

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА АГРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

д.т.н., професор

_____ Костянтин ДЯДЮРА

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти
Освітньої програми «Агроінженерія»
За спеціальністю 208 «Агроінженерія»

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИКИ АПК

Науковий керівник:

_____ к.т.н., доц. Сергій УМИНСЬКИЙ

Рецензент: к.т.н., доц. Дмитро ПУРІЧ

Виконав здобувач денної форми навчання

Дмитро МАРИНАТ

*Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить
результати власних досліджень. Використання
ідей і текстів інших авторів має посилання
на відповідне джерело.*

_____ **Дмитро МАРИНАТ**

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет геодезії, землеустрою та агроінженерії

Кафедра Агроінженерії

Рівень вищої освіти другий магістерський

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітня програма Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Агроінженерії

Костянтин ДЯДЮРА

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Дмитру МАРИНАТУ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Тема кваліфікаційної роботи (кваліфікаційного проєкту):

« Підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив для енергетики АПК »,
науковий керівник кваліфікаційної роботи:

к.т.н., доцент Сергій УМИНСЬКИЙ

(науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

затверджені наказом ректора Одеського державного аграрного університету
№ 124 від «27» червня 2025 р.2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи : 16 грудня 2025 року3. Об'єкт дослідження: Технологічні процеси очищення та підвищення експлуатаційних властивостей4. Предмет дослідження: Закономірності зміни характеристик дизельних палив у процесі очищення.

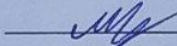
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

5.1. Теоретико-методичний розділ: Аналіз основних експлуатаційних характеристик дизельного палива та їх впливу на властивості. Аналіз впливу очищення палива від вмісту та розчиненої води.5.2. Дослідницько-аналітичний розділ: Обґрунтування способу видалення домішок із дизельного палива від дією коагулянтів. Визначення оптимальних параметрів процесу видалення дрібнодисперсних домішок із дизельного палива

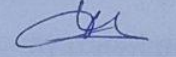
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Кількість кредитів	Примітка
1.	Визначення теми, об'єкта та предмета дослідження	Травень 2025	0,25	
2.	Отримання завдання і складання змісту (плану) кваліфікаційної роботи	Червень 2025	0,25	
3.	Складання календарного плану – графіку	Липень 2025	0,5	

	з підготовки кваліфікаційної роботи			
4.	Написання першого (теоретико-методичного) розділу кваліфікаційної роботи	Вересень 2025	2,0	
5.	Вивчення матеріалів базових підприємств	Вересень 2025	1,0	
6.	Написання другого (дослідницько-аналітичного) розділу кваліфікаційної роботи	Жовтень 2025	2,0	
7.	Написання третього (проектно-розрахункового) розділу кваліфікаційної роботи	Листопад 2025	3,0	
8.	Написання висновків, списку літератури	Листопад 2025	0,5	
9.	Перевірка кваліфікаційної роботи науковим керівником	Листопад 2025		
10.	Доопрацювання роботи після зауважень наукового керівника	Листопад 2025	0,5	
11.	Підготовка до захисту: доповідь, ілюстративний матеріал	Грудень 2025	0,5	
12.	Подання кваліфікаційної роботи на кафедру	16 грудня 2025		
13.	Перевірка кваліфікаційної роботи на оригінальність	Грудень 2025		
14.	Попередній захист на кафедрі	Грудень 2025		
15.	Рецензування кваліфікаційної роботи	Грудень 2025		
16.	Захист кваліфікаційної роботи	18-20 грудня 2025	1,5	
	Загальна кількість		12	

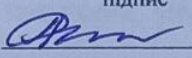
Здобувач ОС «Магістр»

 Дмитро МАРИНАТ
підпис

Науковий керівник

 Сергій УМИНСЬКИЙ
підпис

Гарант ОП

 Анатолій ЯКОВЕНКО
підпис

РЕФЕРАТ

Метою роботи є підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив за рахунок видалення домішок, розчиненої води, поліпшення змащувальних та низькотемпературних характеристик палив в умовах підприємств АПК.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив.

Предмет дослідження – закономірності зміни характеристик дизельних палив у процесі їх очищення від смол, продуктів окислення та розчиненої води, підвищення змащувальних та низькотемпературних властивостей.

Обґрунтовано спосіб видалення домішок з дизельного палива, встановлено аналітичні залежності процесу видалення смол та продуктів окислення під дією коагулянтів у полі відцентрових сил.

Визначено раціональні характеристики процесів підвищення змащування і низькотемпературних властивостей палив введенням присадок.

Проведено дослідження обґрунтованого способу очищення та технологічного процесу підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив.

Застосування обґрунтованих технологічних рішень та установки для очищення палив та підвищення їх експлуатаційних властивостей дозволяє підвищити надійність роботи двигунів тракторів, знизити витрати на ремонт та експлуатацію сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: ПАЛИВО, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ДОМІШОК, ОКИСЛЕННЯ, СМОЛИ, ЗМАЩУВАННЯ.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	2
РЕФЕРАТ.....	4
ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ.....	8
1.1 Аналіз основних експлуатаційних характеристик дизельного палива та їх вплив на знос та технічний стан двигунів.	8
1.2. Якість палив , які використовуються в сільськогосподарських підприємствах	11
1.3. Способи та засоби очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив.	17
2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПАЛИВ І ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	34
2.1 Обґрунтування способу видалення домішок із дизельного палива під дією коагулянтів.....	34
2.2. Визначення аналітичних залежностей процесу видалення дрібнодиспергованих домішок у полі відцентрових сил.....	40
2.3 Аналітична оцінка процесу очищення палив від вільної та розчиненої води.....	44
3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	49

3.1. Властивості коагулянтів для укрупнення розчинених у дизельному паливі смол та домішок.....	49
3.2. Видалення механічних домішок та смол з дизельного палива методом центрифугування та розробка способу очищення.....	58
3.3. Процес видалення розчиненої та вільної води з дизельного палива.....	66
3.4. Установка для очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельного палива.....	72
3.5. Результати випробувань способів та обладнання для очищення палив та підвищення експлуатаційних властивостей.....	79
4. . ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	87
5. БІЗНЕС-ПЛАН НА РЕКОНСТРУКЦІЮ РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ.....	103
ВИСНОВКИ.....	121
Література.....	122
ДОДАТКИ.....	126

ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Аналіз основних експлуатаційних характеристик дизельного палива та їх вплив на знос та технічний стан двигунів
2. Способи та засоби очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив
3. Загальний вигляд стенду очищення дизельного палива СОГ-913КТ1 ВЗ.

4. Схема формування плівки домішок на мікроглобулі води: H_2O – розчинена вода; S – сірка; C – смоли; T – паливо.
5. Графічне подання процесу осадження домішок дизельне паливо при його відстоюванні: 1 – без урахування укрупнення частинок; 2 – з урахуванням укрупнення (коагуляції) частинок.
6. Схема процесу утворення мікрокрапель пара з сірковмісними елементами.
7. Залежність зміни характеристик палива від концентрації сірчаної кислоти, що вноситься: вміст фактичних смол
- 8 Вид дослідного розподілу зносу кулачків дизельного двигуна.
9. Залежність зміни вмісту фактичних смол у паливі при температурі $100^{\circ}C$ від тривалості відстоювання при дії водним розчином карбаміду
- 10 Залежність зміни вмісту механічних домішок у паливі від частоти обертання ротора центрифуги..
- 11 Гідравлічна схема установки.
- .12. Зміна характеристик палива в процесі очищення та покращення експлуатаційних властивостей

ВСТУП

Сільськогосподарське виробництво є одним із основних споживачів дизельного палива. На його частку припадає понад 50% усіх палив, що виробляються в країні. Від якості дизельного палива, його експлуатаційних властивостей багато в чому залежить надійність роботи тракторів, комбайнів і автомобілів. За даними ряду провідних дослідників, палива, що купуються і зберігаються на нафтосклади сільгосппідприємств палива у 20 % випадків не відповідають вимогам стандартів за фракційним складом та вмістом фактичних смол, 30 % палив мають низькі змащувальні властивості, більше 30 % палив мають незадовільні низькотемпературні властивості, близько 20 % містять домішки та забруднення, 2 – %. У процесі зберігання палив через низький технічний стан нафтоскладів сільгосппідприємств воно забруднюється механічними домішками та водою, окислюється під дією кисню повітря та взаємодії зі стінками ємностей, схильне до негативного впливу перепаду температур, що тягне зміну його властивостей. Використання забрудненого дизельного палива призводить до місцевого зноса плунжерних пар та зменшення терміну служби насоса високого тиску в 5 – 6 разів.

Збільшення вмісту фактичних смол, продуктів окиснення в паливі може викликати підвищене нагароутворення, схильність до утворення специфічних відкладень на деталях циліндро-поршневої групи. Присутність у паливі лише 0,1 % води призводить до підвищення коефіцієнта фільтрації палива на 5 – 10 %.

Близько 40% відмов паливної апаратури двигунів тракторів відбувається через низьких змащувальних властивостей дизельних палив. Відхилення основних характеристик палив від вимог ДСТУ може збільшувати витрату палива при його спалюванні в ДВЗ на 15-20 і більше відсотків.

1. СТАН ПИТАННЯ.

1.1 Аналіз основних експлуатаційних характеристик дизельного палива та їх вплив на знос та технічний стан двигунів.

Дизельні палива є одним із найбільш затребуваних нафтопродуктів, що використовуються у сільськогосподарській техніці. Склад, властивості та якість використовуваних у двигунах тракторів та автомобілів дизельних палив значною мірою визначає ресурс та надійність вузлів та деталей паливної апаратури та циліндро-поршневої групи. Можливість здійснення високого стиснення дозволяє знизити питома витрата палива в дизелях у порівнянні з карбюраторними двигунами на 25-30%. Найважливішими експлуатаційними характеристиками дизельного палива є цетанове число, фракційний склад, низькотемпературні та змашувальні властивості, ступінь чистоти, в'язкість, наявність з'єднання сірки, вуглеводнів та металів, а також температура спалаху, що визначає безпеку застосування палива у дизельних двигунах [2]. Цетанове число визначає жорсткість робочого процесу, витрата палива та забрудненість відпрацьованих газів. Чим вище цетанове число, тим менш жорстко працює двигун. Чим вище цетанове число дизельного палива тим швидше спалахне суміш і запуститься двигун. Однак із підвищенням цетанового числа погіршується економічність двигуна та підвищується димність відпрацьованих газів [1]. Цетанове число дизельного палива залежить від його вуглеводневого складу. Нафтові вуглеводні мають невисокі цетанові числа порівняно з ароматичними. Встановлено, що чим вище температура кипіння палива, тим вище цетанове число [4], і ця залежність має лінійний характер. Однак і в тих і інших випадках можуть бути негативні побічні ефекти, від дії присадок, які

впливають на властивості палив, наприклад підвищується коксівність палива. Використання присадок і добавок до палива, що підвищують цетанове число палива при його безпосередньому застосуванні в умовах експлуатації може призвести до вкрай негативних результатів і аварійного виходу з ладу двигуна.

$$\text{ЦЧ} = 0,85\Pi + 0,1Н - 0,2 А \quad (1.1)$$

де Π , $Н$, $А$ - вміст парафінових, нафтанових, ароматичних вугілля- водень. За даними формулами можна приблизно розрахувати цетанове число, і вони не застосовні для палив з «цетановими» присадками, а також для палив, містять легкі бензинові фракції.

$$\text{ЦЧ} = 454,74 - 1641,41d + 774,74 d^2 - 0,554t + 97,803 (\lg t)^2 \quad (1.2)$$

де d – щільність при 15°C, г/см³,

t – температура кипіння 50 % - ної фракції, °C,

$\lg$ – десятковий логарифм.

Тому простежити взаємозв'язок пускових властивостей з температурою дизель- ного палива дуже складно. Вважають, що пускові властивості залежать від температури википання 50% палива і, якщо в паливі до 300°C википає більше 80%, то пускові властивості його погіршуються [3].

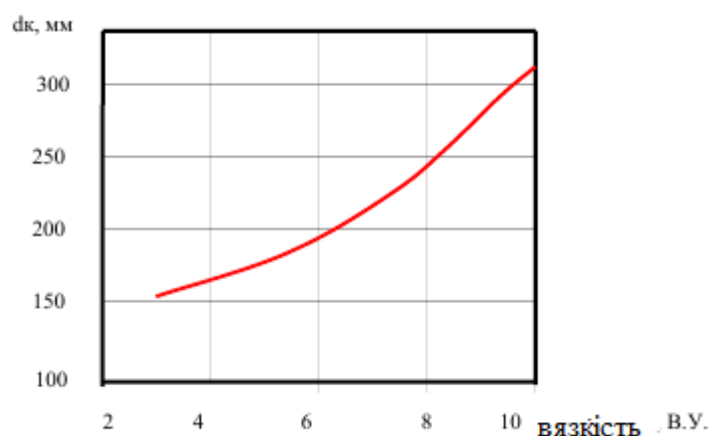


Рис. 1.1. Залежність тонкості розпилювання палива (d_k – середнього діаметра крапель) від його умовної в'язкості.

Зниження в'язкості наводить: 1. До зміни циклової подачі і зниження тиску впорскування, збільшити витрату палива;
2. До погіршення змащувальних властивостей палива, інтенсифікуючи знос плунжерних пар;
3. До підтікання у форсунках, збільшуючи нагароутворення та димність вихлопних газів.

Гранична температура фільтрації $t_{пф}$ є найважливішим експлуатаційним показником палива. У деяких випадках $t_{пф}$ може дорівнювати $t_{п}$. Додаток до палива депресорних присадок дозволяє знизити граничну температуру фільтрації на 10-15 °C та температуру застигання на 15-20 °C. Введення присадок палива не впливає на температуру помутніння. Даний факт пов'язаний з механізмом дії депресорних присадок, що полягає в модифікації структури парафінів, що кристалізуються [3]. Тобто парафінів не меншає, а змінюються їх дисперсні розміри у бік зменшення. А це своєю чергою дозволяє їм проходити через фільтри очищення палива не забиваючи пори.

При попаданні на ретельно оброблені поверхні невеликого коли- чності механічних домішок, нагару можуть утворюватися ризики та подряпини глибиною до 0,005 мм [2,14]. На нагароутворення впливають такі характеристики дизельного палива як фракційний склад, присутність асфальто-смолистих сполук, зольність, механічні домішки [1,3,5,9].

Значний вплив на корозійну агресивність дизельних палив має присутність у них сірковмісних сполук. Відомо, що органічні сірчисті сполуки, що містяться в нафті, мають температуру кипіння вище 200°C, тому вміст сірки у дизельному паливі вище ніж у бензині.

Ці з'єднання безпосередньо з металом мало взаємодіють, але при згорянні утворюють агресивні оксиди сірки SO_2 та SO_3 . При взаємодії з водою ці оксиди утворюють кислоти – сірчисту та сірчану [7]. Підвищений вміст сірки у паливі збільшує нагароутворення, що погіршує умови охолодження деталей

циліндро-поршневої групи, що викликає падіння потужності. Крім того, прискорюються процеси окислення та старіння моторного мастила [2].

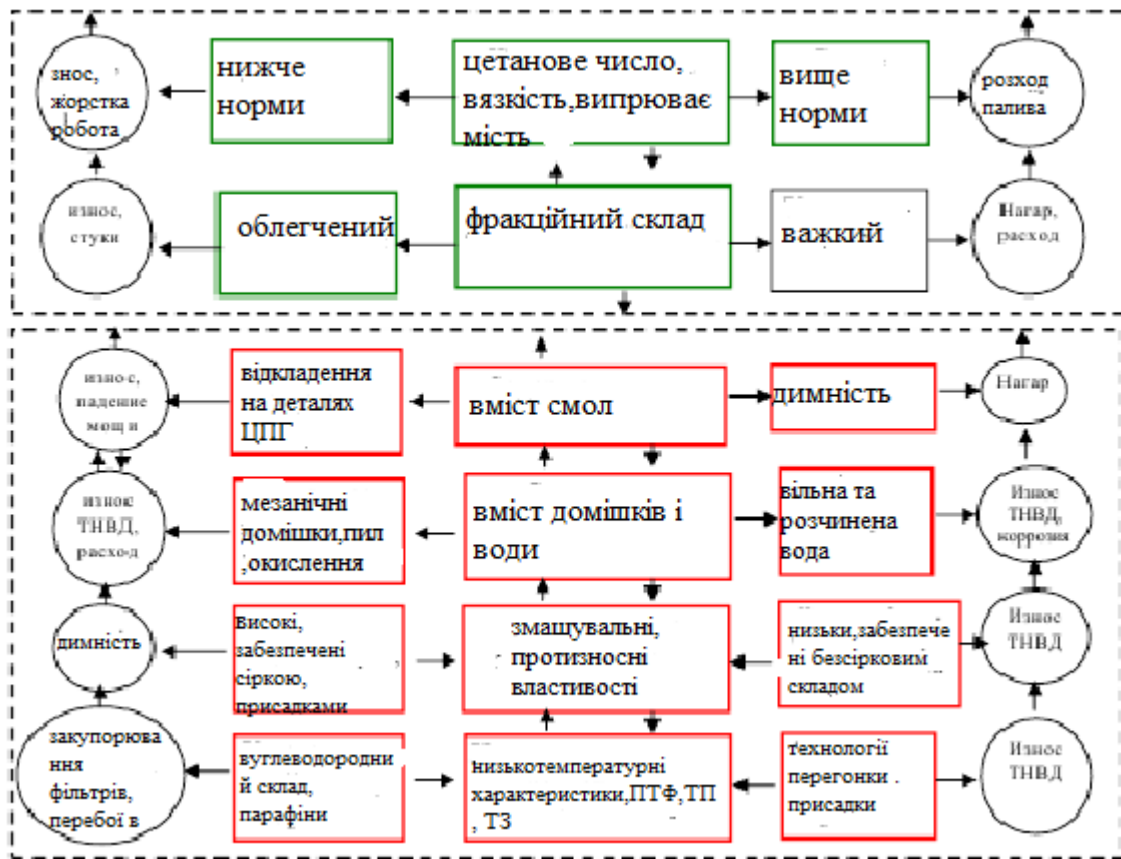


Рисунок 1.2 – Основні експлуатаційні характеристики дизельного палива та їх вплив на знос деталей двигунів та економічність роботи машин.

1.2. Якість палив , які використовуються в сільськогосподарських підприємствах.

Численними дослідженнями встановлено [1-7], що зміна якості дизельного палива відбувається практично на всіх етапах його доставки, зберігання та застосування. Цей процес обумовлений різноманіттям джерел та причин утворення забруднень у дизельному паливі. Основними з них є:

- контакт палива із повітрям; -

Утворення продуктів корозії;

- окисні процеси;

- забруднення резервуарів для зберігання, засобів транспортування, трубопроводів.

Дизельні палива можуть нести в собі забруднення вже на стадії їх напівчнення. Дизельне паливо, що надходить з нафтопереробних заводів, може містити забруднень 0,004 % (мас). Аналіз результатів досліджень забрудненості палива [12,15] показує, що в процесі їх транспортування від нафтопереробних заводів до сільського товаровиробника має місце стійка тенденція до зростання забрудненості.

Зміст забруднень збільшується зі збільшенням кількості операцій зливу та наливу, що є характерним для існуючих схем доставки палива до сільгосппідприємств [13,16]. Одним із джерел забруднення палива є атмосферний пил у дизельному паливі частки пилу можуть перевищувати 40 % від загальної кількості забруднень. Аналіз забрудненості дизельного палива під час його транспортування та експлуатації показує, що забрудненість палива в цистернах може становити до 0,03 %, а процесі експлуатації тракторів збільшуватися до 0,06-0,09 % (мас). Насамперед це пов'язано з підвищеною запиленістю навколишнього середовища, характерною для умов агропромислового виробництва.

