а й до забруднення атмосфери планети, її суші, річок, морів і океанів.

У ряді країн з'явилися різні нормативи і директивні документи, які суворо обмежують викид токсичних речовин у навколишнє середовище[61].

Особливо згубно діють нафта і нафтопродукти на тваринний і рослинний світ морів і океанів. Дослідники гідросфери планети вважають, що присутність різних нафтопродуктів у водах річок, морів і океанів зменшило в них кількість живих організмів за останні 20 років приблизно на 40%.

Всі палива та мастильні матеріали відносяться до токсичних речовин, але їх токсичність різна.

До бензинів, як до самого розповсюдженого виду палива для двигунів внутрішнього згорання, давно всі звикли, але їх шкідливий вплив на живу природу, і зокрема на людину, дуже велике. При вдиханні парів бензину виникають головні болі, нудота, а при високому вмісті парів у повітрі (більше 50 мг/л) людина втрачає

свідомість, настає глибока непритомність, і якщо не вжити негайних заходів, то і смерть від паралічу дихальних центрів. Тому в приміщеннях, де можливе випаровування великих кількостей бензину (склади нафтобаз, заправні станції, лабораторії, в яких досліджують палива, проводять безмоторні і моторні випробування двигунів та їх агрегатів), повинна бути забезпечена інтенсивна припливно-витяжна вентиляція.

Токсичність бензину висока для всіх марок, але вона ще більше зростає при додаванні в нього етилової рідини, що містить тетраетилсвинець. Цей ефективний антидетонатор є одним з найсильніших біологічних отрут. Тому додають етилову рідину в бензин та інші палива тільки на нафтопереробних заводах за допомогою спеціальної автоматичної апаратури з дотриманням найсуворіших заходів обережності і захисту, під контролем спеціально підготовленого персоналу. Етилування бензинів в умовах його застосування категорично заборонено, і будь-які порушення цього порядку кримінально карані.

Незважаючи на те, що кількість додавання в бензин етилової рідини суворо обмежена діючими стандартами і не повинна перевищувати 0,5 г на 1 кг палива (у перерахунку на свинець), етиловий бензин є, так само як і тетраетилсвинець (ТЕС), сильно-діючими отрутами і поводитися з ними слід вкрай обережно.

ТЕС - сильнодіюча отрута. Всі дії, пов'язані з ТЕС, для персоналу будь-якого рівня, що не має спеціального дозволу, суворо заборонені[67].

Етилова рідина, також як і ТЕС, є сильною отрутою, і поводження з нею суворо забороняється персоналу будь-якого рівня.

Тільки люди, що пройшли спеціальну підготовку, мають офіційний дозвіл, одягнені в спеціальні захисні костюми, в протигазах, гумових чоботях і гумових рукавичках, при наявності охоронюваних приміщень, в яких прийняті всі необхідні заходи обережності і захисту, можуть бути допущені до обігу з ТЕС і етиловою рідиною. Після закінчення роботи з етиловою рідиною або ТЕС співробітники повинні пройти дегазацію, костюми та інструмент передати на зберігання, прийняти гарячий душ, потім надіти звичайний одяг і тільки після цього вступити в спілкування з іншими співробітниками.

ТЕС здатний навіть при малих концентраціях поступово накопичуватися (акумуляватися) в організмі, викликаючи дуже важкі наслідки.

При дотриманні заходів безпеки і правил поведження з етильованими бензинами отруєнь зазвичай не відбувається. Треба мати на увазі, що сполуки свинцю разом з відпрацьованими газами викидаються в атмосферу. Саме тому у великих містах і населених пунктах, а також у курортній зоні застосування етилованого бензину заборонено. Для таких міст всі марки бензину, включаючи високооктанові АІ-93 і АІ-98, випускаються в неетилованому варіанті (їх детонаційна стійкість забезпечується додаванням високооктанових компонентів). Бензин «Екстра» випускають без етилування[64].

Розглянувши особливо сильну токсичність етилованого бензину, слід зазначити, що і неетиловані бензини, особливо містять ароматичні компоненти, мають досить високий рівнем токсичності і вимагають обережного поведження. Висока випаровуваність бензинів робить особливо небезпечним вдихання їх парів.