При транспортуванні дизельного палива атмосферний пил потрапляє в нього через дихальні клапани та нещільності, коли під впливом динамічного напору повітря та вібрації автоцистерни можлива мимовільна «розгерметизація» дихальної системи. Достатньо поширеним джерелом забруднень палива є залишкові забруднення. Процес їх утворення дуже широкий, але започаткованими джерелами формування є:

- знос устаткування, що перекачує;
- корозії резервуарів для зберігання палив, засобів заправки, трубопроводів;
- утворення забруднень внаслідок фізико-хімічних процесів, в вихідних паливах.

Оцінка чистоти палива за масовим вмістом механічних домішок не дає їх якісної оцінки. Більше повна характеристика забруднень визначається їх дисперсним складом. У таблиці 1.1 наведено результати досліджень

дисперсного складу забруднень дизельного палива, що зберігається у сталевих горизонтальних резервуарах [14].

Таблиця 1.1. Забрудненість дизельного палива при його зберіганні.

показник	дизельне паливо
кількість забруднень, " кг/м ³	0,075
дисперсний склад частин забруднення (шт, дм ³)	
1-3 мкм	40410
3-6 мкм	22460
6-10 мкм	12800
10-15 мкм	8700
15-20 мкм	3640
20-30 мкм	2350
30-50 мкм	920

Аналіз таблиці показує, що основну масу забруднень становлять частинки розміром 1-3 мкм. Які дуже важко видалити відомими фізичними методами очищення. Наведені дослідження [11,14] показали, що до складу забруднень може входити залізо, кремній, алюміній, у незначних кількостях присутні мідь, нікель, ванадій. У процесі зберігання палива змінюється склад та вміст окремих елементів у забрудненнях. Наприклад, внаслідок корозії резервуарів і зносу апаратури, що перекачує, різко зростає вміст заліза в паливі. Крім того, до складу забруднень палива входять асфальтени, карбени, карбоїди, зосереджені в частках розміром менше 1 мкм і практично «розчинені» в паливі. Органічна частина забруднень складається також із глибокоокислених сірчистих, кисневих, азотистих та інших сполук [14,21]. Важливим показником якості палива, що зберігається та використовується в тракторах, є його обводненість. Як показує аналіз проб палив, взятих на нафтоскладах сільських товаровиробників, вміст води в них може бути 1,5% і більше. Найбільшу небезпеку паливної апаратури тракторів, як показав аналіз стану питання, становить емульгована чи розчинена вода. Утворення дисперсної води обумовлено конденсаційним випаданням її з розчиненої води під час охолодження нафтопродукту. При цьому конденсація та дисперсний склад емульсійної води залежить від ступеня та швидкості

охолодження, а також від співвідношення газової та рідкої фаз у резервуарі [6-12]. Встановлено, що присутність гетероорганічних сполук у паливі знаходиться вода у вигляді крапель розміром 50 мкм та більше. В емульсіях, отриманих внаслідок диспергування, у випадках перекачування насосом розмір крапель дорівнює 1-5 мкм і менше [9,13].

Розчинена вода практично завжди присутня в дизельному паливі, здатному розчиняти від 0,002 до 0,02 % води в інтервалі температур від мінус 20 °С до плюс 40 ° С. Вода знижує змащувальні властивості палива, при взаємодії із сіркою утворюються «кислі продукти». У дизельному паливі можуть бути шлами, водо-олійні емульсії, що складаються з органічного нерозчинного осаду в суміші з брудом та іржею.

Типовий склад шламу - вода (49%), паливо (38%), продукти корозії та пил (10%), нерозчинний органічний осад (3%) [16]. Смолоутворення в паливі відбувається в результаті його окислення, а інтенсивність залежить від температури та інших факторів [15]. Велика кількість забруднень, які у паливо, мають корозійне походження, досягають 20 – 30 % від загальної кількості [17]. Середній вміст забруднень у паливах прийнято вважати 100 г/т, одна- ко, як показує аналіз, ця величина у сільгоспвиробництві становить близько 200 г/т і має тенденцію до збільшення. Екологічні властивості палива згідно з інформацією нафтопереробних заводів наближаються до показників світового рівня. Проте експлуатаційні властивості палива суттєво погіршилися [16,18]. Якість палива знижується прямо пропорційно кількості операцій зливу-наливу та термінів його зберігання. До того ж у зв'язку з допуском до виробництва палив мінізаводами, що випускають продукцію найгіршої якості, але за нижчою ціною обсяг споживання некондиційних палив в АПК зростає [16]. Додаткову негативну роль цьому процесі грають недобросовісні постачальники сурогатного палива [19]. Зрештою, кількість відмов двигунів через недоброякісність нафтопродуктів збільшилася за останні 10 років у 1,5 рази. Від ефективності використовуваної технології

зберігання залежить якість палива. Якість збережених у сталевих резервуарах палив залежить від ряду факторів:

- корозійного ураження стінок резервуара;
- фізико-хімічних процесів (окислення, полімеризації, ущільнення та тощо);
- Налаштування та ефективності роботи «дихального» обладнання;
- Своєчасності проведення операцій очищення резервуарів та їх технічного обслуговування.

Водночас встановлено, що за останні 10 років технічний стан резервуарів парку нафтоскладів господарств та засобів заправки машин паливом погіршився практично вдвічі [19].

Аналізуючи стан умов баз зберігання дизельних палив у сільгосппідприємствах виявлено, що у понад 60 % обстежених господарств резервуари для зберігання палив вимагають або заміни, або проведення профілактичних операцій очищення [19]. Фрагменти технічного незадовільного стану нафтоскладу сільгосппідприємств представлені на рис. 1.3.



Рис. 1.3 – Фрагменти незадовільного технічного стану нафтоскладів сільгосппідприємств.

Загальна схема факторів, що впливають на зниження якості дизельного палива при їх перебування на нафтоскладах сільгосппідприємств, може бути представлена в наступному вигляді.

Зовнішні фактори:

- Вплив атмосфери (перепад тиску, температура навколишнього середовища) ди, дощ, сніг);
- Експлуатаційні характеристики резервуарів (частота і швидкість забруднення, температура дизельного палива, розмір резервуара та його конструкція);

- склад дизельного палива (хімічний склад палива, наявність присадок, розчиненої води, смол);
- Стан металу резервуарів, насосів, трубопроводів;
- технічний стан «дихальної» апаратури, герметичність отворів та люків.

Серед різноманіття проблем якості дизельного палива, що використовується в сільськогосподарської техніки, відокремленої є низькі експлуатаційні властивості палив та високі вимоги, що пред'являються до них для застосування у дорогих зарубіжних машинах [14,20]. Строго регламентовані показники якості палив за фракційним складу, повна відсутність механічних домішок і води, високі змащувальні властивості палив, низький вміст смол і сірки для застосування їх у складній та дорогій зарубіжній техніці ставлять завдання особливих підходів у виборі постачальника дизельного палива, умов його транспортування та зберігання, необхідності проведення операцій поліпшення експлуатаційних властивостей палив у місцях їх застосування. у сільгосппідприємствах. Підтвердженням актуальності вищевикладеної проблеми є результати досліджень деяких палив, відібраних у сільгосппідприємствах, тракторний парк яких складається з 50% зарубіжних тракторів марок JohnDeer, Claas, Fend та ін [21]. Паливо, яке не відповідає міжнародним стандартам якості за забрудненістю, вмістом смол і особливо за змащувальними властивостями, знижує термін служби зарубіжних тракторів і комбайнів на 30-40 % і збільшує витрати на їх експлуатацію та ремонт у 1,5-2 рази [5]. Так підвищений вміст сірки та фактичних смол у дизельному паливі (Вище нормативних встановлених ІСО) на 10-20% призводить до зниження термінів служби масел на 30-40% [11-19].

1.3. Способи та засоби очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив.

Палива мають недостатні змащувальні властивості. До того ж сільськогосподарське виробництво є специфічною галуззю, яка багато в чому залежить від природно-кліматичних умов, що різко змінюються. Для

поліпшення низькотемпературних властивостей палива пропонується величезна кількість. кількість депресорних присадок, на жаль, поки що не знайшли широкого застосування в умовах сільгоспвиробництва. Всі відомі способи підвищення експлуатаційних властивостей палив можна розділити на чотири напрями [8,13,18,]:

1. Очищення палив від води та механічних домішок;
2. Зниження вмісту сірки та фактичних смол.
3. Підвищення змащувальних властивостей палив.
4. Поліпшення низькотемпературних властивостей палив.

Очищення палив від механічних домішок і води поділяється на фізичні, фізико-хімічні методи на паливо, серед яких переважає очищення палива фільтрами і сепараторами різної конструкції.

Відомі способи очищення дизельного палива від смолянистих з'єднань. Спосіб включає обробку дизельного палива сірчаною кислотою, контактування з адсорбентом, як якого використовують відходи виробництва алюмінію, і пропускання через шар силікатної глини [13]. До недоліків способу слід віднести використання небезпечних здоров'ю людини і складнодоступних для сільгоспвиробництва реагентів. До того ж, цей спосіб не передбачає видалення домішок, води, сірки. А присутні в очищеному паливі невіддалені елементи кислот можуть викликати процеси окислення на деталях паливної апаратури. Спосіб комплексної обробки дизельного палива передбачає підігрів палива в процесі періодичної циркуляції по замкнутому контуру, що включає теплообмінник і роторно-дисковий вихровий апарат відкритого типу, в полі відцентрових сил якого протікають процеси механодеструкції та диспергації в середовищі, що підсмоктується з повітря. Одночасно з процесами сепарації та гомогенізації здійснюють тонку фільтрацію з тонкістю очищення 3-8 мкм та фільтрацію на багат шаровому фільтрі-реакторі [14]. Недоліками даного способу є недостатня якість очищення (3-8 мкм), складність здійснення, відсутність прийомів підвищення змащувальних властивостей палива і видалення розчиненої води.

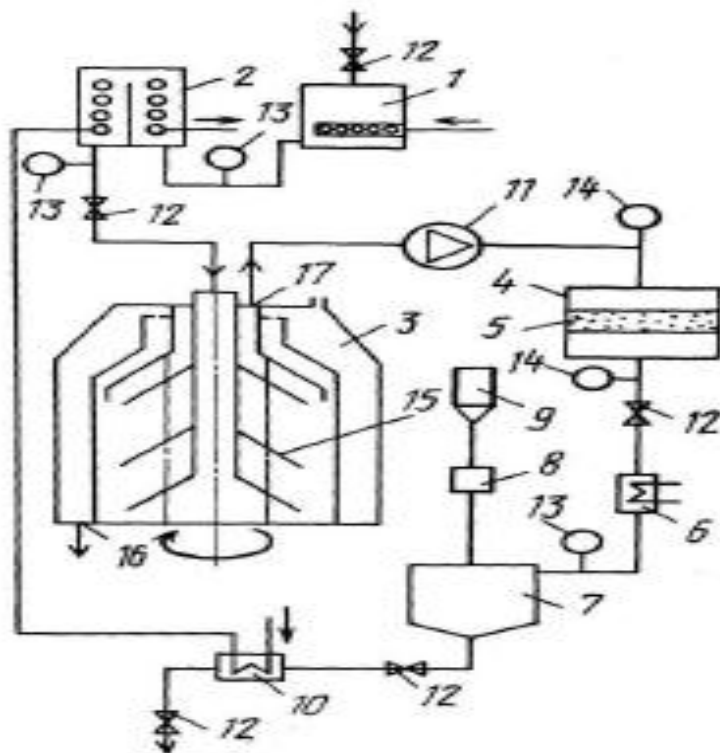


Рис. 1.5 – Схема способу комплексної обробки дизельного палива.

Спосіб обробки дизельного палива та встановлення для його здійснення може бути використаний для підвищення якості як стандартного, і некондиційного палива шляхом очищення його від смол, парафінів, води та механічних домішок. Спосіб полягає в тому, що паливо перемішують з водою, диспергують, гомогенізують водопаливну суміш, виробляють її поділ (рис. 1.6) [17]. Недоліком способу є складність його здійснення та недостатня якість очищеного палива за основними експлуатаційними характеристиками.

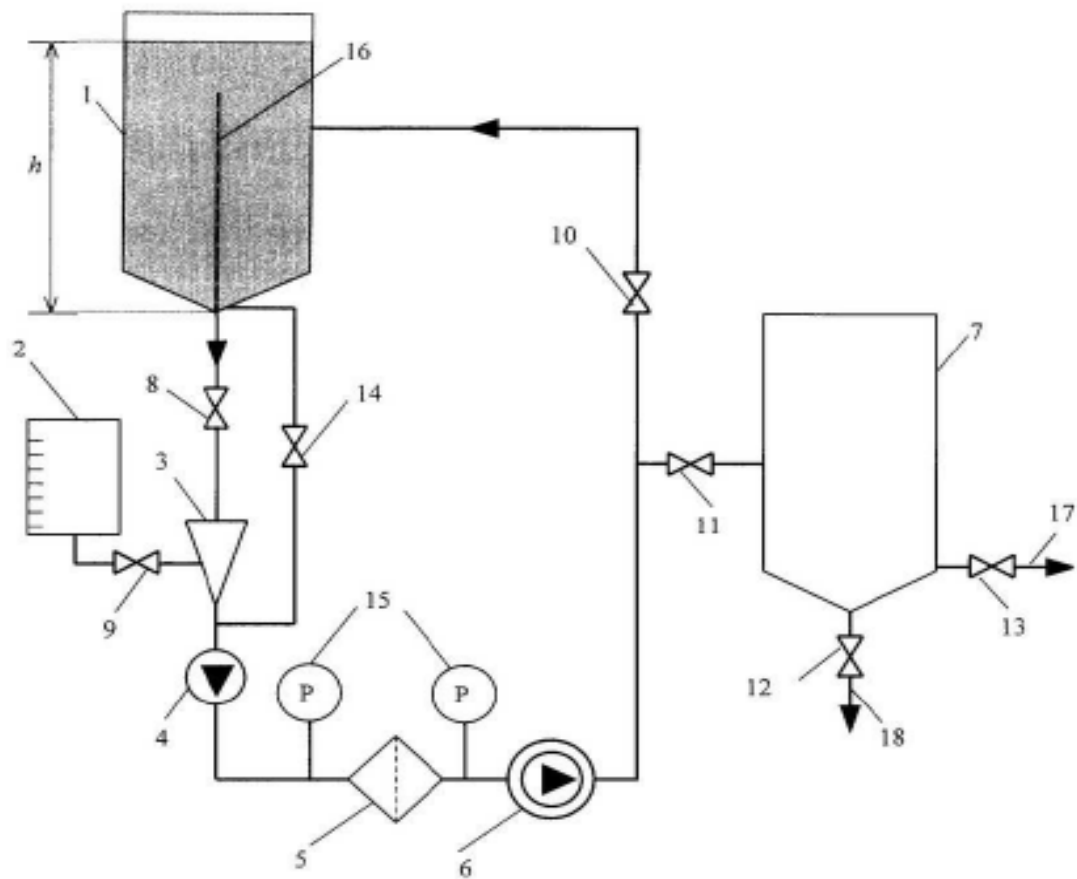


Рис. 1.6 – Схема реалізації процесу обробки дизельного палива: 1-ємність для вихідного палива; 2-розходна ємність води; 3-попередній змішувач; 4-насос; 5-фільтр грубого очищення; 6-роторний апарат з модуляцією потоку; 7-відстійник обробленої паливної суміші; 8-14-вентилі; 15-манометри; 16-заборний патрубок з радіальними отворами.

Спосіб очищення дизельного палива та встановлення для його реалізації, включає дозоване перемішування вихідного палива з водою, кавітаційний вплив на розчин і його поділ на розчин впливають фотонами світла, пропускають через магнітне поле та направляють у відстійник, рис. 1.7 [18].

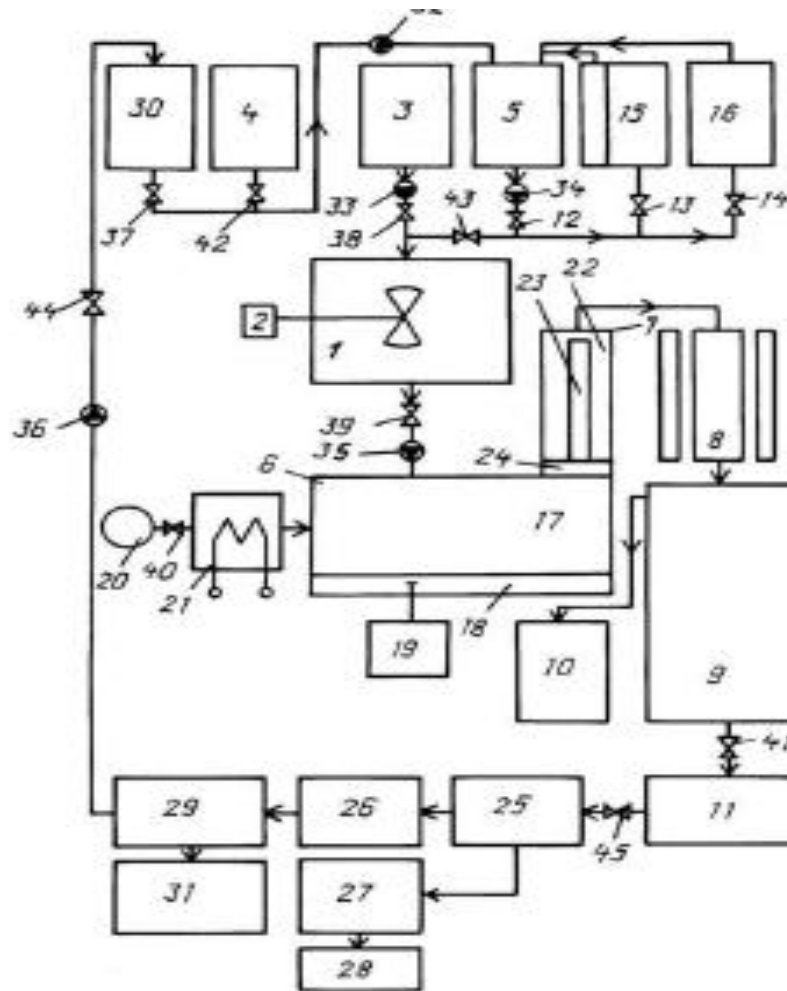


Рис. 1.7 – Схема реалізації способу очищення дизельного палива.

Відомий спосіб очищення дизельного палива, що містить камеру згоряння, укладену в корпус, фільтр, клапан, нагрівальний елемент, сигнальну апаратуру (рис. 1.8) [23].

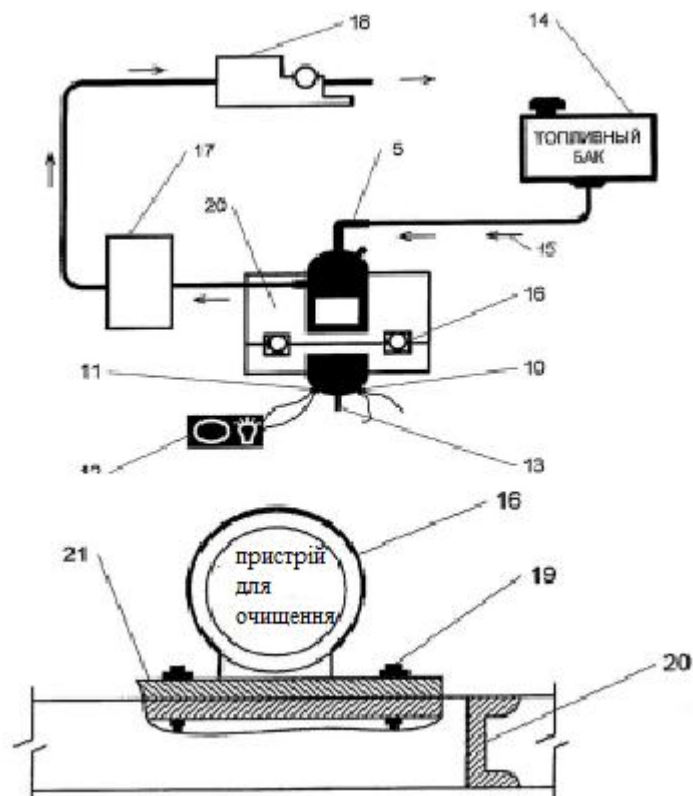


Рис. 1.8 – Схема для очищення дизельного палива.