Дизельні палива завдяки меншій випаровуваності володіють меншою небезпекою, і гострі отруєння ними відносно рідкісні. Разом з тим при його попаданні в організм людини отруєння набирають важкий характер.

Особливе місце за своєю токсичності займають палива і мастила ненафтового походження. До палив такого роду відносять спирти (метиловий і етиловий), аміак, скипидар, генераторний і природний газ. Особливо слід розглядати як найнебезпечнішої отрута метанол (метиловий спирт). Навіть нетривале вдихання його парів неминуче призводить спочатку до повної і необоротної сліпоти, потім до летального результату. При попаданні метанолу в стравохід отруєння настає ще скоріше і має більш важкий характер і, як правило, летальний результат.

Дуже небезпечний аміак, особливо при попаданні його парів в легені. Починаються важкі запальні процеси, які ускладнюються набряком легенів і призводять до летального результату. Небезпечно потрапляння аміаку в очі[65].

Необхідно пам'ятати, що одноразово виявлена гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі - величина дуже нестабільна і відхиляється як в сторону зменшення, так і у бік збільшення. Тому в приміщеннях і в зонах, де

можуть виникнути граничні концентрації небезпечних для здоров'я речовин, повинні бути забезпечені надійна вентиляція з нормальною кратністю обміну повітря, спеціальні індикатори небезпечних концентрацій токсичних речовин, а також індивідуальні захисні засоби і засоби надання першої допомоги.

Особливо високою токсичністю володіє етиленгліколь, який є складовим компонентом антифризів. Етиленгліколь при попаданні в шлунково-кишковий тракт викликає важкі отруєння; висока отруйність властива і антифризам[66].

Небезпека шкідливого впливу токсичних компонентів відпрацьованих газів на середовище існування посилюється дуже складним і різноманітним складом викидів двигунів внутрішнього згорання. У них виявлено близько 1200 різних сполук, з яких відомо тільки 200, так як вуглеводні палива і масла в процесі згорання зазнають найскладніші окислювально-деструкції-ційних перетворення.

За останні роки проведена величезна робота по зниженню викидів токсичних компонентів відпрацьованих газів[32].

5.4 Заходи покращення екологічного стану навколишнього середовища

Двигуни внутрішнього згорання є одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища токсичними компонентами відпрацьованих газів. Одним з актуальних, але недостатньо добре вивчених шляхів покращання екологічних показників двигунів вважається обробка палива і впускного повітря за допомогою електричних, магнітних або електромагнітних полів [61].

Вирішення екологічних проблем полягає в аналізі ступеня і джерел забруднення навколишнього середовища та в їх очищенні (атмосфери, води і ґрунтів, забруднених внаслідок недосконалості технологій) від токсичних компонентів (вихлопних і відпрацьованих газів) в разі перевищення в них гранично допустимих концентрацій токсичних речовин (N_2 , O_2 , CO_2 , CO тощо).

Важливу роль в поліпшенні даної ситуації може зіграти прогресивна технологія магнітної обробки вуглеводневого палива. Все зростаючий вплив людини на природу

призвів до виникнення небезпечних процесів в екосистемах біосфери, зокрема, проблеми забруднення атмосфери вихлопними газами двигунів внутрішнього згоряння. Найбільшу небезпеку становлять оксиди азоту, що приблизно в 10 разів більш небезпечні, ніж чадний газ, частка токсичності альдегідів відносно невелика і складає 4-5% від загальної токсичності вихлопних газів. Токсичність різних вуглеводнів сильно відрізняється [66].

Ненасичені вуглеводні у присутності діоксиду азоту фотохімічно окислюються, утворюючи шкідливі кисневмісні сполуки - складові смогу. Крім того, при використанні сірчистих бензинів до складу газової суміші яких можуть входити оксиди сірки, при застосуванні етилованого бензину - свинець (тетраетилсвинець), бром, хлор, їх сполуки. Вважається, що аерозолі галоїдних сполук свинцю можуть піддаватися каталітичним і фотохімічним перетворенням, беручи участь в утворенні смогу [65].