Існує спосіб і пристрій додаткової обробки дизельного, в тому числі обводненого і забрудненого палива, що включає його попередній підігрів, сепарацію, фільтрацію і після фільтрації введення в паливо депресорних стабілізуючих присадок [20]. Недоліком способу є низька якість очищення палива від смолсодержащих сполук, а також неефективний технологічний процес внесення присадок, що не забезпечує їх рівномірне диспергування паливо і не виключає їх випадання в осад.

Розглянемо кілька прикладів обладнання, яке в принципі може бути використано для очищення дизельного палива та покращення його експлуатаційних властивостей. Комплект обладнання для очищення дизельного палива Ж5 – ТРЦП – КО призначений для зневоднення та очищення від механічних домішок продуктивністю до 1000 дм³/год (рис. 1.9, таблиця 1.2) [26].



Рис. 1.9 –Комплект обладнання для очищення моторних мастил та дизельного палива Ж5-ТРЦП-КО [21]

Таблиця 1.2 - Характеристики обладнання [21]

Модель:	Ж5-ТРЦП-КО 00.000-03
потужність по вихідному продукту ____, л/ч:	
для моторних мастил	200-500
для дизельного палива	600-1000
встановлена потужність, кВт:	22
габаритні розміри, мм:	
довжина	1920
ширина	1995
висота	400
Маса, кг:	400

До недоліків установки відноситься низька якість очищення, відсутність можливості видаляти вільну воду. «Укрбудмаш» упродовж понад 10 років випускає обладнання для очищення дизельного палива. Установка вакуумної регенерації УВР (рис. 1.10), за заявами розробників та виробників, призначена для очищення палив від механічних домішок, води, дозволяє

видаляти парафіни та сірку з дизельного палива. Продуктивність 400 л/годину [22].



Рис. 1.10 – Встановлення вакуумної регенерації УВР – 0,1.

Тонкість очищення становить 3-5 мкм.

Габаритні розміри 6060x2590x2440.

Маса 7000 кг.

Виробники установки не дають інформації про технологічний процес очищення, а також про характеристики регенованого продукту. Дане обладнання відрізняється високою металоємністю та ціною. Потреба установки сільськогосподарськими підприємствами невисока (за інформацією виробників). Установка з очищення палив (рис. 1.11) призначена для знесірювання дизельного палива із застосуванням води та природних адсорбентів каталізаторів.

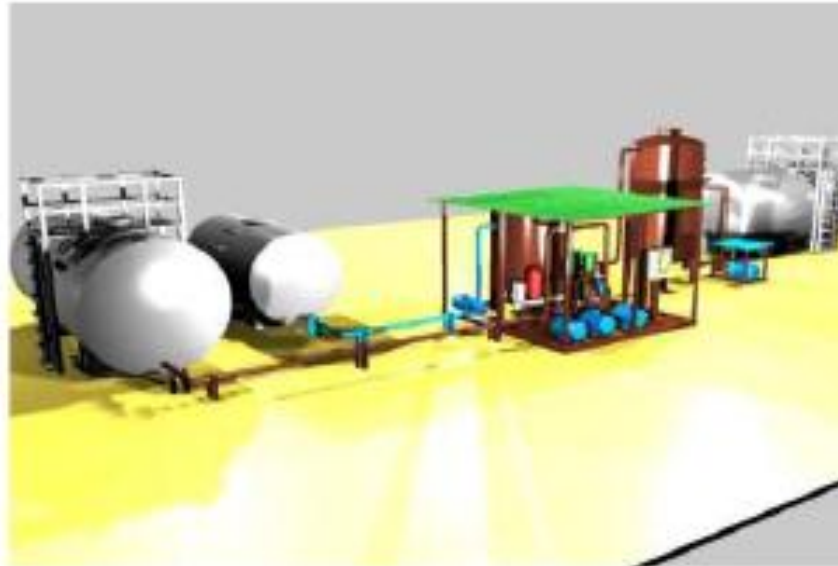


Рис. 1.11 – Встановлення очищення палив.

За заявами розробників технології досягається високий ступінь очищення від сіркоорганічних сполук, на виході паливо відповідає стандартам «Євро-3» і вище і може бути реалізовано на нафтобазах, автотранспортних підприємствах.

Використання даної технології дозволяє диспергувати парафіни на молекулярному рівні, що дозволяє знизити температуру застигання дизельного палива [13]. У матеріалах опису представлені результати випробувань, показано вплив обробки дизельного палива на вміст сірки (рис. 1.12).

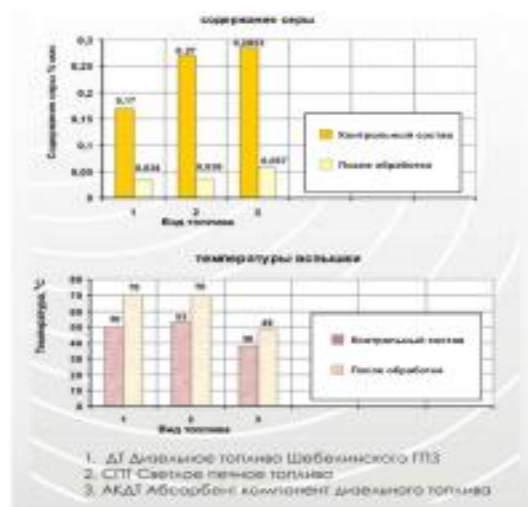


Рис. 1.12 – Вплив обробки дизельного палива на вміст сірки.

На рис. 1.13, 1.14 представлені установки для тонкого очищення дизельного палива від механічних домішок та води.



Рис. 1.13 – Установка для тонкого очищення палив.

Установки можуть бути укомплектовані різними фільтруючими та водопоглинаючими компонентами та забезпечувати ефективність очищення 99,9 % за тонкості фільтрації 4 мкм [24].



Рис. 1.14 – Установка для очищення дизельного палива від води.



Рис. 1.15 – Загальний вигляд стану очищення дизельного палива СОГ-913КТ1 В3.

Пристрій дозволяє видаляти з палива механічні забруднення та воду. [25]. Сепаратор відцентровий СЦ-3 (УОР-401У), рис. 1.16 призначений для очищення палив та мастил від механічних домішок та води.



Рис. 1.16 – Загальний вигляд сепаратора СЦ-3 (УОР-401У).

Дозволяє забезпечувати клас чистоти за ГОСТ 17121-91 4-5. Продуктивність 3000 л/година. Масова частка води у очищеному паливі 0,05%. Зміст механічних домішок у очищеному паливі 0,06% [26]. Крім стаціонарного обладнання існує досить багато фільтрів та пристроїв для очищення палива та покращення його властивостей, що встановлюються безпосередньо на двигуни. Деякі з розглянутих та характеристика їхньої ефективності представлена в таблиці 1.3. Розглянувши відомі технічні рішення засобів очищення палив та Поліпшення їх експлуатаційних властивостей можна відзначити, що майже всі вони виконують функції очищення палив від механічних домішок та вільної води. При цьому тонкість очищення палив від механічних домішок та води не завжди відповідає вимогам експлуатації, а розчинена вода практично вся залишається у паливі. У жодному з розглянутих варіантів установок не надається інформація про підвищення змащувальних властивостей палив. Конструкції відомих установок або складні та дорогі, або мають низькі характеристики щодо якості очищення, що не задовольняє вимог сільгосппідприємств та умов експлуатації сучасної сільськогосподарської техніки. Як зазначалося раніше, однією з найважливіших експлуатаційних характеристик дизельного палива є його низькотемпературні властивості, що залежать від вмісту парафінів палива. В умовах експлуатації дуже складно зменшити кількість парафінів у паливі, можна змінити лише їхню дисперсну стійкість. Для цього підприємства, що реалізують нафтопродукти, в умовах невеликих нафтосховищ проводять внесення в паливо депресорних присадок. Ця операція не суперечить умовам експлуатації, але технологічний процес диспергування депресорних присадок проводиться, як правило, без використання будь-якого обладнання або, у крайньому випадку, з використанням насоса «на кільце», що не завжди призводить до позитивних результатів.

Таблиця 1.3. – Характеристики деяких закордонних пристроїв для очищення палив та поліпшення їх експлуатаційних характеристик [17].

Депресорні присадки в основному запобігають процесу агломерації кристалів парафінів і здатні знижувати температуру застигання та граничну температуру фільтрації [21]. Серед вітчизняних депресорно-диспергуючих присадок найбільшого поширення набув препарат ДДП-Антигель. Продукт покращує дисперсну стійкість парафінових вуглеводнів у дизельному паливі при його зберіганні нижче температури помутніння [28]. Необхідне дозування ДДП – Антигель істотно залежить від характеристик дизельного палива, що обробляється, що не обумовлюється в паспорті продукції. У таблиці 1.4 представлені деякі види зарубіжних депресорних присадок та його основні характеристики.

Параметри	Вирбник FLEETGUAR	Вирбник Racor	Вирбник Griffin	Вирбник DAHL	Вирбник SEPAR
Країна виробник Модель	США	США Racor 500 FG	Сингапур Griffin GTB228	США DAHL 100	Німечина SEPAR200 0/5
Принцип сепарації	Відстій плюс просторовий - ня фільтрація	Розрядження плюс горизонтально праворуч відцентрові сили	Розрядження плюс горизонтально направл відцентрові сили	Розрядження	Вертикально праворуч відцентрові сили
Вид сепаруючого пристрою	Вільне випадіння + мем брана	депресюри - затор+циклон	депресюри- затор+циклон	депресюри- затор	циклон
Конструктивні особливості	Фільтруючий елемент і стакан зверху корпусу. Наявність підігріву від охолоджувальної рідини двиготелю	Оптимально підібрані геометричн-ські характеристики	На додаток до особливостям Racor відсутня-ність назад- го клапана в подає магістралі	Верхнє розташування вхідної/вихідної магістралей	Пристрій «циклон» вимагає найбільшого витрати топ- лива, а малий за площею фільтр тре- буде менше- го витрати палива
Фльтруючі елементи Підігрівання	2;7;10;25 мкм Так, + можливий теплообмінн від охолодж. рідини	2;10;30 мкм Комплектація з підігрівом /без	2;10;30 мкм Комплектація з підігрівом /без.	2;10;30 мкм Тільки з підігрівом	30; 60 мкм Комплектація з підігрівом /без.
Позитивні	Надійний якісний, «Вічний»	Класичний сепаратор	Високоякісна копія Racor,	Найбільш компактний ,	Розкрученість моделі.

Таблиця 1.4 – Характеристики депресорних присадок, що рекомендуються до застосування в умовах експлуатації [19].

Показники	Найменування присадки Atlant 2100	Найменування присадки Infineum R 442M	Найменування присадки Difron 3319
1. Зовнішній вигляд	Прозоре, безбарвне рідкий	Коричне рідке	Св-корич рідина
2. В'язкість кінематична при 50°C, мм ² /с (сСт)	900-2500	168 (АСТМ)	-
3. Температура спалаху, °C	165	62 хв (АСТМ)	40
4. Температура застигання палива, °C	мінус 30-35	мінус 40	мінус 30
5. Рекомендована концентрація внесення, %	0,1	0,01-0,1	0,05-1
6. Масова частка нерозчинних у толуолі домішок, %	0,05 30-40		відс
7. Масова частка активної речовини, %			

Велика лінійка депресорних присадок представляється компанією Deprolux, Keroflux [30]. Практично у всіх рекомендаціях щодо застосування депресорнодиспергуючих присадок пропонується провести операції попереднього розчинення препарату в невеликому обсязі палива з подальшим внесенням та перемішуванням в основному обсязі.

Разом з тим відомо, що ефективність роботи навіть «добре» розчинних присадок залежить від рівномірності їх внесення по всьому об'єму, ефективності дозування при внесенні в паливо, диспергування частинок присадки, що вноситься, що гарантує повне реагування компонентів по всьому об'єму, а в деяких випадках збільшує термін їх дії, розширює температур.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПАЛИВ І ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

2.1 Обґрунтування способу видалення домішок із дизельного палива під дією коагулянтів.

У процесі аналізу стану питання, основними видами забруднень дизельних палив є механічні домішки, вода, смоли, асфальтени та продукти окислення. Якщо механічні домішки і вільна вода, що утворюються в паливі в процесі його зберігання та транспортування легко видалити доступними методами та технічними засобами очищення, то продукти окислення, смоли, розчинена вода та елементи сірки відомими простими способами видалити в умовах сіль- господарського виробництва дуже складно. У першому етапі теоретичних досліджень ставиться завдання обґрунтування способу видалення розчинених домішок, смол, продуктів окислення, елементів сірки. В результаті системного аналізу визначено, що смоли та елементи сірки, присутні в дизельному паливі, мають суперечливі властивості. З одного боку вони підвищують змащувальні властивості дизельного палива, з іншого їхня присутність викликає утворення лаків і нагарів на поршнях ДВЗ, призводить до збільшення забрудненості вихлопних газів. Зниження вмісту сірки в дизельних паливах при їх виробництві, що призводить до погіршення протизносних, змащувальних властивостей палив, компенсується введенням спеціальних дорогих присадок, що значно дорожчає кінцевий продукт і є не завжди виправданим заходом, наприклад для умов експлуатації і машин, застарілих конструкцій, зі значним терміном. АПК.

При розробці способів очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив необхідно забезпечити видалення всіх

домішок з палива, при цьому зберегти або навіть підвищити його змащувальні та низькотемпературні властивості. Продукти окислення, смоли, асфальтени знаходяться в паливі практично в розчиненому стані, і видалити їх можна лише попередньо укрупнивши.

Серед відомих широко використовуваних коагулянтів дрібнодиспергованих домішок, наприклад, у мастильних мінеральних оліях слід виділити карбамід, тіомочевину, сульфат амонію, діамоній, різного роду лугу та кислоти [23]. З перерахованих вище слід відзначити карбамід, використовуваний для очищення відпрацьованих олій від смол, асфальтенів, карбенів, карбоїдів [9]. Карбамід є реакційно – здатною сполукою, що дозволяє утворювати комплексні сполуки включень із нормальними насиченими вуглеводнями. Молекули карбаміду за певних умов здатні перегруповуватися, утворюючи просторові структури під впливом Вандер – Ваальсових сил. Як робочу гіпотезу розглянемо сутність процесу, що відбувається в дизельному паливі, що містить смоли, асфальтени та продукти окислення. При введенні в дизельне паливо водного розчину карбаміду має відбуватися його рівномірний розподіл у вигляді дрібнодиспергованих глобул по всьому обсягу палива, що забезпечується ефективним перемішуванням. Внаслідок перемішування необхідна коагуляція практично розчинених у паливі або дрібнодисперсних смол, асфальтенів. Нагріванням або дроселюванням можливо забезпечити випаровування води з глобули, а частина, що залишилася, здатна до перекристалізації карбаміду з утворенням голкоподібних кристалів. Моделювання процесу внесення, перемішування та нагрівання водного розчину. Вироби карбаміду при спостереженні під мікроскопом показало на спроможність цієї гіпотези (рис. 2.1). Молекули карбаміду при взаємодії з органічними компонентами можуть перегруповуватися, утворюючи структуру, що складається з призм, що примикають один до одного. Між площинами призм утворюються канали, що заповнюються молекулами речовини, що приєднується. Вуглеводні до яких відносяться елементи смол палива мають поперечний переріз $\sim 4,0$ °А, а

поперечні перерізи каналів карбаміду $\sim 6,0$ °А, що не перешкоджає комплексоутворення. Кристал карбаміду при багаторазовому збільшенні в електронному мікроскопі показано рис. 2.2.



Рис. 2.1 – Перекристалізація водного розчину карбаміду у процесі нагріву.



Рис. 2.2 – Кристал карбаміду.

Утворення гранул або глобул в насиченому розчині відбувається вслід- ність об'єднання молекул, при якому сили тяжіння переважають над силами, що прагнуть їх роз'єднати. Гранулоглобулоутворення передус період індукції, тривалість якого відповідає часу, необхідного для накопичення критичних

концентрацій речовини [23,28]. Швидкість утворення конгломератів описується рівнянням [13]:

$$V = k_f \cdot \exp(E_f / RT) \quad (2.1)$$

де k_f - швидкість гранулоглобулоутворення;

Мінімальна енергія E_f , необхідна для утворення гранул :

$$E_f = \frac{4}{3} \pi r^2 \quad (2.2)$$

де r – радіус конгломератів.

Подальша швидкість кристалізації k_p є функцією питомої поверхні твердих частинок S та величини відносного перенасичення розчину DC [23,28]:

$$V_{kp} = \frac{S \Delta C}{\frac{1}{K_{kp}} + \frac{1}{D}} \quad (2.3)$$

де k_p – швидкість кристалізації;

K – константа кристалізації;

D – константа масового вирівнювання концентрації частинок за обсягом розчину.

Утворення аддуктів відбувається без зміни хімічних властивостей продуктів взаємодії і є утворенням сполук включення. Дані сполуки є просторовими утвореннями, в яких одні молекули виявляються включеними до порожнин інших каркасних молекул або кристалічних решіток. Карбамід утворює аддукти з парафінами C_nH_{n+1} та смолами з поперечним перерізом 3,5...4,0Å з функціональними сполуками [23]. Істотним для розширення функціональних властивостей дії карбаміду та розробки способів підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив є нейтралізація кислого середовища, оскільки водний розчин карбаміду має лужні властивості, а це може позитивно впливати на зниження процесів окислення при зберіганні палива.

Водний розчин карбаміду має захисні властивості та властивості поверхнево – активної речовини, що в нашому випадку може відігравати величезну роль. Вплив водяним розчином карбаміду на дизельне паливо створює умови утворення захисної плівки, тобто. сприяє підвищенню змащувальних властивостей палива під час роботи їх у плунжерних парах паливних насосів ДВЗ. Моделюючи процес очищення палив, можна припустити, що більш насичений розчин палива мікрочастинками водного розчину карбаміду, тим більша площа їх дотику перебуває у взаємодії з елементами або молекулами смол, сірки, присутніми в дизельному паливі. У першому наближенні схема формування смолосіркомістячої плівки на поверхні мікроглобули води полягає в наступному (рис. 2.3).

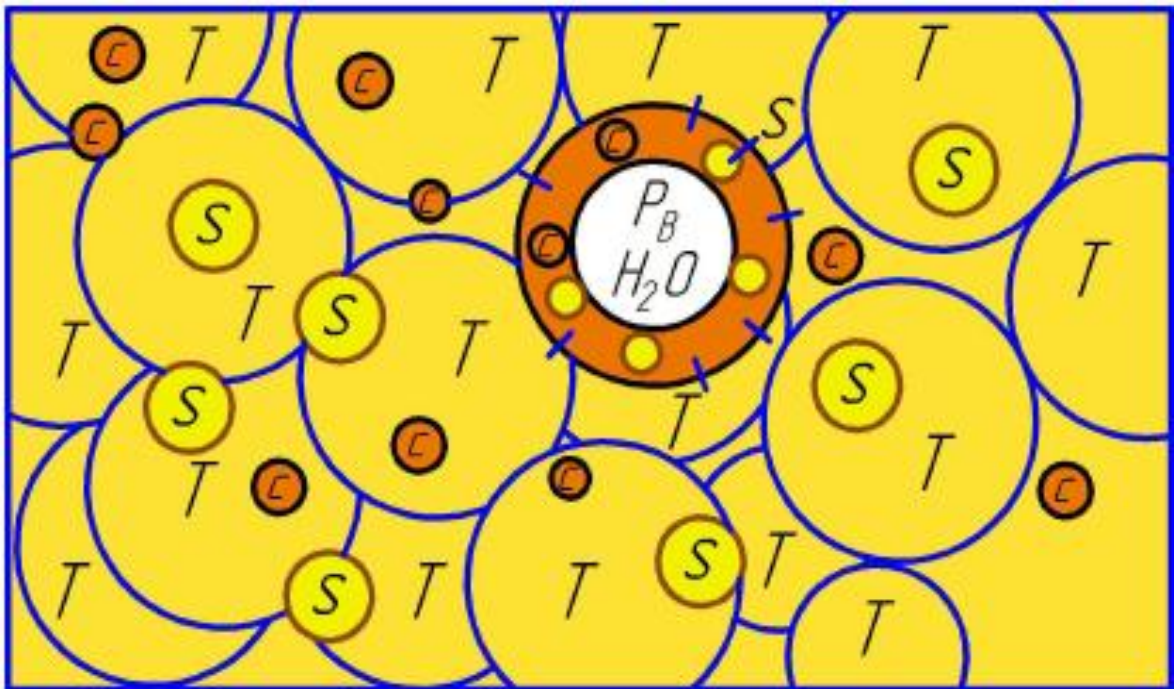


Рис. 2.3 – Схема формування плівки домішок на мікроглобулі води: H_2O – розчинена вода; S – сірка; C – смоли; T – паливо.