Для вирішення цих проблем можна використовувати новий метод очищення відпрацьованих газів від шкідливих домішок за рахунок забезпечення більш повного згоряння палива в двигунах. Одним з методів зниження шкідливих викидів в атмосферу є попередня обробка палива для двигунів внутрішнього згоряння в магнітних і електромагнітних полях. Повне згорання палива призводить до зниження вмісту шкідливих домішок у відпрацьованих газах, що, в свою чергу, сприяє покращенню екологічної обстановки [67].

Даний метод обробки використовує імпульс магнітного поля зі спеціально обраними параметрами ІМП для обробки палива автомобільних, авіаційних і суднових двигунів. Як показали проведені дослідження [60], така обробка призводить, до покращення згоряння палива і, як наслідок, його економії, а також зменшення вмісту продуктів неповного згоряння (токсичних і канцерогенних речовин) у вихлопі двигуна. Обробка палива ІМП призводить також до збільшення ресурсу двигуна внаслідок зменшення швидкості росту нагару на стінках циліндрів і зменшення швидкості забруднення в системі подачі палива двигуна.

Повніше згорання палива відбувається внаслідок руйнації великих фракцій (або кластерів) палива під дією електричного імпульсу, що супроводжує магнітний

імпульс. Доцільність інновації випливає з одного боку з актуальності проблеми - економії палива та зменшення забруднення навколишнього середовища, з іншого боку - високою ефективністю пропонованої технології підготовки палива до згоряння, простотою пропонованого пристрою, легкістю вбудовування установки в двигун і високим ступенем наукового опрацювання режимів магнітної обробки палива [61].

У момент перетину магнітних силових ліній при перекачуванні палива у нього змінюється структура і багато властивостей: знижуються сили поверхневого натягу, збільшується розчинність кисню в паливі, зростає ядерна поляризація (особливо водню), змінюються константи швидкості хімічної реакції горіння (швидкість горіння збільшується), зменшується детонаційна стійкість бензинів, зменшується зміна оптичної щільності і діелектричної проникності, збільшується діамагнітна сприйнятливості палива [64].

Таким чином, звертаючи увагу на метод магнітної обробки палива, магнітне поле знімає електростатичний заряд з молекул палива, яке вони отримали при прокачуванні по топливопроводам, знижує його в'язкість. При впливі магнітного поля (потрібної напруженості і величини магнітного потоку) на вуглеводневі рідини (бензин, гас, дизпаливо, мазут) відбувається поляризація палива з одночасною орієнтацією хаотично рухаються його частинок. При цьому відбувається зняття статичних зарядів палива, руйнуються молекулярні зв'язки між частинками палива. Частинки палива отримують додатковий позитивний заряд.

Різноманітні заряди палива і кисню інтенсифікуює процес їх взаємодії. В результаті цього прискорюються реакції окислення паливоповітряної суміші. Під дією магнітного поля в вуглеводневої рідини знижуються сили молекулярного тяжіння або, як їх частіше називають, сили поверхневого натягу. Це полегшує випаровуваність, розпорощення палива, що призводить до кращого розпорощення його в камері згоряння двигуна [65].

5.5 Висновки до 5 розділу

Слід зазначити, що чистота й якість палива для ПРД безпосередньо пов'язані з надійністю і безпекою роботи ПС.

Досить актуальною проблемою стало погіршення стану навколишнього середовища внаслідок процесів виробництва і використання нафтових авіаційних палив. У зв'язку з цим вчені більшості розвинених країн працюють над пошуком шляхів поліпшення екологічних характеристик палив для ПРД з метою зниження впливу їх на навколишнє середовище.

Незважаючи на високий рівень токсичності палив і мастильних матеріалів, проблема зниження їх шкідливого впливу на організм людини все ж є локальною; її рішення залежить від рівня технічної культури і комплексу заходів з техніки безпеки, які застосовує коло людей, що безпосередньо стикаються з цими продуктами.

Одним з найбільш перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є використання біопалив, тобто палив, отриманих з відновлюваної рослинної сировини. Застосування таких палив дозволить мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, а також скоротити викиди шкідливих речовин в результаті роботи ПС.

ВИСНОВОК

Під час виконання магістерської роботи було виконано такі завдання як: аналіз інформаційних джерел за тематикою роботи, встановлено доцільність вирощування рижію та ріпаку як сировини для виробництва біопалив, які мають низку переваг у порівнянні з іншими сільськогосподарськими культурами які використовуються сьогодні.

Також було проаналізовано загальні методи та прилади для дослідження протизносних властивостей палив і мастильних матеріалів. Виявлено, що механічні домішки в паливах значно впливають на знос паливної апаратури, циліндро-поршневої групи в поршневих двигунах.

Тому метою дослідження було підвищення ефективності двигунів і енергетичних установок на основі застосування електромагнітного впливу на паливо, яке надходить в двигун. Було обрано методику та лабораторні прилади для обробки палива електричним полем та установку для перевірки зношувальних властивостей авіаційних палив.

Після проведення експерименту було встановлено, що додавання біокомпонентів до складу авіаційного палива призводить до зміцнення граничної плівки та поліпшує протизносні властивості паливних сумішей. Виявлено, що естери жирних кислот рижієвої та ріпакової олій позитивно впливають на мастильну здатність нафтових палив для ПРД і можуть використовуватися з метою покращення протизносних властивостей традиційних авіаційних палив. Також було підтверджено, що обробка палива електричним полем позитивно впливає на протизносні та змащувальні властивості.

Було розглянуто заходи з охорони праці при роботі в лабораторії, що для безпечного проведення експерименту необхідно зважати на такі фактори, як: мікроклімат та вологість у приміщенні, освітлення та наявність справної витяжної системи, також при роботі з паливом та іншими небезпечними речовинами звертати увагу на наявність ємностей для зливів, та засобів пожежогасіння.

Також незважаючи на достатню токсичності палив і мастильних матеріалів, проблема зниження їх шкідливого впливу на організм людини все ж є локальною.

Серед перспективних видів вирішення проблеми є використання біопалив. Це дозволить знизити негативний вплив на навколишнє середовище, а також скоротити викиди шкідливих речовин в результаті роботи літальних апаратів.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. *Дебаков В. А.* Биотопливо / В. А. Дебаков // Биотехнология. — 2008. — №1.
2. Velarde C. Experiences from Spain in LCA. ICAO CAEP Alternative Fuels Task Force: Scope of Work. — 2014. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.obsa.org>
3. Jansen R. A.. Second Generation Biofuels and Biomass: Essential Guide for Investors, Scientists and Decision Makers / R. A. Jansen. — Wiley. — 2012. — 272 p
4. Андриевский А. П. Влияние электромагнитной обработки топлива на формирование износостойкости пар трения / А. П. Андриевский // Восточно Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 2/5 (62).
5. Biomass and Agriculture Sustainability, Markets and Policies: Sustainability, Markets and Policies // OECD Publishing, 2004.
6. Ёсимура Кацуро. Эффективность устройств магнитной обработки, используемых для улучшения сгорания топлива / Ёсимура Кацуро // НЭНРЁ ОЁБИ НЭНСЁ. — 1982. — т. 49, №3.
Звонов В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В. А. Звонов. — М.: Машиностроение, 1981
7. Костецкий, Б.И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий. — Киев : Техника, 1970.
8. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безизносность) / Д.Н. Гаркунов. — М.: МСХА, 2001. — 614 с.
9. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов. — М.: Машиностроение, 2000. — 318 с
10. Кравец И.А. Ремонтная регенерация трибосистем / И.А. Кравец. — Тернополь: Изд-во Береж. агротехн. н-та, 2003. — 284 с.
11. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность металлов при трении / Б.И. Костецкий. — К.: Техніка, 1976. — 292 с.

12. Лысиков Е.Н. Физические основы механизма воздействия внешнего электростатического поля на структуру рабочей жидкости гидроприводов строительных и дорожных машин / Е.Н. Лысиков // Вестн. Харьк. Гос. автомобильно – дорожн. техн. у-та. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – Вып. 11. – С. 44–47.