Мікрочастинки водного розчину карбаміду P_B , внесені в паливо T, перебувають у взаємодії зі смолами C, сіркою S.

Елементи домішок палива, стикаючись з поверхнею натягу мікрокраплі за рахунок дії сил поверхневого натягу, утримуються на поверхні глобул.

Подальше активне перемішування, коагуляція, перетворення водного розчину карбаміду з елементами домішок смол, сірки на поверхнях мікрокрапель в легкорухливе туманообразное стан створює передумови розробки способу та технічного засобу для видалення домішок смол, сірки та розчиненої води з дизельного палива. Для умов сільськогосподарського виробництва у низці найважливіших проблем ефективного використання дизельного палива відокремленою є проблема незадовільних низькотемпературних властивостей палива. Як показав аналіз стану питання, більше 30% обстежених палив мали відхилення від нормальних значень за таким показником як гранична температура фільтрації, що є основною експлуатаційною характеристикою ефективної роботи паливної апаратури в зимовий час. Високий вміст парафінів у паливі при температурі навколишнього середовища нижче -15°C призводить до їх конгломерації, припинення подачі палива в циліндри двигуна. Розчинена у паливі вода інтенсифікує цей процес. Внесення депресорних присадок, призначених зниження ПТФ і температури замерзання палива, передбачає реалізацію процесу осідання молекул депресора на кристали парафінів, що дозволяє їм агрегатуватися. При зниженні температури молекули депресорної присадки виробляють штучні осередки кристалів парафінів, притягуючи їх до себе. Розглядаючи процес підвищення експлуатаційних властивостей палива, можна припустити, що в нашому випадку, використовуючи водний розчин карбаміду, має місце процес депарафінізації, коли незначна частина парафінів видаляється в полі відцентрових сил очищення палива разом зі смолами, частина подрібнюється, дробиться і видаляється при випаровуванні води мікровибухом з подальшим. Слід також припустити, що рівномірність розподілу депресорної присадки по всьому обсягу палива відіграє важливу роль в ефективності роботи присадки, що може бути забезпечене активним перемішуванням, подрібненням та диспергуванням. Узагальнюючи все вищевикладене, для проведення подальшого теоретичного аналізу необхідна оцінка та обґрунтування процесів видалення з дизельного палива смол,

асфальтенів та продуктів окислення у процесі його очищення, встановлення залежностей процесів видалення розчиненої води з елементами сірки та парафінів, визначення раціональних параметрів процесу підвищення низькотемпературних властивостей палива.

Результати теоретичних досліджень створюють основу для проведення експериментальних досліджень щодо розробки технологічного процесу, нових способів очищення палива та підвищення його експлуатаційних властивостей в умовах сільськогосподарських підприємств.

2.2. Визначення аналітичних залежностей процесу видалення дрібнодиспергованих домішок у полі відцентрових сил.

Для видалення домішок з дизельного палива існує досить багато го відомих способів очищення (розділ 1.3) Основним з них є відстоювання, фільтрація і відцентрове очищення. цілей розглянемо можливість видалення домішок з дизельного палива фізико-хімічним методом, тобто попереднє укрупнення частинок, смол, їх коагуляція і подальше видалення в полі відцентрових сил. Щільність присутніх у паливі смол більше ніж щільність самого дизельного палива, а при коагуляції відбувається процес угруповання частинок смол і відповідно вони можуть осідати, відчувачи опір шару палива та описується відомою формулою [13,24]:

$$P_{\text{сш}} = \pi d_k g \rho_c / 6 \dots\dots\dots(2.4)$$

де d_k - діаметр скоагулованих частинок домішок, що визначається експериментально, м; g - прискорення вільного падіння, м/с²;
 ρ_c - щільність домішок смол, що приймається рівною щільністю мастила, кг/м³.

Виштовхувальна сила палива, яка визначається за законом Архімеда:

$$P_A = \frac{4}{3} \pi r_u^3 \rho_{\text{дм}} \dots\dots\dots(2.5)$$

ρ_{dm} - густина дизельного палива, кг/м³.

Сила опору шару дизельного палива, що перешкоджає процесу осадження скоагулованих частинок смол підпорядковується закону Ньютона:

$$S_{см} = \xi F \rho_{dm} v_0^2 / 2 \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

де ξ - безрозмірний коефіцієнт опору, що залежить від числа Рейнольдса,

F - площа перерізу частин, що скоагулювали, м², 0

v_0 - швидкість осадження частинок, м/с.

Виходячи з умов рівноваги $P_{см} - P_A = S_{см}$, швидкість осадження скоагулованих частинок смол у дизельному паливі матиме вигляд:

$$v_0 = \sqrt{4(\rho_c - \rho_{dm})gd_c} \quad (2.7)$$

Швидкість осадження залежить від діаметра частинок, який змінюється коагуляцією.

З часом діаметр частинок збільшується. $t_0 = 0$ – початок очищення; t_1 – завершення очищення.

Розглянемо v_0 як функцію від t: (v_0 залежить d_s , а d_s от t)

$$a = \sqrt{\frac{4(\rho_c - \rho_{dm})g}{3\rho_{dm} - \xi}}, \quad (2.8)$$

$$v_0 = \sqrt{ad_s(t)}; \quad (2.9)$$

$$\frac{dv_0}{dt} = \frac{1 \cdot a \dot{d}(t)}{2\sqrt{ad_s(t)}} \quad (2.10)$$

Тоді рівняння Ейлера для нашого випадку матиме вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{a}{2\sqrt{ad_k}} \right) + \frac{a \dot{d}_k d_k}{4\sqrt{ad_k}} = 0 \quad (2.11)$$

Відповідно, d_{κ} має підкорятися цьому рівнянню. При такій зміні діаметра частинок домішок швидкість осадження буде максимальною. З формули (2.10) видно, що швидкість осадження домішок залежить від діаметра скоагулованих частинок смол.

Коефіцієнт опору ξ для випадку, коли сталося укрупнення домішок, визначається:

$$\xi = 0,24 \mu_{\text{дм}} / v_0 d_{\kappa} \rho_{\text{дм}} \quad (2.12)$$

де $\mu_{\text{дм}}$ - коефіцієнт динамічної в'язкості палива, Па $\times$ с.

Сила опору середовища дизельного палива для умов ламінарного режим руху частинок розміром > 10 мкм підпорядковується закону Стокса:

$$S_{\text{см}} = 3\pi d_{\kappa} \mu_{\text{дм}} v_0 \quad (2.13)$$

Скориставшись рівнянням рівноваги, можна отримати розрахункову залежність визначення швидкості осадження скоагулююваних частинок домішок, смол:

$$v_0 = (\rho_c - \rho_{\text{дм}}) d_{\kappa}^2 g / 18 \mu_{\text{дм}} \quad (2.14)$$

Швидкість осадження частинок смол, отримана розрахунковим шляхом буде відли- чатися від дійсно має місце в процесі відстоювання, т.к. в нашому випадку, наприклад, при підвищенні температури палива (при його нагріванні) можуть виникати конвективні потоки, що «гальмують» процес осадження. На рис. 2.4 графічно представлено теоретичну закономірність осадження домішок залежно від часу відстоювання з урахуванням та без урахування укрупнення домішок.

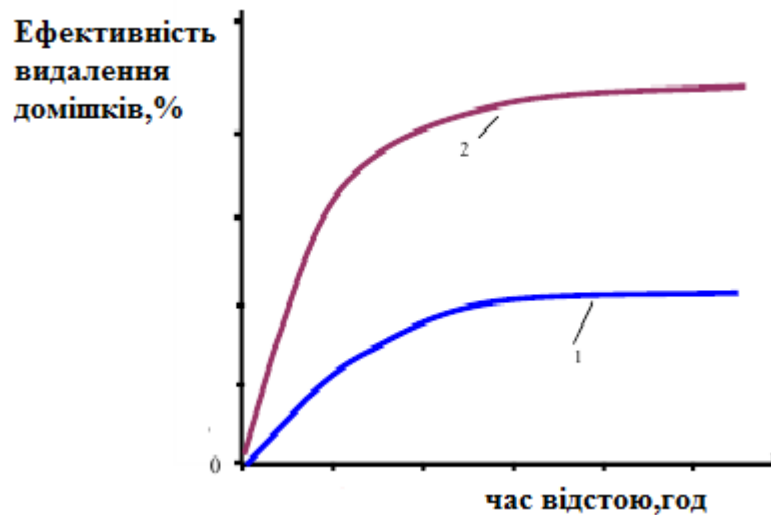


Рис. 2.4 – Графічне подання процесу осадження домішок дизельне паливо при його відстоюванні: 1 – без урахування укрупнення частинок; 2 – з урахуванням укрупнення (коагуляції) частинок.

На другому етапі очищення після укрупнення домішок у паливі передбачається використання відцентрового очисника. У разі відстоювання дизельного палива гравітаційні сили можуть бути дуже малими та недостатніми для осідання частинок розміром менше 1 мкм, навіть при їх агрегатації за допомогою агентів коагулянтів до 10 і більше мкм. Як засіб відцентрового очищення дизельного палива від смол приймемо трубчасту центрифугу (рис. 2.5). Паливо з домішками та забрудненнями надходить у барабан центрифуги А каналом 1. Очищене паливо виходить через нижні центральні отвори (сопло) 2, потрапляючи в корпус центрифуги В і далі процес повторюється.

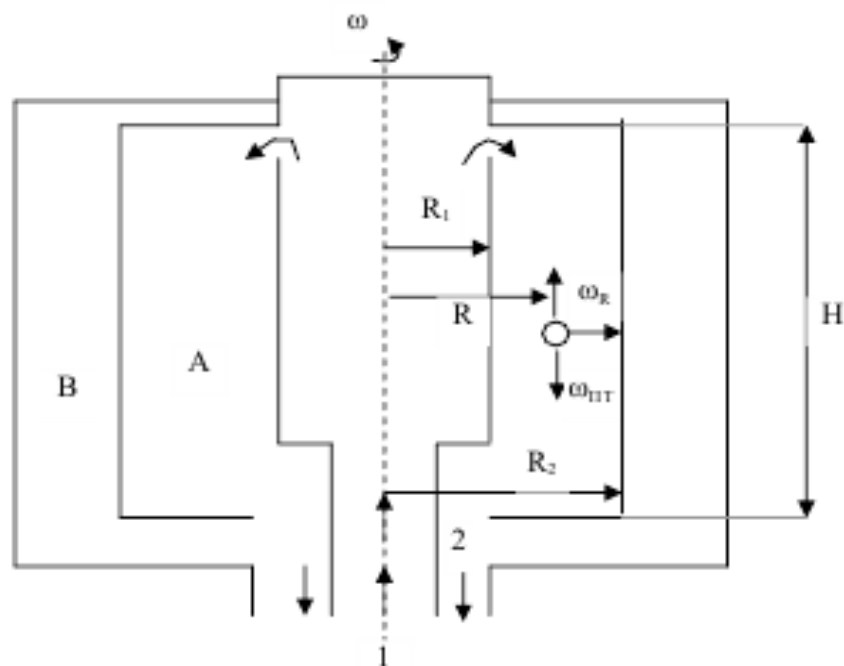


Рис. 2.5 – Принципова схема центрифугування палива.

2.3 Аналітична оцінка процесу очищення палив від вільної та розчиненої води.

Вода може перебувати в дизельному топ-ливі як у вільному, так і розчиненому стані. Процес видалення вільної води у полі гравітаційних сил є тривалим та недостатньо ефективним. Видалення води з дизельного палива різноманітних фільтрами, сепараторами і т.д. є ефективнішим методом, проте практично у всіх випадках з палива видаляється лише вільна вода. Вода розчинена, вміст якої в паливі може доходити до 0,1-0,9% не видаляється над полем відцентрових сил, не гравітаційними методами впливу. При цьому, розчинена вода за певних умов у двигуні внутрішнього згоряння при взаємодії із сіркою може бути основною причиною підвищеного зносу та корозії деталей циліндропоршневої групи та паливних насосів високого тиску. Відомі фізичні методи видалення розчиненої води з олій та топ-лив припускають нагрівання нафтопродукту вище за температуру 100°C, а це призводить до інтенсифікації окисних процесів. Повертаючись до вищевикладеного про взаємодію води з сіркою, вважатимемо недоцільним використання методу високотемпературного випарювання розчиненої води з

палива. Процес видалення забруднень з палива деяких відомих розробках [10,16] розділений на два етапи. У першому етапі паливо очищається від механічних домішок, другою етапі відбувається зневоднення палива. Причому зневоднення передбачає, як правило, видалення вільної води, а розчинена вода після очищення залишається у паливі. Розглядаючи воду, як негативний фактор забруднення палива, частіше всього апелюють значенням вмісту води у відсотках. Яскраву картинку про дисперсний стан води в паливі становлять методи найпростішого мікрофотоаналізу, який проводиться за допомогою мікроскопа з невеликою кратністю збільшення. Так, на рис. 2.6 представлені мікрофотографії проб палива, що містить як вільну воду, так і розчинену.

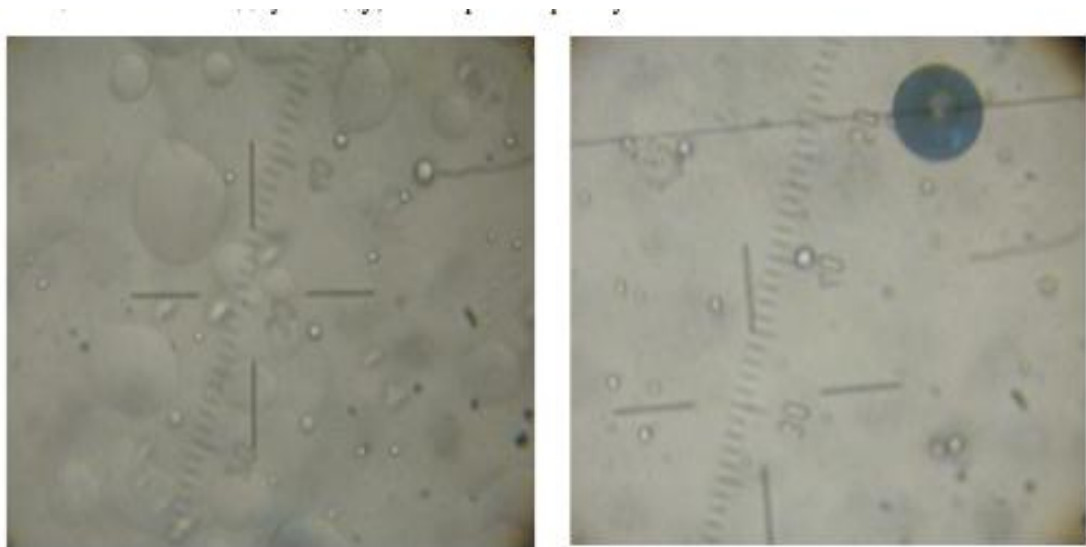


Рис. 2.6. – Мікрофотографії проб обводнених палив: а) вільна вода б) розчинена вода.

Аналізуючи палива із вмістом води 0,5 та 1,0 % відповідно (рі- сунки а, б) слід зауважити, що вільна вода в паливі може бути в дисперсному діапазоні від 10 до 50 мкм, а розчинена вода менше 1 мкм. Причому розчинена вода може перебувати у дрібнодисперсному стані і без присутності великоагрегатного стану вільної води, тобто. у такому стані, коли вода не обстоюється і не бере в облогу над полі гравітаційних сил над поле

відцентрових. Утворення пари визначає нагрівання дизельного палива для випаровування із нього води. Кількість тепла, необхідне для перетворення присутньої у паливі води на пару може бути визначена за формулою:

$$L = \frac{0.995RT \ln P}{T_1 - 1} \quad (2.15)$$

де L – теплота випаровування, кал/моль;

R - універсальна газова постійна, $R=1,99$ кал/(град·моль);

T – температура випаровування, °К;

P – тиск пари палива при температурі T_1 , атм;

T_1 – температура довкілля, °К.

У нашому випадку, закінчення нагрітого палива із сопла та різкого збільшення температури (вище 100 °С) у прилеглому до поверхні розділу фаз погра- ному шарі палива переносу імпульсу відповідає перенесення теплоти, а в прикордонному шарі пароповітряної суміші відбуваються взаємопов'язані тепло і масоперенос. При цьому для розрахунку швидкості випаровування використовують наближені методи чисельних рішень системи диференціальних рівнянь для поєднаних прикордонних шарів газової та рідкої фази. На етапі теоретичних досліджень об'єднаємо процеси осадження механічних домішок, смол, асфальтенів, сірки та процеси видалення вільної та розчиненої води, не підвищуючи температуру рідини вище 90°С, а весь процес буде проводитись за представленою на рис. 2.8 схемою.

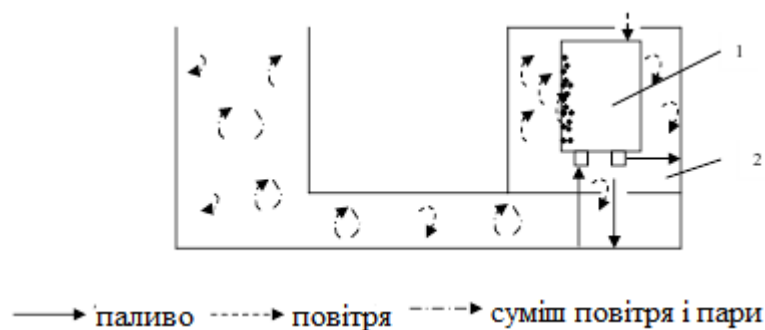


Рис. 2.7 – Схема процесу видалення вільної та розчиненої води з палива.

Паливо, виходячи з ротора центрифуги 1, ударяється об корпус 2, при цьому якщо температура палива, наприклад, становила 85°C, то при ударі струменя палива об стінку корпусу його температура може різко підвищитися на 3...5 °C, а так як ротор знаходиться у обертальному стані, утворюючи своєрідний ефект тертя, то температура може підвищити. Ефект дроблення краплі води та висока температура палива призводить до перетворення її найдрібніших частинок (менше 1 мкм) на пару. Вільна вода, що знаходиться в паливі, у дисперсному стані 10 мкм та більше буде частково дробитися при виході з сопла ротора і ударі об стінку, перетворюючись на частинки менше 1 мкм, а частково осідати в корпусі ротора (на стінках або перебуваючи близько до них у стані, що плаває).

Сучасними фізичними методами можна зробити детальне дослідження стану води в даній ситуації, проте це не є першочерговим завданням. Крім того вода, її вміст та склад змінюються в залежності і від вищенаведених фактів і через те, що в процесі очищення палива в нього додається водний розчин агента - коагулянту. Вода в паливі не є чистою водою, а містить розчинену сірку, поверхнево – активні речовини, вуглеводні – парафіни. Мікроглобула води H_2O з серопарафинсодержащими елементами S, C, потрапляючи під тиском в ротор центрифуги (рис. 2.8), виходить через сопло зі струменем палива Т, ударяючись корпус центрифуги. При значній швидкості потоку палива, високому тиску, температурі та малій відстані від моменту відриву струменя до перешкоди, мікрокрапля води «вибухає» переходячи в пароподібний стан ПВ.

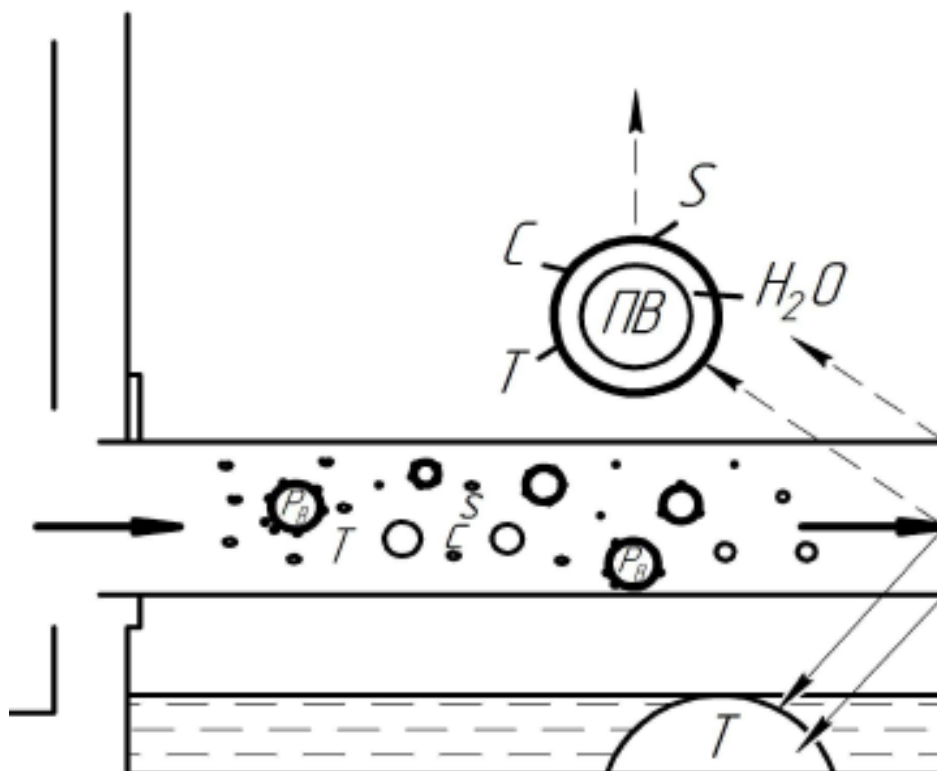


Рис. 2.8. – Схема процесу утворення мікрокрапель пари з сірковмісними елементами.

Вода закипає, перетворюючись на частинки пари, що відносяться або видаляються з простору мікрровибуху. Кількість віддалених сірковмісних сполук з палива залежить від кількості проходів палива через центрифугу. Частка пари (ПВ) має форму «кулі наповненої повітрям» з оболонкою з води, легких фракцій палива з елементами сірки S, парафінів C, смол. Відповідно до теоретичних уявлень освіти та видалення пароповітряної суміші із зони мікрровибуху центрифуги, з'являється можливість видалити з дизельного палива разом із розчиненою водою та сірку, частково смоли та парафіни.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Властивості коагулянтів для укрупнення розчинених у дизельному паливі смол та домішок.

Серед забруднень, присутніх у дизельному паливі, крім механічних домішок і вільної води, що легко видаляються фізичними методами очищення, у ньому містяться розчинені смоли, асфальтени, продукти окислення, сірка, які практично не піддаються видаленню [24,26]. Основна труднощі видалення полягає у відсутності засобів очищення палив від включень дисперсного складу менше 0,1 ... 0,5 мкм. Присутні в паливах смоли, сірка який завжди негативно характеризують якість палива, т.к. до певної міри є «змащувальними компонентами» [19,21]. З іншого боку, підвищений вміст смол, сірки, важких фракцій у дизельному паливі при його згоранні в циліндро-поршневій групі може викликати утворення лакових відкладень та збільшення зносу деталей ЦПГ. До того ж наведені вище складові дизельного палива негативно впливають на економічні показники двигуна і забрудненість вихлопу. Видалити розчинені домішки з палива фільтрами, центрифугами, сепараторами можна лише укрупнивши їхній дисперсний склад, при цьому скористатися фізико-хімічними методами очищення [21,23]. Для визначення можливості видалення розчинених домішок розглядалося кілька методів попередньої обробки палива коагулянтами, зокрема, вплив на паливо сірчаною кислотою, лугом і карбамідом.

Аналіз палива під мікроскопом з кратністю збільшення $K_{ув} = 110$ разів показує, що будь-яких включень у паливі з вмістом фактичних смол 60 мг/100 см³ та масовою часткою сірки 0,5 і більше відсотків не спостерігається. Відповідно до методики досліджень, дизельне паливо з

вмістом фактичних смол 60 мг/100 см³ і масовою часткою сірки 0,5% вносилися по черзі сірчана кислота у відсотковому співвідношенні 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5%. Температура палива становила 20 °С. Суміш перемішували протягом 0,5 години. Під мікроскопом розглядався процес коагуляції та проводилася мікрофотозйомка. Результати розгляду подано на рис. 3.1 (а, б, в, г).

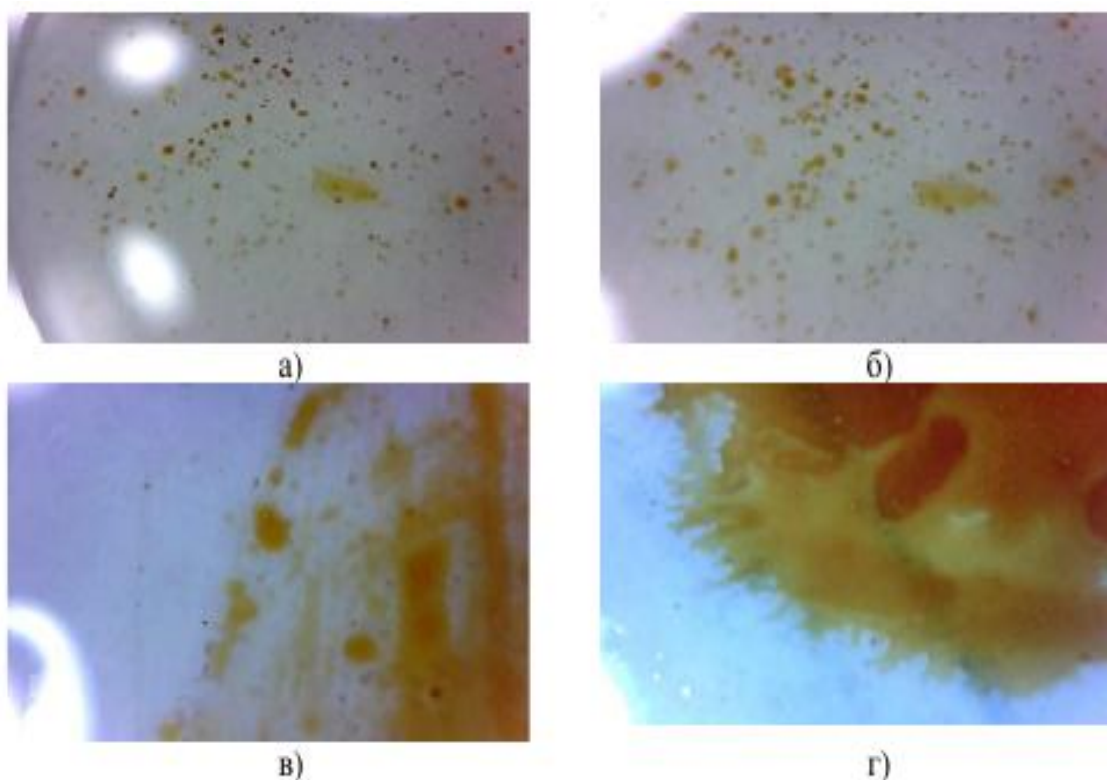


Рис. 3.1 – Мікрофотографії проб дизельного палива при внесенні до нього: а) 0,1% сірчаної кислоти; б) 0,2%; в) 0,3%; г) 0,5%.

З рис. 3.1 видно, що навіть незначна кількість кислоти (0,1 %) викликає процес коагуляції та поява конгломератів. Зі збільшенням концентрації до 0,3% спостерігається збільшення новоутворень. Так як кислота може викликати збільшення кислотності палива, була проведена її оцінка відповідно до ГОСТу, а також вміст фактичних смол в верхній частині палива, що відстояла протягом 30 хвилин.

На рис. 3.2. представлена залежність зміни характеристик палива при різній концентрації кислоти, що вноситься. Встановлено, що сірчана кислота дозволяє видаляти з палива смоли (крива 2,), проте при цьому зростає

значення (S) вмісту сірки і збільшується кислотність (K) палива, що є негативним фактом.

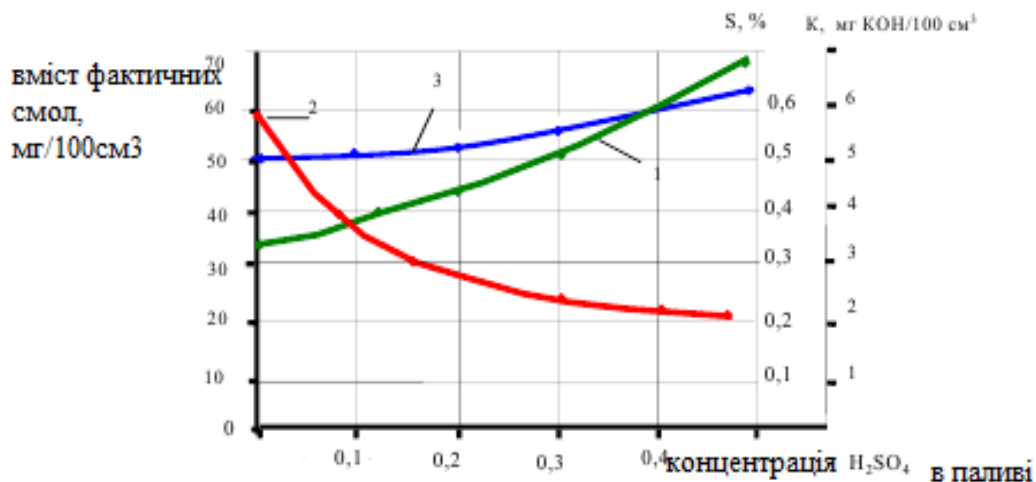


Рис. 3.2 – Залежність зміни характеристик палива від концентрації сірчаної кислоти, що вноситься: вміст фактичних смол лінія 2, найбільш активно знижується при концентрації кислоти в паливі 0,1-0,2%, збільшення процентної концентрації до 0,5 не призводить до суттєвого зниження смол у паливі.

Для розгляду як коагулянти лугів використовувалася кальцинована сода, що змішується з водою. Концентрація змішування становила 5 до 1, 3 до 1 і 1 до 1. При цьому зазначено, що при змішуванні 5 і 3 частин соди з 1 частиною води не досягається 100% розчинення соди у воді. При змішуванні соди з водою в пропорціях 1 до 1 відзначено хорошу розчинність (більше 80%). Відповідно до чого подальші дослідження проводилися з водним розчином 1 до 1, а відсоткове співвідношення водного розчину лугу до палива приймалося 0,5; 1; 1,5% мас. Паливо у суміші з водним розчином лугу нагрівалося до температури 100°C і далі температура утримувалася протягом 0,5-1 години при постійному перемішуванні. Оцінка коагулюючої здатності проводилася під мікроскопом. На рис. 3.3. представлені мікрофотографії проб палива з різною концентрацією водного внесення розчину лугу.

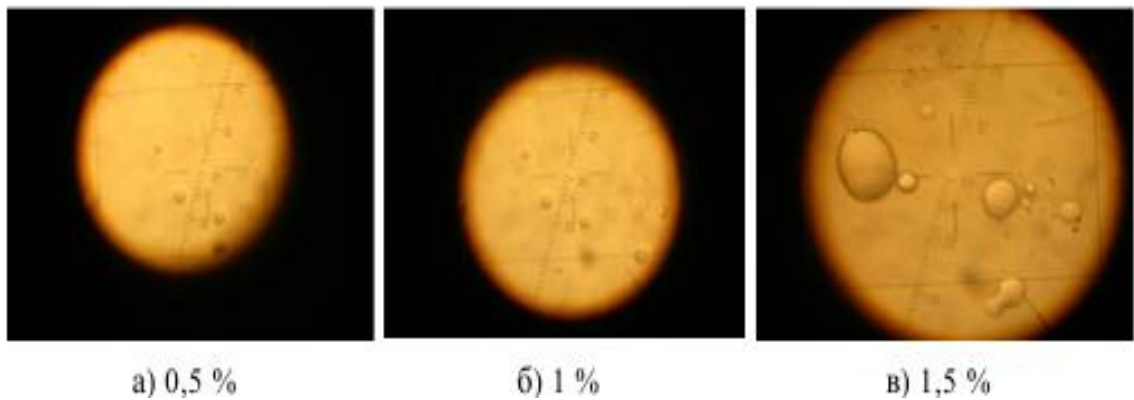


Рис. 3.3 – Мікрофотографії проб дизельного палива після внесення водного розчину лугу.

Аналіз результатів досліджень, представлених рис. 3.3. показує, що водний розчин лугу при концентрації його внесення в паливо а) 0,5%, б) 1%, в) 1,5% практично не надає коагуляційної дії на розчинені в паливі домішки. Якщо розглядати паливо як ультрадисперсну систему з розчиненими в ньому важкими вуглеводневими фракціями, сірчистими сполуками нафти і т.д., то стійкість цієї системи може бути сильно змінена введенням до неї малих кількостей електролітів. У ліофобних системах при додаванні Електроліт дуже сильно збільшується швидкість коагуляції. Виходячи з відомих теоретичних закономірностей процесів коагуляції, а також результатів досліджень з дестабілізації дисперсних систем мастил, для дослідження коагулюючої здатності розчинених у паливі домішок приймалася широковідома речовина – карбамід, що є мінеральним добривом, що використовується у сільськогосподарському виробництві. Для оцінки електролітичних властивостей карбаміду він подрібнювався та розчинявся у воді. У таблиці 3.1 наведено дані щодо зміни питомої електропровідності водного розчину карбаміду в залежності від вмісту сухої речовини в розчині.

Таблиця 3.1 – Питома електропровідність водного розчину карбаміду залежно від вмісту в ньому сухої речовини.

№ п/п	вміст карбаміду у воді %, мас	питома електропровідність водного розчину карбаміду (Ом ⁻¹ см ⁻¹)10 ⁻⁶
1	0,1	3,0
2	0,5	5,0
3	1,0	7,0
4	2,0	16,5
5	3,0	17,3
6	6,0	21,2
7	10,0	27,0
8	15,0	
9	20,0	35,6
10	30,0	42,4
11	40,0	46,0
12	50,0	49,0
13	60,0	50,0
14	70,0	51,0
15	80,0	53,0

Дані таблиці 3.1 підтверджують електролітичну здатність карбаміду. При збільшенні вмісту карбаміду у воді більше 50% електропровідність збільшується незначно, що може говорити про настання рівноважного електролітичної дисоціації. Практичні дослідження щодо оцінки коагулюючої здатності розчинених домішок у дизельному паливі під дією водного розчину карбаміду проводили на паливі з вмістом фактичних смол 60 мг/100 см³. Вихідне паливо нагрівалося до температури 80,90,100 і 110 °С, до нього вносився 50% водний розчин карбаміду у відсотковому співвідношенні 0,1; 0,5; 1; 2; 3% мас. Далі паливо перемішувалося і відстоювали 180 хв і протягом кожні 30 хв проводився відбір проби для оцінки процесу коагуляції під мікроскопом. Результати досліджень з оцінки коагулюючої здатності водних розчинів карбаміду за різної температури та різної концентрації залежно від тривалості відстоювання наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати досліджень з оцінки властивостей карбаміду

№	Концен-трація, %	Температура нагріву,	Тривалість	Характер процесу коагуляції
1	0,1	80 90 100 110	30,60,9 0, 180	Коагуляція не відбувається. Слабке укрупнення. Укрупнення частинок через 90 хв відстою. Укрупнення частинок через 180 хв відстою, та утворення плівки відстою
2	0,5	80 90 100 110	30,60,9 0, 180	Слабке укрупнення при $t=90^{\circ}\text{C}$. Спостерігається укрупнення при $t=100^{\circ}\text{C}$ через 1 годину відстою. Через 90 хв відстою укрупнення припиняється. Спостерігаються великі кон-гломерати. Через 180 хв утворюється плівка на дні сосу-так.
3	1	80 90 100 110	30,60,9 0, 180	Слабке укрупнення при $t=90^{\circ}\text{C}$ через 30 хв відстою. За-мітне укрупнення при $t=100^{\circ}\text{C}$ через 60 хв відстою. При $t=110^{\circ}\text{C}$ коагуляція припинилася. Через 1 годину відстою спостерігається тонка плівка жовто-білого кольору на дні судини з паливом. Через 2 години відстою плівка збільши-лася.
4	2	80 90 100 110	30,60,9 0, 180	Укрупнення відбувається при $t=80^{\circ}\text{C}$. У міру підвищення температури до 100 С процес посилюється. При $t=110^{\circ}\text{C}$ після 60 хв відстою утворюється плівка та товстий шар продуктів перекристалізації карбаміду.
5	3	80 90 100 110	30,60,9 0, 180	Процес утворення та укрупнення частинок починається при $t=90^{\circ}\text{C}$. Після відстою 60 хв видно шар осаду на дні ємності із паливом. При $t=100^{\circ}\text{C}$ процес укрупнення проходить швидше, ніж при $t = 90^{\circ}\text{C}$. Після 2 годин відстою на дні ємності спостерігається шар продуктів перекристалізації.

Аналізуючи результати досліджень, відзначимо, що карбамід здатний агрегувати розчинені у паливі домішки. Зі збільшенням концентрації внесеного розчину по відношенню до палива коагуляція частинок посилюється, а в процесі відстоювання по мірі зростання концентрації реагента, що розділяє, утворюється шар перекристалізованого карбаміду. На рис. 3.4 подано фрагменти мікрофотографій проб палива при внесенні до нього водних розчинів карбаміду.



Рис. 3.4 – Мікрофотографії проб палив при внесенні до нього водного розчину карбаміду: а) при концентрації 0,1%; б) при концентрації 0,5%; в) при концентрації 2%.