13. Лысиков Е.Н. Влияние электростатической обработки рабочих жидкостей на интенсивность износа пар трения гидроприводов / Е.Н. Лысиков // Вестн. Харьк. Гос. автомобильно – дорожн. техн. у-та. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – Вып. 12. – С. 75–79.

14. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах / Б.И. Костецкий – К.: Техніка, 1970, 396 с.

15. Кравец И.А. Трибоэлектрохимические технологии восстановления поверхностей деталей / И.А. Кравец // Вестн. машиностроения. – 1996. – № 5. – С. 40–43.

16. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения / А.С. Ахматов. – М.: Физ. гиз., 1963. – 472 с.

17. Никонов К.В. Исследование методов очистки реактивных топлив силами неоднородного электрического поля. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н., Киев КИГА, 1976.– 170 с.

18. Никитин Г.А. Исследование и оптимизация параметров электроочистителей жидкости гидравлических систем и масляных систем летательных аппаратов. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н., Москва: ГосНИИ ГА, 1978.– 180с.

19. Malygin b.v., pogorletsky d.s, vasilchenko g.u, sapronov a.a. Methods of increasing environmental safety in the process of magnetic treatment of hydrocarbon fuels for internal combustion engines./ Науковий вісник хдмі № 2 (5), 2011

20. Дудышев В. Д. Электроогневая технология-эффективный путь решения энергетических и экологических проблем / В. Д. Дудышев // Экология и промышленность России. – №3. – С. 10-15

21. Никитин Г.А. Проблемы чистоты жидкостей топливных, масляных и гидравлических систем. Учебное пособие. – К: „Знание”.

22. Яковлева А.В. Причинно-следственная связь производства авиационных топлив и состояния окружающей среды / А.В.Яковлева, С.В.Бойченко // Monografia «Systems and means of motor transport». Selected problems. Seria: Transport. – Rzeszow, 2012. – № 3.
23. Hileman J.I. Near-Term Feasibility of Alternative Jet Fuels / J.I. Hileman, H.M. Wong, I. Waitz – Santa Monica, California: RAND Corporation. – 2009.
24. Rajagopal D. Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels / D. Rajagopal, D. Zilberman. – New Publishers Inc, 2008.
25. Усатенко С. Т. Оценка эффективности электрофизической обработки топлив / С. Т. Усатенко, И. Г. Третьяков: Эксплуатационные свойства авиационных топлив – К.: Химия, 1972, вып. 3, ч.1,
26. Третьяков И. Г. Влияние магнитного поля на физико-химические свойства топлив/ И. Г. Третьяков, В. А. Баленко: Электронная обработка материалов. – 1990, №1.
27. Трение, изнашивание и смазка : справочник : в 2 кн. / под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978. – С. 400.
28. Когаев В. П. Прочность и износостойкость деталей машин: учеб. пособие [для машиностр. спец. вузов] / В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов – М.: Высш. шк., 2000. – 319 с.: ил.
29. Лысиков Е.Н. Интенсификация адсорбционной способности рабочей жидкости гидроприводов путем воздействия на нее электростатическим полем / Е.Н. Лысиков, В.Б. Косолапов // Вестн. Харьк. Гос. автомобильно – дорожн. Техн. у-та. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1997. – Вып. 6. – С. 44–48.
30. Yuan Z.G. Recent advances in electric field effects on diffusion flames in a spherically symmetric system / Z.G. Yuan, U.P. Hedge. – AIAA Papers. – 2003. – P. 1
31. Шевеля В.В. Трибохимия и реология износостойкости: / В.В. Шевеля, В.П. Олександренко. – Хмельницкий: ХНУ, 2006. – 278 с.