Проведеними дослідженнями встановлено, що раціональної концентрації цією вноситься 50% водного розчину карбаміду є значення 0,1-0,5% при температурі $t = 90-100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

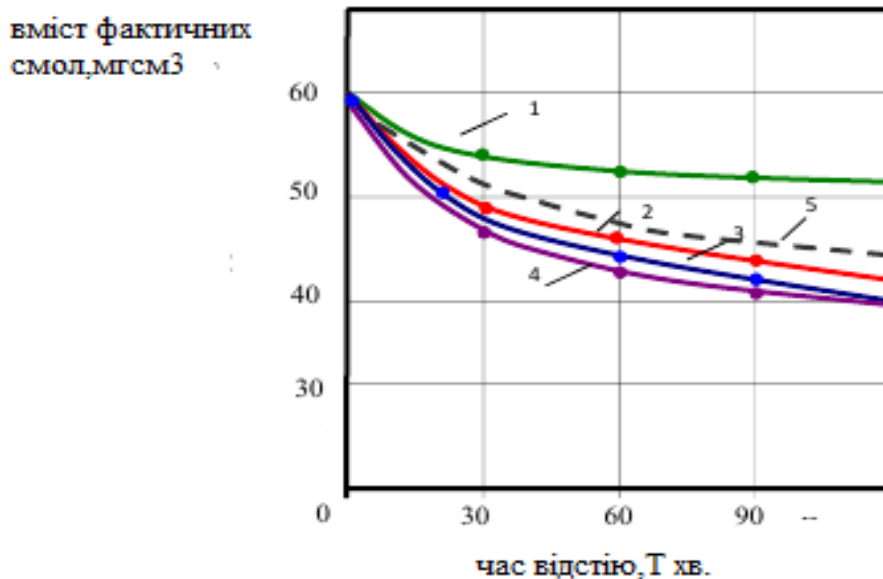
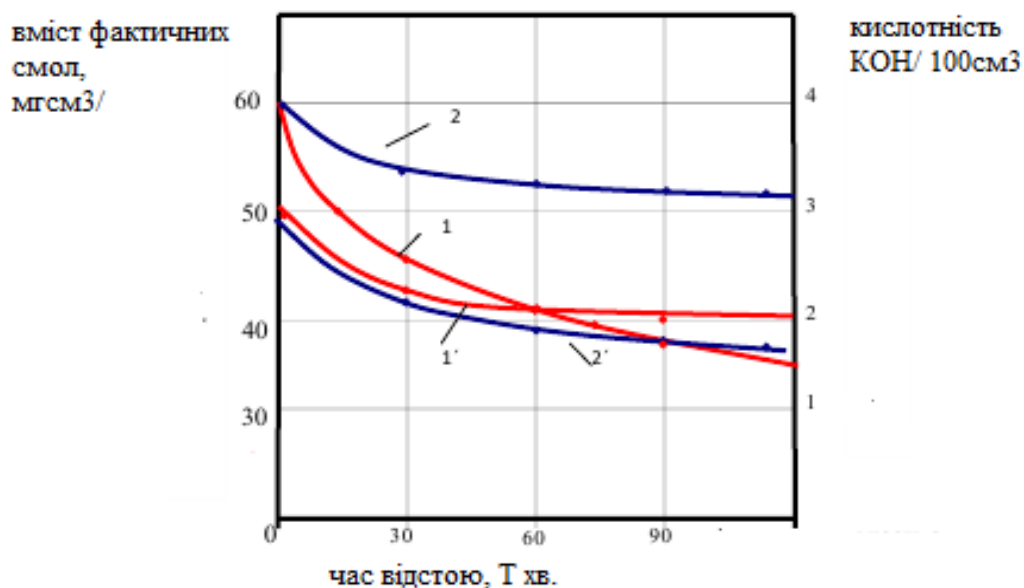


Рис. 3.5 – Залежність зміни вмісту фактичних смол у паливі при температурі 100°C від тривалості відстоювання при дії водним розчином карбаміду: 1 – концентрація внесення 0,1%; 2 – концентрація внесення 0,5%; 3 – концентрація внесення 1%; 4 – концентрація внесення 3%; 5 – теоретичне подання зміни вмісту смол від часу відстою.

Слід зазначити, що вміст фактичних смол (рис. 3.5) у паливі ве в залежності від концентрації водного розчину карбаміду, що вноситься. зменшується. Однак при її збільшенні понад 0,5% зміна вмісту смол відбувається незначною мірою. До того ж вміст фактичних смол у паливі після впливу на його кислотою змінилося до величини 25-30 мг/100 см³, а у разі дії водним розчином карбаміду до 40 мг/100 см³. Однак, кислота підвищує кислотність палива, а карбамід знижує на 40-45 %. У зв'язку з чим були проведені дослідження комбінованих складів реагентів. Зокрема, розглядалася можливість внесення комбінації: 1 - кислота 0,1% + розчин карбаміду (50%-ний) 0,5%; 2 – кислота 0,1 % + луг водяний розчин 0,5 %. Зміна кислотності палива та вмісту фактичних смол у залежності мости від тривалості відстоювання різних комбінацій агентів представлено рис. 3.6.



1,1' - кислота + розчин карбаміду; 2,2' - кислота + луг.

Рис. 3.6 – Залежність зміни кислотності та змісту фактично ських смол у паливі від тривалості відстою (Т внесення = 90 °С) при різних комбінаціях складів агентів: 1,1' - кислота + розчин карбаміду; 2,2' - кислота + луг.

Як видно з рис. 3.6 комбінація сірчаної кислоти та водного розчину карбаміду при додаванні їх до дизельного палива дозволяють знизити вміст фактичних смол у ньому з 60 мг/100 см³ до 35 мг/100 см³, при цьому кислотність палива 1', 2' знижується з 3 мг КОН/100 см³ до 2 мг КОН/100 см³. Порівняно з впливом на паливо тільки кислотою вміст фактичних смол у паливі з додаванням комбінованого складу знизився майже аналогічно, а кислотність не збільшилася, а навпаки знизилася. Розглядаючи комбінацію: сірчана кислота – луг (лінія 2-2') відзначимо, що при додаванні 0,1 % кислоти та 0,5 водного розчину луку в паливо не дозволяє настільки значно порівняно з першою комбінацією знизити вміст фактичних смол (2), але значно зменшити кислотність палива (2'). Цей факт, швидше за все, пояснюється ефектом нейтралізації кислоти лугом.

Рациональним складом агента (коагулянту) є суміш, що складається з водного 50 % розчину карбаміду, що додається в паливо у відсотковому

співвідношенні 0,5 мас і 0,5 % сірчаної кислоти. Результати проведених досліджень вимагають підтвердження і додаткового аналізу при проведенні експериментів з видалення домішок, що скоагулювали, засобами очищення, при видаленні розчиненої і видаляється води, при дослідженні змащувальних властивостей палив. Отримані результати досліджень кореспондуються з теоретично- передумовами і є підтвердженням адекватності способу очищення палива коагулянтами з метою укрупнення домішок. Разом з позитивною оцінкою результатів досліджень зазначимо, що домішки, що скоагулювали, досить довго осаджуються і «гравометричний метод» є не настільки ефективним, що вимагає пошуку технічних засобів інтенсифікації процесу осадження.

3.2. Видалення механічних домішок та смол з дизельного палива методом центрифугування та розробка способу очищення.

У процесі транспортування та зберігання в дизельному паливі можуть накопичуватися механічні домішки та вода. Незадовільний технічний стан ємностей для зберігання топ- лива, їх своєчасне обслуговування визначають накопичення в паливі механічних прмесей в дисперсному діапазоні від 5 до 50 мкм і вище. Відсутність у сільськогосподарських підприємствах елементарних засобів очищення палива від механічних домішок та води знижує надійність роботи тракторів та автомобілів та збільшує витрати на експлуатацію [25]. Дослідження щодо вибору розділяючого агента та оцінки змін дисперсного складу забруднень і домішок у дизельному паливі показали, що найдрібніші домішки (менше 0,1 мкм) можуть бути укрупнені до розмірів відцентрових сил, що легко видаляються в полі. Для розробки способу очищення дизельного палива від механічних забруднень, води, смол, асфальтенів за основу взято метод центрифугування з використанням як робочий орган реактивної центрифуги. На підставі проведених теоретичних досліджень вибір центрифуги проводився з урахуванням коефіцієнта кратності фактора розподілу КПД . Визначено, що для видалення частинок

дисперсного складу 1-2 мкм потрібно центрифуга з фактором поділу вище, ніж 4500, а цим вимогам відповідає центрифуга частоти обертання 7000 ... 9000 об / хв. Дослідження проводилися на модельній установці (рис. 3.7), складаються з щей з центрифуги 1 ємності 2, шестерні насоса НШ-32 4 з приводом від електродвигуна 5. Тиск в системі контролювався манометром 8 з діапазоном від 0 до 16 кгс/см². Регулювання тиску проводилося клапаном 7. Нагрів палива здійснювався спеціальними пластинчастими нагрівачами 3. Для проведення досліджень використовувалося дизельне паливо з характеристиками, зазначеними в таблиці 3.3.

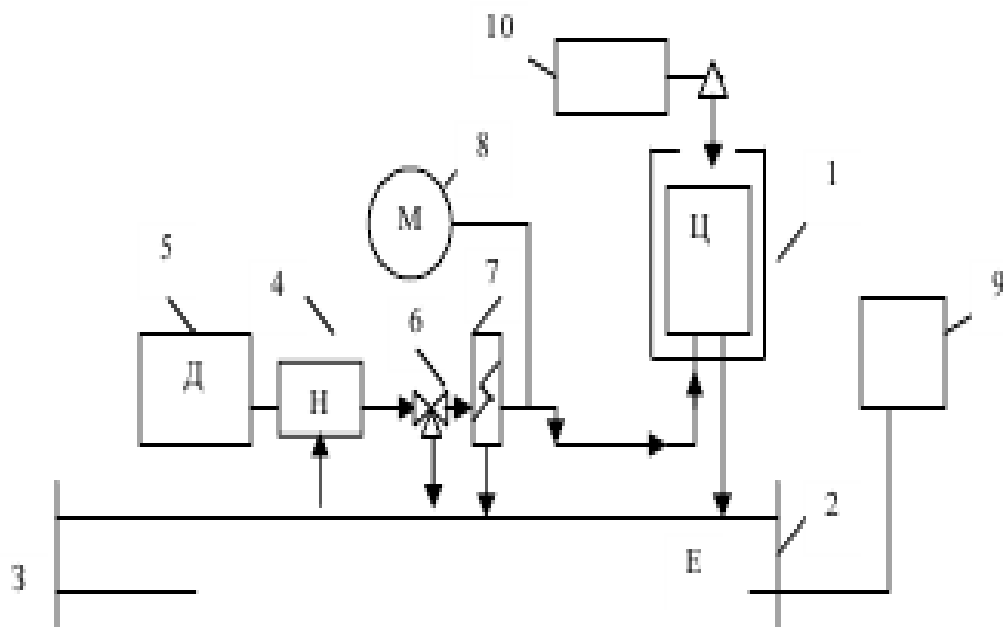


Рис. 3.7 – Принципова схема модельної установки для дослідження ефективності очищення палива від забруднень домішок та смол: 1 – реактивна центрифуга; 2 – ємність; 3 – нагрівальний елемент; 4 – насос; 5 – електродвигун; 6 – кран; 7 – клапан регулювання тиску; 8 – манометр; 9 – датчик температури; 10 – стробоскоп .

Ефективність видалення механічних домішок перевірялася на паливі штучно забрудненим кварцовим пилом дисперсним складом від 0,5 до 50 мкм. У

паливо вносився штучний забруднювач у відсотковому співвідношенні 0,5 та 1 % мас. Паливо під тиском в діапазоні 5-10 кгс/см² подавалося насосом в ре- активну центрифугу. Частота обертання ротора центрифуги оцінювали за допомогою стробоскопа. Температура нагрівання палива становила 20...100 °С. Дослідження зміни вмісту механічних домішок у дизельному паливі в процесі його очищення на реактивній центрифугі при частоті обертання $n=4000$ об/хв, тиск палива в системі $p= 4\pm0,5$ кгс/см² в залежності від часу центрифугування показало, що вміст забруднень в аналізованому паливі зменшилося в перші 30 хв очищення. Далі процес очищення практично припинявся. Аналіз дисперсного складу забруднень в паливі, що очищається, показав, що в процесі центрифугування при обертах обертання ротора 4000 об/хв з палива видалялися частки 20 мкм і більше. Частинки 15 мкм і менше майже всі залишилися в паливі.

Збільшення частоти обертання ротора центрифуги з $n=4000$ об/хв до 8000 об/хв за рахунок зміни тиску в системі до 7-8 кгс/см дозволяє підвищити ефективність очищення палива від механічних домішок практично в 3-4 рази (рис. 3.8) за час $T=30$ хв.

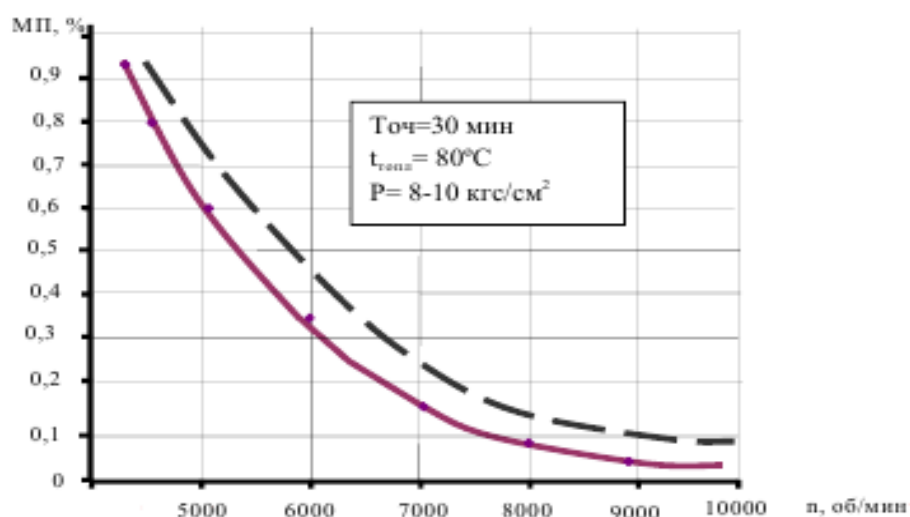


Рис. 3.8 – Залежність зміни вмісту механічних домішок у паливі від частоти обертання ротора центрифуги: — — — теоретичне значення зміни вмісту механічних домішок залежно від частоти обертання ротора.

Встановлено, що зі збільшенням частоти обертання з $n=5000$ об/хв до 6000 об/хв вміст домішок МП у паливі змінюється з $0,64\%$ до $0,33\%$ з $n=6000$ об/хв до 7000 об/хв з $0,30\%$ до $0,15\%$, а при оборотах ротора 8000 об/хв забрудненість палива за механічними домішками. Подальше збільшення частоти обертання не призводить до значного зниження механічних домішок в паливі, що очищається. Для визначення раціонального часу очищення палива від забруднень у паливо вносили забруднювач 1% мас, суміш перемішувалась за циклом ємність - насос - ємність протягом 15 хв і далі нагрівалася до температури 80°C . Дослідження щодо оцінки ефективності очищення палива від механічних домішок проводилися на модельній установці. Граничний діаметр чатиць, який може бути висаджений центрифугою визначено $0,5 - 1$ мкм залежно від частоти обертання. На даному етапі досліджень частота обертання ротора центрифуги n приймалася виходячи з результатів попередніх досліджень. Характер зміни вмісту механічних домішок залежно від часу очищення представлений рис. 3.9.

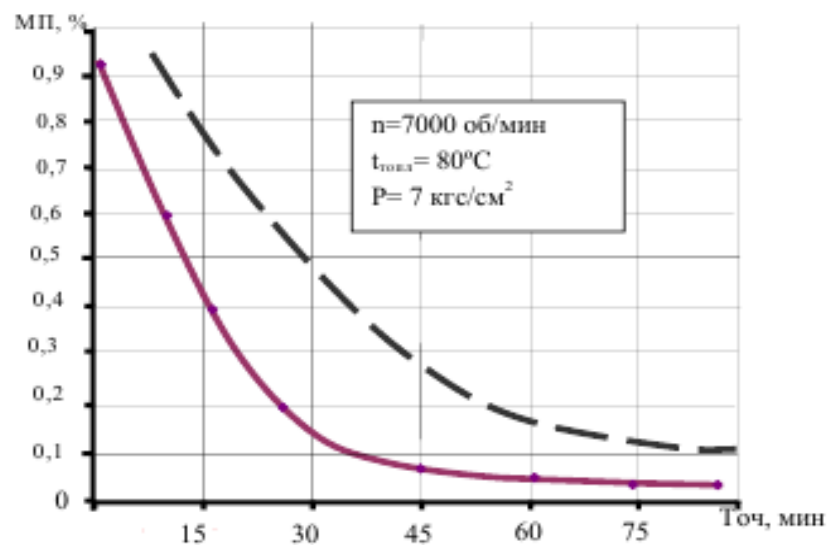


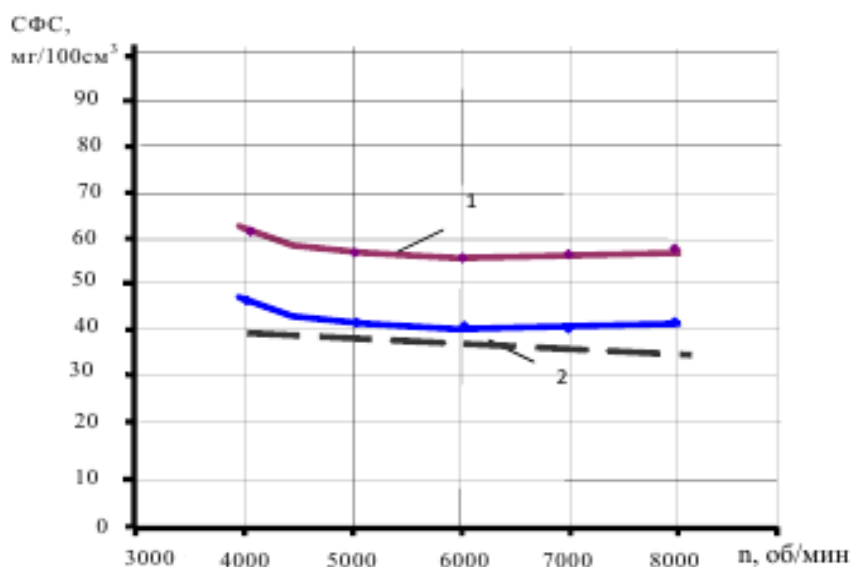
Рис. 3. 9 – Залежність зміни вмісту механічних домішок у паливі від часу очищення T при постійній частоті обертання n , тиску в системі P та

температурі палива t_t . - - - еоретичне значення зміни вмісту механічних при- місей в залежності від часу очищення

В результаті досліджень встановлено, що залежно від часу очищення палива вміст механічних домішок у ньому найбільш інтенсивно змінюється у перші 30-45 хв центрифугування. Подальше збільшення часу очищення не призводить до значного зменшення механічних домішок, залишковий вміст яких у паливі перебував у межах 0,06-0,01 %. Як уже неодноразово зазначалося, у паливах крім механічних домішок можуть бути смоли, асфальтени, продукти окислення. На рис. 3.10 представлені експериментальні та теоретичні залежності зміни вмісту фактичних смол із палива в процесі їх очищення методом центрифугування. З рис. 3.10 видно, що вміст фактичних смол у паливі 1 з вико- хідним вмістом смол 65 мг/100 см³ та в паливі 2 з вмістом смол 46мг/100 см³.

У міру збільшення частоти обертання ротора центрифуги незначно змінюється. Час очищення у кожному режимі становив 45 хв.

Даний факт можна пояснити ультрадисперсністю частинок смол і не здатністю технічного засобу осадження частинок настільки малих величин.



— — — теоретичне значення зміни вмісту смол залежно від частоти обертання ротора.

Рис. 3.10. Залежність зміни вмісту фактичних смол паливі від частоти обертання ротора центрифуги .

Змінити дисперсний склад смол, асфальтенів можна запровадженням «чужорідних» рідин коагулянтів – сірчаної кислоти, водного розчину карбаміду в паливо. Встановлено раціональні параметри процесу коагуляції – концентрація, час перемішування, температура палива та час осадження у полі гравітаційних сил. Для розгляду процесів очищення палива у полі відцентрових сил вдамося до раніше отриманих даних, коли встановлено, що раціональна концентрація внесених кислоти і водного розчину карбаміду становить 0,1-0,2% до маси палива, що очищається. На малюнку 4.15 представлена залежність зміни вмісту фактично- ських смол в паливі, що очищається при додаванні в нього суміші 0,2% сірчаної кислоти і водного розчину карбаміду, перемішуванням протягом 15 хв з подальшим центрифугуванням ($n = 7000$ об/хв, $t_r = 80^\circ\text{C}$, $P = 7$ кгс/см²) і збільшенням часу очищення.