32. Зубченко О.М. Дослідження поведінки діелектричних рідин в сильних електричних полях / О.М. Зубченко, І.Л. Трофімов // Проблеми тертя та зношування. – К.: НАУ, 2007. – Вип. 47. – С. 95–104.
33. Никонов К.В., Карабцов Г.П. Очистка жидкостей в силовых полях. Учебное пособие. – К.: КИГА, 1990. – 48 с.
34. Никитин Г.А., Никонов К.В. Фильтрация рабочих жидкостей. Учебное пособие. – К.: КИГА, 1984. – 60 с.
35. Boichenko S. Yakovleva A. Prospects of biofuels introduction into aviation // Transport engineering and management: Proceedings of the 15-th conference for Lithuania Junior researchers. Science — future of Lithuania, 4 May 2012. — Vilnius: Technika. — 2012. — P. 90—94.
36. Iakovlieva A. V. Overview of innovative technologies for aviation fuels production / A. V. Iakovlieva, S. V. Boichenko, O. O. Vovk // Journal of Chemistry and chemical technology. – 2013. – Vol. 7. – Iss. 3.
37. Греков Л.Д. Щодо ситуації на внутрішньому та зовнішньому ринках ріпаку та її впливу на продовольчу безпеку в Україні / А.Д. Юрченко, А.В. Кузьмін. Л.Д. Греков // Національна безпека: український вимір. – 2009. – № 3(22).
38. Виноградов, Г.В. Условия и виды заедания при трении закаленной стали в углеродных смазочных средах / Г.В. Виноградов, Ю.Я. Подпольский, Н.В. Карелова // Машиностроение. – 1965. – № 5. – С. 109–114.
39. Технологические основы качества деталей машин / [А.С. Васильев, А.М. Дальский, С.А. Клименко и др.] – М.: Машиностроение, 2003. – 256 с.
40. Баженов Ю.В. Трибозлектризация масла и дизельного топлива / Ю.В. Баженов, Ю.А. Микипорис, А.Н. Павлов // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2006. – Вып. 10. – С. 24–27.
41. Морозова, В.С. Перспективы повышения экологической и экономической эффективности поршневых и комбинированных двигателей интенсификацией их работы магнитным полем / В.С. Морозова, В.С. Гун, В.Л. Поляцко // Транспорт Урала. – 2011. – № 2. – С. 106–108

42. Iakovlieva A. Improvement of ecological characteristics of jet fuels using oil-derived biocomponents / A. Iakovlieva, S. Boichenko, O. Vovk // Поступ у нафтогазопереробній та нафто-хімічній галузі: VII наук.-техн. конф., 19-24 травня 2014 р.: тези доп. – Львів, 2014. – С. 47.
43. Hileman J.I., Wong H.M., Waitz I. Near-Term Feasibility of Alternative Jet Fuels. — Santa Monica, California: RAND Corporation, 2009. — 120 p.
44. Яновский Л.С., Дмитренко В.П., Дубровкин Н.Ф. Основы авиационной химмотологии. — М.: МАТИ, 2005. — 680 с.
45. Яновский Л.С., Федоров Е.П., Варламова Н.И. Альтернативные реактивные топлива: проблемы и перспективы // Вісник НАУ. — 2009. — № 1. — С. 108—112.
46. Василенко В.Т., Терехин В.И., Карабцов Г.П. Обеспечение чистоты топлив в гражданской авиации. – К: „Знание”.
47. Яковлева А. В. Розроблення технічного регламенту щодо вимог до авіаційного бензину та палива для реактивних двигунів в Україні / А. В. Яковлева, С.В. Бойченко, А.О. Азаренкова, І.О. Шкільнюк // Вісник Національного транспортного університету. – 2014. – № 30.
48. Мельничук. М.Д. Рижій посівний як альтернатива ріпаку ярому для виробництва біодизелю / М.Д. Мельничук, Г.І. Демидась, І.В. Свистунова, Г.П. Квітко // Наукові доповіді НУБіП. – 2012. – № 2 (31).
49. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др. Под ред. В.М. Школьников. Изд. 2_е перераб. и доп. – М.: Изд. Центр «Техинформ», 1999.
50. Александров Е.Е. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей / [Е.Е. Александров, И.А. Кравец, Е.П. Лысиков, О.В. Соловьев, А.А. Тропина]. – Монография. – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – 544 с.
51. Морозов В.И. Влияние электрофизического воздействия на эксплуатационные свойства дизельного топлива / В.И. Морозов, Я.Е. Белоконь, А.И.

Окоча, С.Т. Усатенко // Исследования процессов подготовки, применения и контроля качества авиаГСМ и спецжидкостей. – К.: КИИГА, 1992. – С. 94–98.

52. Кравец И.А. Стабилизация эксплуатационных свойств органических масел для газотурбинных двигателей методом воздействия внешним электромагнитным полем / И.А. Кравец, И.Л. Трофимов, Е.Л. Матвеева, В.В. Бурыкин // Проблеми тертя та зношування. – К.: НАУ, 2006. – Вип. 46. – С. 201–209.

53. Андрієшин М.П., Марчук Я.С., Бойченко С.В., Рябокони Л.А. Газ природний, палива та оливи. — Одеса: Астропринт, 2010. — 232 с

54. Пат. № 70877. Україна. G01N 3/56. Пристрій для дослідження поверхонь тертя / Свирид М.М., Кудрін А.П., Кравець І.А., Приймак Л.Б., Бородій В.М.; – № u201115161; заявл. 21.12.2011. Опубл. 25.06.2012, Бюл. № 12 – 5 с.

55. Свирид М.М., Кудрін А.П., Задніпровська С.М., Ловейко М.Г., Морозова І.В. Пристрій для дослідження матеріалів на тертя та зношування при зворотно-поступальному русі Патент на корисну модель. № 45574, G01N 3/56, Заявка u200908003, 29.07.2009. Опубл. 10.11.2009, Бюл. № 21. – 8 с.

56. Пат. 31878 Україна. МПК (2006) F02M 27/00. Пристрій для обробки діелектричних паливно-мастильних матеріалів / І.Л. Трофімов, О.М. Зубченко, І.А. Кравець. – № 31878; заявл. 13.12.2007; опубл. 25.04.2008. Бюл. № 8, 2008р.

57. Пат. 34918 Україна. МПК (2006) F02M 27/00. Спосіб обробки діелектричних паливно-мастильних матеріалів / І.Л. Трофімов, В.В. Бурикін, П.П. Захарчук – № 34918; заявл. 10.03.2008; опубл. 26.08.2008. Бюл. № 16, 2008 р.

58. Non-CO2 multipliers and aviation climate impact. / THE ICAO JOURNAL. – 2009

59. История магнитодинамической обработки топлива. – [Електронний ресурс]. <https://studfile.net/preview/7201467/page:2/>

60. Разработка самолетов на криогенных топливах. – [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tupolev.ru>.

61. Методы определения смазывающих свойств. – [Електронний ресурс]. <http://www.tqm.by/index.php/2011-10-13-14-10-30/77-4-metody-opredeleniya-smazyvayushchikh-svoystv>

62. Техника безопасности при работе с нефтепродуктами в лаборатории. – [Электронный ресурс]. <https://expert123.ru/tehnika-bezopasnosti-pri-rabote-s-nefteproduktami-v-laboratorii/>

63. Основы охраны труда. – [Электронный ресурс]. <https://www.protrud.com/обучение/учебный-курс/вентиляция-производственных-помещений/>

64. Основы охраны труда. – [Электронный ресурс]. <https://www.protrud.com/учебный-курс/освещение-помещений-и-рабочих-мест/>

65. Основы охраны труда. – [Электронный ресурс]. <https://www.protrud.com/учебный-курс/защита-от-воздействия-электромагнитных-полей/>

66. Влияние на организм человека электромагнитных полей. – [Электронный ресурс]. <https://ohranatruda.of.by/v-chem-sostoit-vrednoe-vliyanie-na-organizm-cheloveka-elektromagnitnyh-polej.html>

67. Нормативні акти про охорону праці. – [Электронный ресурс]. https://dnaop.com/html/2922/doc-НПАОП_63.23-5.02

ДОДАТОК А

Рис. 3.6. Робоче креслення пристрою для підвищення протизносних властивостей ПММ