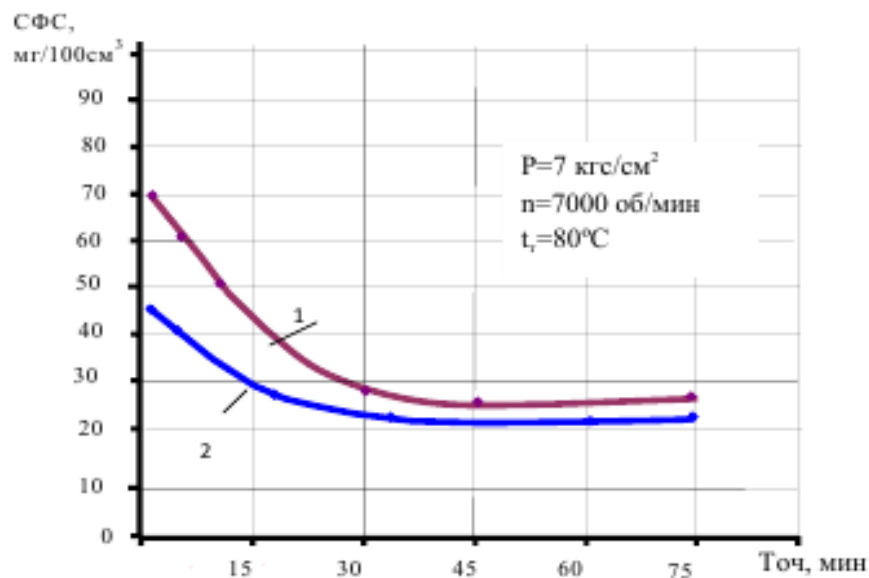


Рис. 3.11. – Залежність зміни вмісту фактичних смол (СФС) у паливі від часу його очищення з попереднім внесенням суміші агентів, що розділяють, і перемішуванні.

В результаті проведених досліджень, рис. 3.11 встановлено, що при внесенні суміші розділяючих агентів з наступним перемішуванням вже через 15 хв очищення скоагулювали домішок вміст фактичних смол (СФС) в паливі 1 знизилося з 65 мг/100 см³ до 43 мг/100 см³, а через 30 хв центрифугування значення СФС становило 32. Подальше очищення палива протягом 15 хв дозволило і знизити показник СФС на 15 % і далі процес видалення смол припиняється. Аналогічно проходило зниження вмісту фактичних смол і в паливі. ва № 2 з вихідним значенням СФС 46 мг/100 см³. Отримані результати досліджень дозволяють зробити висновок, що механічні домішки, а також смоли асфальтени можуть бути видалені з палива методом центрифугування. При цьому раціональними параметрами процесу очищення є тиск у системі 7...8 кгс/см², частота обертання ротора центрифуги 7000...8000 об/хв, температура палива у системі очищення 80°C. В результаті обробки даних повнофакторного експерименту отримаємо рівняння, що описує залежність видалення механічних домішок від керованих факторів – частоти обертання центрифуги, температури олії та тиск подачі:

$$y = 0,0590 - 0,0326x_1 - 0,0018x_2 - 0,0110x_3 - 0,0051x_1x_2 + 0,0082x_2x_3 - 0,0085x_1x_2x_3$$

Спосіб передбачає можливість очищення як товарного палива, так і некондиційного дизельного палива. Відповідно до запропонованого способу очищення дизельне паливо змішують з 0,1-0,5 % 10 % - ного водного розчину карбаміду, суміш відстоюють в залежності від вмісту смол до утворення осаду, потім верхню відстоєну частину суміші декантують і нагрівають до температури 90±5°C з подальшим центрифугуванням смол та води при одночасному диспергуванні карбаміду. Водний розчин карбаміду у вигляді дрібнодиспергованих глобул розподіляється рівномірно по всьому об'єму палива, що очищається, і виявляє електролітичну здатність по відношенню до смол. Відбувається укрупнення мікроскладових смол і випадання в осад. Верхня частина суміші палива і водного розчину карбаміду пропускається

через центрифугу. Карбамід, розчинений у паливі, виявляє феноменологічні властивості при взаємодії з вуглецевим складом палива, підвищуючи його змащувальні властивості [26]. Спосіб не передбачає використання кислоти, проте залежно від вмісту смол та різної вуглецевої складової палива в розробленому технологічному процесі використання кислоти є виправданою на першому попередньому етапі очищення. Подальше використання водного розчину карбаміду дозволяє нейтралізувати кисле середовище, що утворилося, тим самим знизити кислотність палива до вимог ГОСТ, тобто. нижче 5 мг КОН/100см³. Незважаючи на отримані позитивні результати досліджень, можна припустити, що за умов реальної експлуатації дизельне паливо залежно від сорту, технології отримання тощо. може мати різну в'язкість (ГОСТ 305-92) від 1,5 до 5,0 мм²/с. І ще важливо, різний вуглецевий склад, різне будови парафінів, різний хімічний склад смол, асфальтенів і т.д. може спричинити ослаблення зв'язків утворення коагуляції. Все це в кінцевому результаті може знижувати ефективність очищення палива під дією ударно обертальних струменів палива, що виходять з центрифуги, призводити до дроблення частинок домішок, що скоагулювали, до розмірів, що передують коагуляції. Передбачити та виключити дані негативні факти можливо, частково нейтралізувавши небажані ефекти, які впливають на час та якість очищення палива. При очищенні дизельного палива з підвищеним вмістом смол з використанням кислоти та водного розчину карбаміду, після укрупнення домішок, їх коагуляції, у початковий період процесу є недостатньо «міцні» конгломерати, які через високий градієнт швидкості можуть руйнуватися або подрібнюватися. Тому дуже важливо, щоб при високому тиску Р запобіжний клапан не дросував і не пропускав паливо в ємність. Як зазначено вище, в'язкість палива може варіювати, відповідно в гідромережі зростає тиск, що призводить до спрацьовування клапана дроселювання палива, подрібнення частинок домішки, що скоагулювали. Для виключення подібних ефектів у процесі досліджень запропоновано вдосконалену схему гідромережі (рис. 3.12).

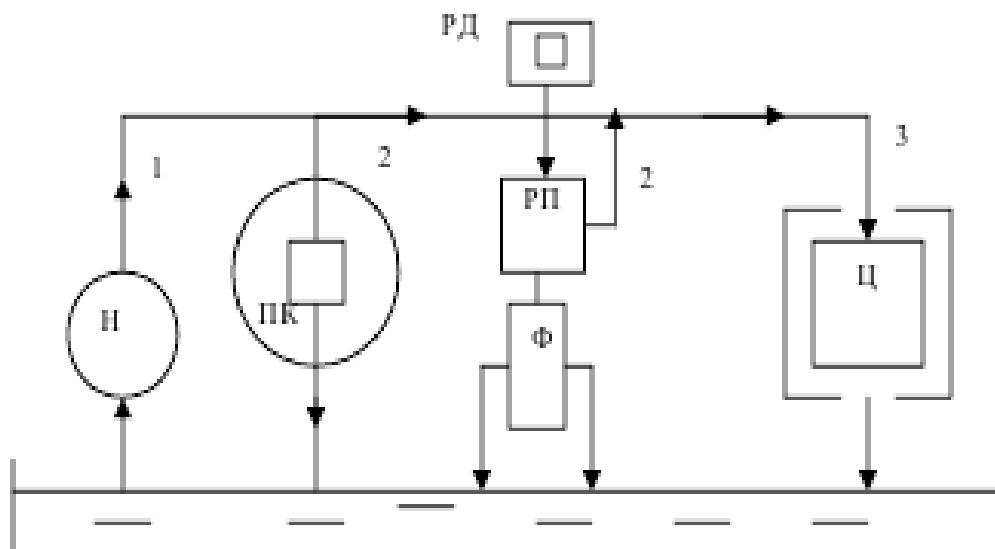


Рис. 3.12 – Схема гідромережі для зниження процесів дроблення частинок домішок: Н – насос подачі палива; ПК – запобіжний клапан; РП - розподільник потоку; Ф – фільтр очищення палива; Ц – центрифуга; РД - регулятор вимірювач тиску в системі (ТРМ); Б – бак для палива.

Схема заснована на перепуску частини палива не через запобіжний клапан, а за допомогою перепуску через розподільник потоку та фільтр тонкого очищення дизельного палива.

3.3. Процес видалення розчиненої та вільної води з дизельного палива.

Вода, присутня в паливі в розчиненому стані, при взаємодії з сіркою може викликати утворення кислот, які провокують зношування деталей паливної апаратури і появу слідів корозії на поверхнях плунжерних пар насосів високого тиску. Разом з тим вплив розчиненої води на процес згоряння палива є досить неоднозначним [11]. Так проведеним великим рядом досліджень встановлено, що розчинена у паливі вода в кількостях 0,01-0,05% знижує забрудненість вихлопних газів та зменшує витрату палива двигунів внутрішнього згоряння [5-15]. Однак по ГОСТ присутність води в дизельних паливах не допускається. ет, а більшість сучасних виробників тракторів та

автомобілів як зарубіжного так і вітчизняного машинобудування категорично заперечують можливість використання емульсійного палива в двигунах внутрішнього згоряння . У нашому випадку ставиться завдання видалення вільної та розчиненої води методом реактивного центрифугування у процесі видалення механічних приміс з палива, що очищається. Згідно з виразами для оцінки багаторазового дроблення, випарного ефекту , питомого потоку вологи, що випаровується , а також швидкості закінчення палива, діаметра крапель води визначено, що діаметр сопел повинен становити 1,6 мм, висота ротора 300 мм кількість проходів не менше ніж 10 разів. Вплив температури палива та часу очищення в теоретичному аналізі процесу не враховувалися та визначалися експериментально залежно від вмісту води у паливі. Проведені дослідження з видалення води з дизельного палива методом центрифугування показали, що інтенсивність водовидалення підвищується зі збільшенням температури палива, що попередньо підігрівається з 60 до 90°C. Так під час роботи пристрою, що складається з корпусу центрифуги з кришкою, що має отвір для забору повітря, ротора з соплами, встановленого на шипах в корпусі, що має в нижній частині зливний отвір, що з'єднується через простір ємності з атмосферою, тривалість повного видалення води 0 хв; $t = 80^{\circ}\text{C}$ – 25 хв; $t = 90^{\circ}\text{C}$ – 21 хв. У цьому концентрація води у паливі становила 0,6 %, їх 0,06 % вода перебувала у розчиненому стані. При концентрації води в паливі 0,3% час процесу видалення води зі- ставило: 60 ° C - 55 хв, 70 ° C - 31 хв, 80 ° C - 18 хв, 90 ° C - 16 хв (рис.3.13).

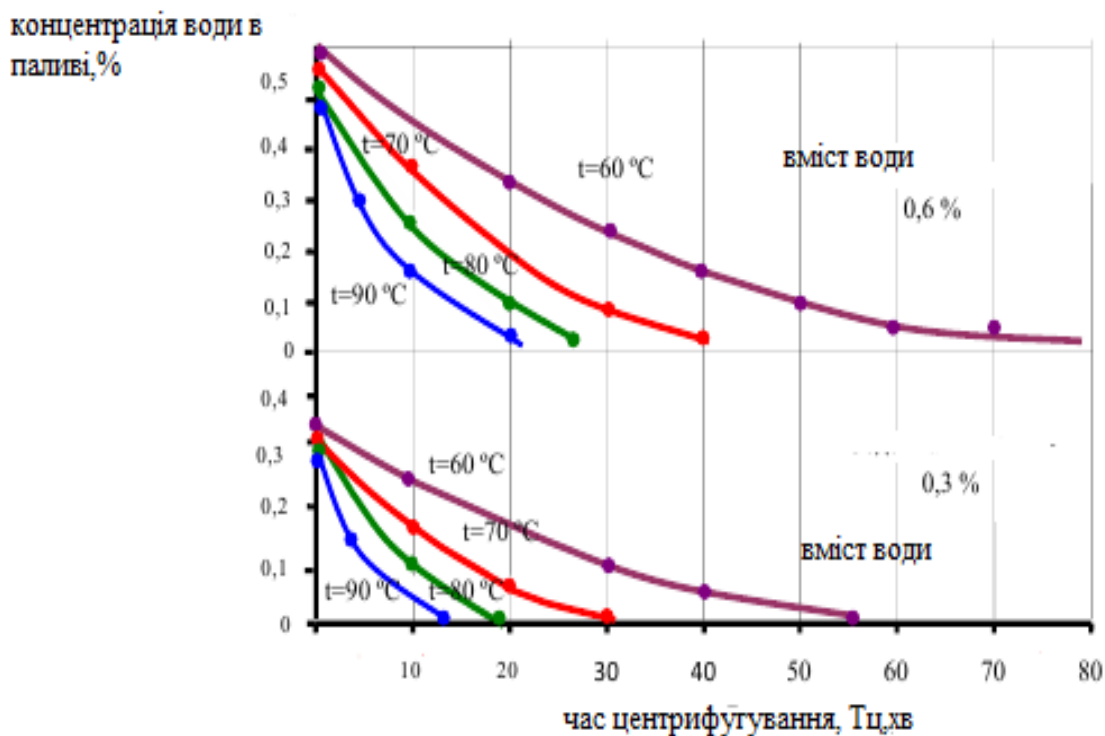


Рис. 3.13 – Залежність зміни вмісту води у паливі від часу очищення за різної температури.

У процесі очищення тиск палива в системі відповідав $P=8$ кгс/см², частота обертання ротора центрифуги $n = 8000 \pm 100$ об/хв. Встановлено, що підвищення початкової температури палива з 60°C до 70°C скорочує час видалення води з палива на 30 хв. Подальше підвищення температури до 80°C дозволяє зменшити це значення на 15 хвилин. При збільшенні температури палива до 90°C різниця становила 4 хвилини. Практично аналогічні значення отримані на паливах з різною вихідною концентрацією води. Після проведення випробувань з оцінки ефективності видалення води з палива з концентрацією 0,6 та 0,3 % у роторі центрифуги присутності води не виявлено. Що дає підстави вважати про перехід частини води, що у вільному стані, в пароподібний стан під впливом «микрови вибуху» з наступним видаленням разом із парою в атмосферу. Водночас, як показав аналіз фактичного стану якості палив, сільгосппідприємств, що зберігаються на нафтоскладах [16, 27], в ємностях для зберігання може знаходитися до 2-х і більше відсотків води, яка так чи інакше потрапляє в паливні баки тракторів.

У проведених дослідженнях розглядалася можливість видалення води з палива із вмістом 1, 2 та 3 %. А саме моделювалася ситуація, коли проводиться очищення всіх залишків палива в ємності для зберігання до повного звільнення. Для проведення досліджень у паливо штучно вводилася вода в процентному співвідношенні 1, 2 та 3 %. Суміш палива з водою перемішували протягом 15 хвилин, нагрівали до температури 80 °С і проводили очищення протягом 30 хвилин. Після чого проводився аналіз очищеного палива на вміст води та розбирання ротора центрифуги для визначення вмісту води у його корпусі. Встановлено, що при вмісті води в паливі 1% після очищення 100 л обводненого палива у корпусі вода була відсутня. При очищенні палива з відсотковим вмістом води 2 в корпусі ротора накопичилося 180 мл води. А у разі змішування палива з 3 % води понад 600 мл води знаходилося у корпусі ротора. Паливо, що очищалося, мало каламутний колір, а аналіз показав, що після 30 хв очищення в паливі містилося 0,48 % води (рис. 3.14). Після зливу води з корпусу ротора центрифуги та подальшого очищення палива протягом 20 хвилин при температурі 90 °С вода у паливі була відсутня повністю.

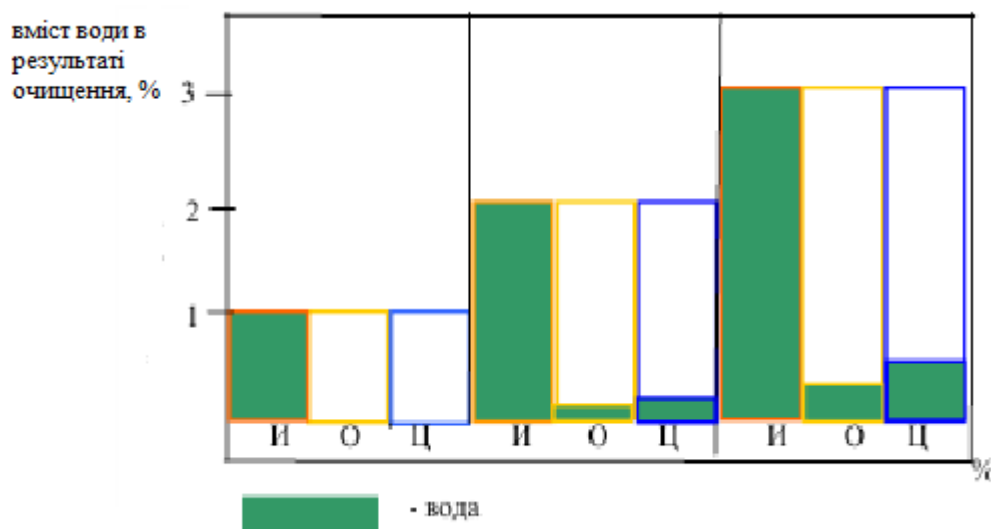


Рис. 3.14. Зміна вмісту води у паливі в процесі його очищення: О – очищене паливо, Ц – залишок води у центрифугі. І – вихідне паливо до очищення.

При вміст води в паливі > 1 % час для його очищення необхідно збільшити з 30 хвилин до 45-60 хвилин, а через 0,5 години очищення провести злив води

з корпусу центрифуги і продовжити операцію очищення. При видаленні води з палива за схемою, що розглядається, дуже важливим елементом є прокачування пари з корпусу центрифуги, рис. 3.15. Сутність процесу водовидалення полягає в тому, що обводнене паливо, виходячи з сопел 7, ударяється об стінку корпусу 1. Присутня вода в мікрокраплях перетворюється на пару (рис. 3.15), і дуже важливо видалити його з простору між корпусом ротора 5 і корпусом 1. Для цих цілей у верхній частині кришки 3 обертанні ротора 5 за допомогою гайки завихрювача 6 засмоктується та прокачується повітря. Повітря під натиском потрапляє спочатку в простір між корпусом 1 і барабаном ротора 5 потім, змішуючись з парою, проштовхується через отвір 2 в корпусі 1 і далі в атмосферний простір ємності для очищення палива.

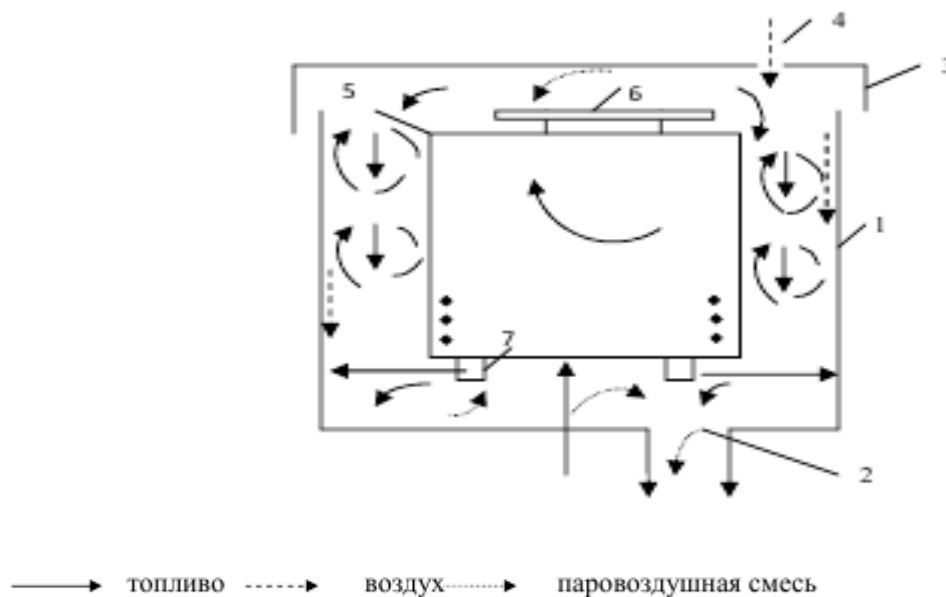


Рис. 3.15. – Схема процесу видалення води з палива: 1 – корпус центрифуги; 2 – отвір для зливу палива та відведення паровоз- задушливої суміші; 3 – кришка; 4 – отвір для забору повітря; 5 – ротор; 6 – гайка завихрювача; 7 – сопла.

Гайка завихрювач 6 забезпечує протікання повітря, виключає утворення розрядження при обертанні ротора з частотою $n = 7000-8000$ об/хв, запобігає осадженню пари на стінках корпусу центрифуги та створює умови для

активації процесу видалення. Виходячи з вищевикладеного проведено дослідження щодо визначення тиску, необхідного для перетікання пароповітряної суміші. У нашому випадку тиск повітря забезпечується гайкою завихрювачем і в певній мірі залежить від розмірів отвору для забору повітря, розміру простору між корпусом та ротором, величини отвору для зливу палива та відведення пари. Так встановлено, що при створенні тиску (діаметр отвору для забору повітря 25 мм, відстань між корпусом та ротором 15 мм, діаметр отвору для зливу палива та відведення пари 45 мм) потоку повітря 0,02-0,03 МПа час видалення води з палива при її процентному вмісті у вихідному паливі 1 % становить 25 хв. Зміна конструктивних параметрів і збільшення тиску до 0,05-0,087 МПа дозволяє інтенсифікувати процес вологовидалення на 20 ... 25%, але при цьому відбувається перенасичення очищеного палива киснем повітря і змінюється його фракційний склад, паливо збільшується.

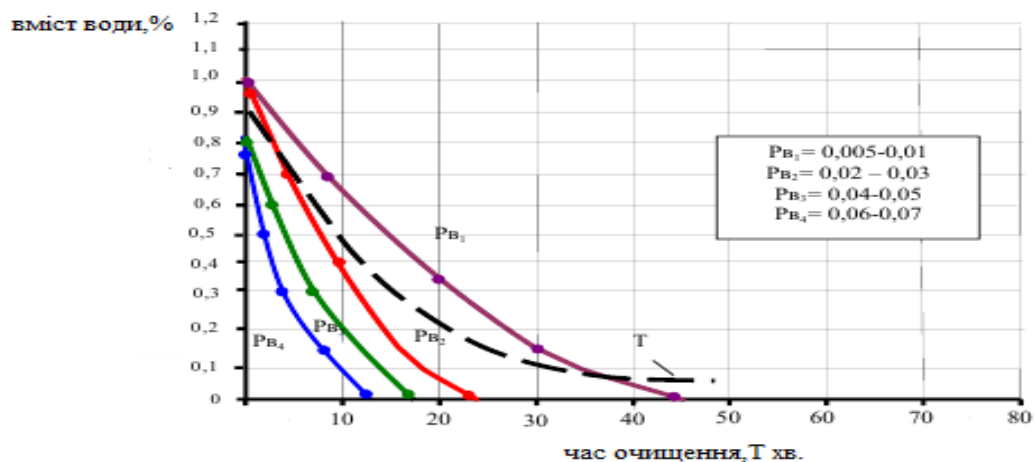


Рис. 3.16. Залежність ефективності процесу видалення води з палива від тиску потоку повітря P_v для переміщення пароповітряної суміші із зони мікрровибуху гідрореактивного приводу центрифуги (час очищення 30 хв, температура палива 90 °С, тиск подачі палива 5 кгс/см², частота обертання ротора 7500-8000 об/хв.

Лінія T є розрахунковою характеристикою, яка приймається в результаті теоретичного аналізу.

На рис. 3.17. представлений графік залежності зміни фракційного складу палива від інтенсивності подачі повітря (за час очищення $T = 30$ хв) у процесі очищення.



Рис. 3.17. – Залежність зміни фракційного складу палива від інтенсивності подачі повітря в процесі очищення за час T .

3.4. Установа для очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельного палива.

Визначено параметри процесу покращення низькотемпературних властивостей дизельних палив. За результатами досліджень розроблено установку для очищення дизель-палив від домішок, забруднень і для підвищення їх змащувальних та низькотемпературних властивостей. Принципова схема установки представлена рис. 3.18.. Гідравлічна схема установки представлена рис. 3.19. Установка складається з трьох блоків: I – блоку первинної обробки нагріву, коагуляції та відстоювання; II – блок управління; III – блок очищення та поліпшення експлуатаційних властивостей палива. Принцип роботи установки ось у чому.

У ємність 1 насосом 4 закачується дизельне паливо. Паливо за допомогою нагрівальних елементів 4 нагрівається до температури 80-90°C. У нагріте паливо вноситься водяний розчин карбаміду. Суміш палива з водним

розчином карбаміду перемішується включенням насоса 4 циклу протягом 10...15 хв. Далі паливо відстоюється протягом 60 хв. Відстій зливається за допомогою крана 3. Контроль та підтримка температури здійснюється автоматичною системою, що включає терморегулятор вимірювач ТРМ5.

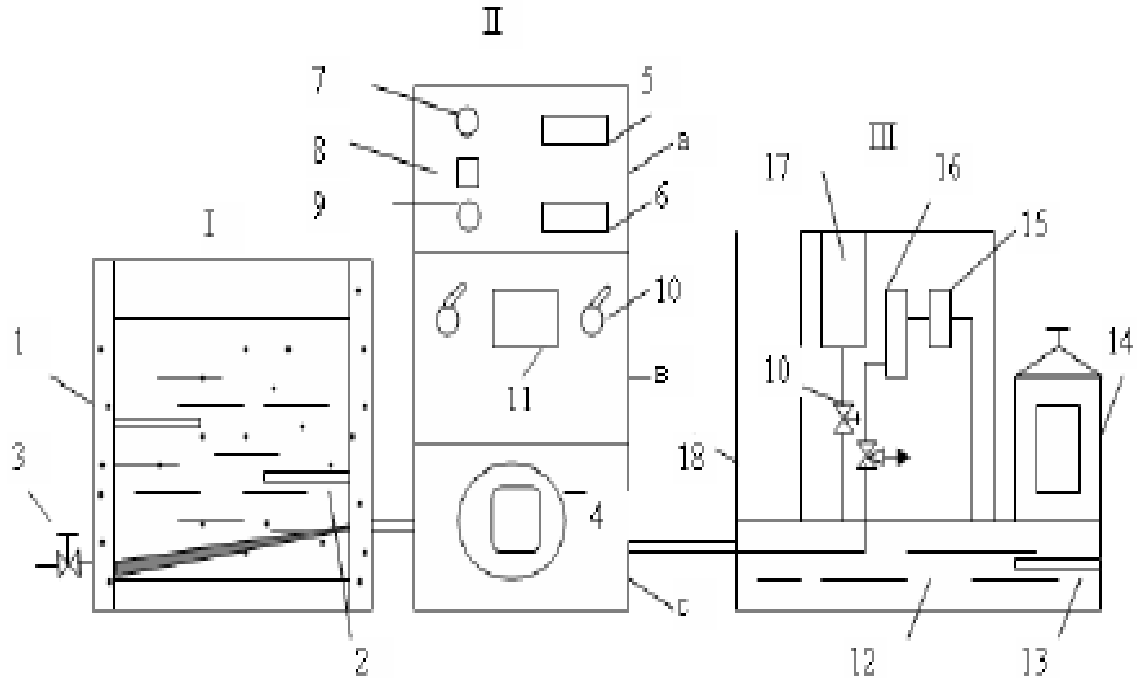


Рис. 3.18. Принципова схема установки для очищення та підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив.

1 - ємність для нагріву та коагуляції $V = 1\text{ м}^3$; 2 - нагрівальні елементи (Пластинчасті); 3 - кран зливу відстою; 4 - насос із електроприводом; 5 - датчик температури палива у ємності 1; 6 - датчик температури палива у ємності 12; 7 - лампа контролю мережі; 8 - кнопка включення та відключення насоса; 9 - лампа контролю нагріву; 10 - крани перемикачі потоку; 11 - датчик тиску; 12 - ємність очищення палива; 13 - пластинчастий нагрівач; 14 - реактивна центрифуга; 15 - запобіжний клапан; 16 - фільтр регулятор потоку; 17 - дозатор депресорних присадок; 18 - горловина: а) електрична секція; в) - гідравлічна секція; с) секція насоса з електроприводом.

Дизельне паливо, що відстояло, перемиканням крана К2 за допомогою насоса Н закачують у ємність 12, оснащену автоматичною системою підігріву та контролю температури палива 13,6. На ємності змонтована

система паливопроводів, запобіжний клапан 16, фільтр регулятор потоку 16 дві реактивні центрифуги очищення палива 14 і дозатор депресорних присадок 17. Паливо при температурі $80...90^{\circ}\text{C}$ допомогою насоса 4 направляють на очищення від механічних домішок, смол, вільної та розчиненої води з ємності 12 в реактивні центрифуги 14. Пройшовши через центрифуги паливо зливається назад в ємність 12. Тиск в системі очищення регулюється клапаном 15 і реєструється датчиком ПД – 100, з'єднаним ТРМ 1. Для поліпшення низькотемпературних властивостей палива, що очищається, на ємності 12 змонтований дозатор депресорних присадок 17 з вентильним краном, з'єднаним через трубопровід з всмоктувальною магістраллю насоса 4.

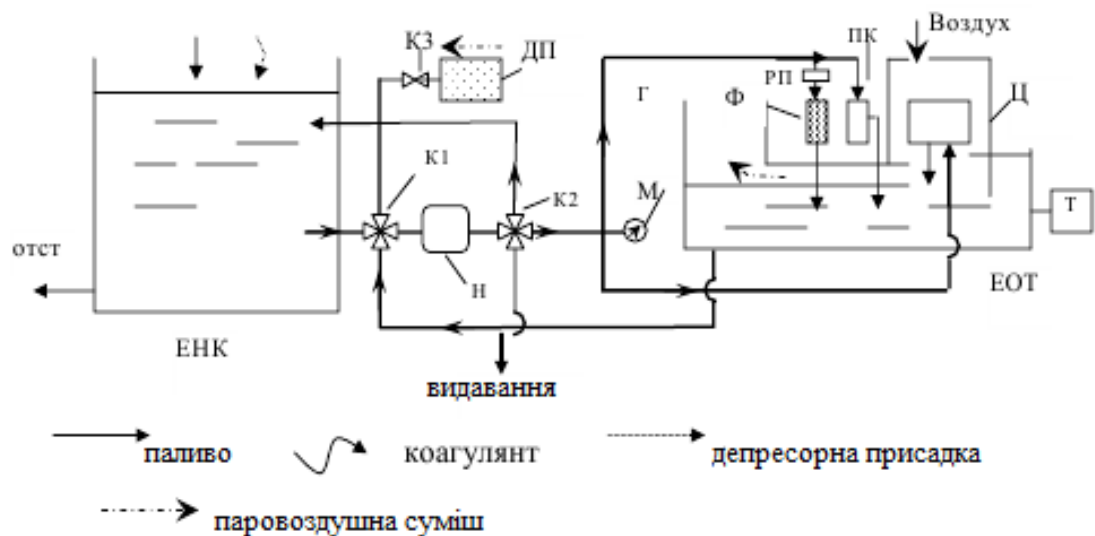


Рис. 3.19. – Гідравлічна схема установки: ЕНК – ємність нагріву та коагуляції; Н – насос; К1, К2, К3 – крани; ДП - депресорні присадки; Ф – фільтр; ПК – запобіжний клапан; РП - роз- визначник потоку; Ц – центрифуга; ЕОТ - ємність палива, що очищається; Г – горловина; М - датчик тиску, Т - термодатчик

Введення депресорних присадок проводиться після завершення операції очищення. Присадки заправляють у ємність дозатора. Туди ж додають 10 частин палива по відношенню до присадки. Суміш механічно перемішують.

Операція внесення та диспергування присадок у паливо може проводитись і в процесі очищення палива. Диспергування присадок здійснюється в такий спосіб. Включають подачу палива насосом 4 на очищення. Відкривають кран КЗ. Присадки з ємності ДП надходять по всмоктувальній магістралі в центрифуги Ц. Проходячи через які, на виході з сопел центрифуг і ударяючись об стінки корпусу, змішуються з розпиленим паливом. Процес впрацьовування та перемішування ванна проводиться протягом 10...15 хв. Очищення від розчиненої води в паливі відбувається за допомогою системи «мікрровибуху», якою оснащена установка. Система очищення від води за результатами моделювання та проведених лабораторних досліджень складається з центрифуги, простір між корпусом та ротором якої з'єднаний з атмосферою. У верхній частині ротора встановлюється напірна гайка для прокачування водяної пари. Центрифуга через вікно в нижній частині корпусу та надпаливний простір ємності 12 з'єднана з горловиною 18 та атмосферою. Видалення вільної води відбувається в такий спосіб. При попаданні палива у центрифуги вільна вода під дією відцентрових сил гурпується у корпусі центрифуги. Розчинена вода, потрапляючи в корпус ротора, не осідає в його порожнині, а виходить разом з паливом, що очищається, через сопла під тиском. Струмені палива з розчиненою водою при виході з сопла ударяється об стінку корпусу. За рахунок «високих» ударно обертальних сил відбувається дроблення мікрочастинок води та їх закипання. Між корпусом та ротором утворюється пароповітряна суміш. Обертання ротора в корпусі пов'язане з утворенням завихрення суміші та розрядження. Наявна у верхній частині корпусу отвір і напірна гайка у верхній частині барабана ротора сприяє забору і проштовхування пароповітряної суміші надтопливний простір ємності 13 і далі через горловину 18 в атмосферу. Для проведення досліджень з очищення дизельного палива та підвищення їх експлуатаційних властивостей виготовлено експериментальний зразок установки (рис. 3.20). Для визначення ефективності очищення палива та уточнення технічних

характеристик установки проводилася пробне очищення дизельного палива, представленого ТОВ «Акцент – Агро».

153



Рис. 3.20 – Загальний вигляд установки для очищення палив від домішок та підвищення їх експлуатаційних властивостей.

На рис. 3.21 представлені результати зміни змісту фактичних смол, вмісту механічних домішок і води, граничної температури фільтрації та змащувальних властивостей палива в залежності від часу очищення. Очищення проводилося за постійних значень температури палива 80 ± 5 °С, тиску в системі 7-8 кгс/см, частоті обертання ротора центрифуги 7500 ± 500 об/хв.

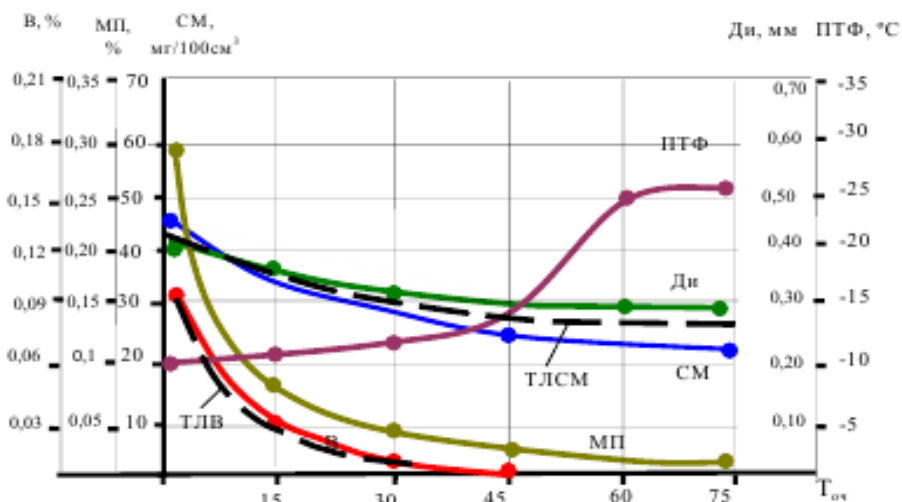


Рис. 3.21 – Зміна характеристик палива в процесі очищення та покращення експлуатаційних властивостей.

Аналізуючи результати випробувань, відзначимо, що всі отримані дані дуже добре кореспондуються з результатами експериментальних досліджень з розробки способу очищення та визначення його раціональних параметрів. Механічні домішки (МП) за час очищення 45 хв. видалені практично повністю. Зміст фактичних смол (СМ) в паливі, що очищається, змінилося з 43 до 25, тобто. майже вдвічі. Вода (В) при її незначному вмісті у вихідному паливі видаляється за 45 хв роботи установки до її повної відсутності. Ці показники досить добре кореспондуються з теоретичними та лабораторними параметрами ТЛСМ, ТЛВ. Протизносні властивості палива (Ді), що оцінюються діаметром плями зносу на ЧШМТ підвищилися на 20%. Гранична температура фільтрації (ПТФ) палива за 45 хв очищення знизилася з 10 °С до 15 °С. Даний факт можна пояснити частковим видаленням та диспергуванням парафінів, присутніх у паливі. Внесена після 45 хв очищення депресорна присадка дозволила змінити ПТФ до -27 °С, що відповідає високим вимогам стандартів Євро. У таблиці 3.3 представлені характеристики дизельного палива до та після очищення за період дії 60 хв.

Таблиця 3.3 - Характеристики зразків палив.

Показники	Дизельне паливо Початкове	Дизельне паливо Після дії	Дизельне паливо ДСТУ 52398
Фракційний склад: 50% (за обсягом) переганяється при температурі, °С, не вище 90% (за обсягом) переганяється при температурі, °С, не вище	260 365	270 360	280 360
Кінематична в'язкість при 40 °С, мм ² /с	2,0	2,2	1,5-4,0
Температура застигання, °С	-25	-30	< - 30
Температура помутніння, °С	-5	-10	-10
Гранична температура фільтрації, °С, не вище	-10	-16	-26
Температура спалаху в закритому тиглі, °С, вище	58	65	55
Кислотність, мг КОН/100 см ³	2,8	1,0	отс
Зміст фактичних смол, мг/100 см ³	43	26	отс
Зміст механічних домішок, %	0,30	отс	
Вміст води, %	0,15	отс	
Масова частка меркаптанової сірки, %	0,15	0,02	
* Протизносні властивості дмм (ЧШМТ)	0,44	0,35	

Проводячи аналіз даних таблиці 3.3, можна переконатися, що очищене паливо має фізико-хімічні характеристики, близькі за своїми значеннями до високоякісного палива ДСТУ. При цьому вдається значно підвищити експлуатаційні властивості дизельного палива. Разом з тим показники вихідного дизельного палива не є «критичними» при використанні його в сільгосптехніці (за винятком забруднень, які можуть бути частково затримані елементарними засобами фільтрації). Відповідно до технологічного процесу очищення дизельне паливо попередньо оброблялося сірчаною кислотою (0,1 % мас) при $t = 20$ °С. Паливо перемішували і відстоювали протягом 1 години. Далі паливо піддавалося очищенню та впливу у звичайному порядку, описаному вище. На рис. 3.22 показано зміну кольору палива розробленим способом. бом на експериментальній установці.



Рис. 3.22 – Зовнішній вигляд палива до та після очищення.

На підставі отриманих результатів можна стверджувати, що розроблено ний спосіб очищення палива і установка для його реалізації володіє досить високою ефективністю з видалення всіх видів домішок, а досягнуті експлуатаційні характеристики очищених дизельних палив можуть значно знизити витрату палива в ДВЗ, підвищити надійність роботи двигуна, паливної апаратури, знизити забрудненість вихлопних газів, що зумовлює необхідність проведення виробничих випробувань.

3.5. Результати випробувань способів та обладнання для очищення палив та підвищення експлуатаційних властивостей.

Очищене паливо з поліпшеними- ми змащувальними властивостями проходило випробування в тракторах. На рис. 3.23 представлено схему розміщення обладнання на ділянці очищення дизельних палив та покращення їх експлуатаційних властивостей.

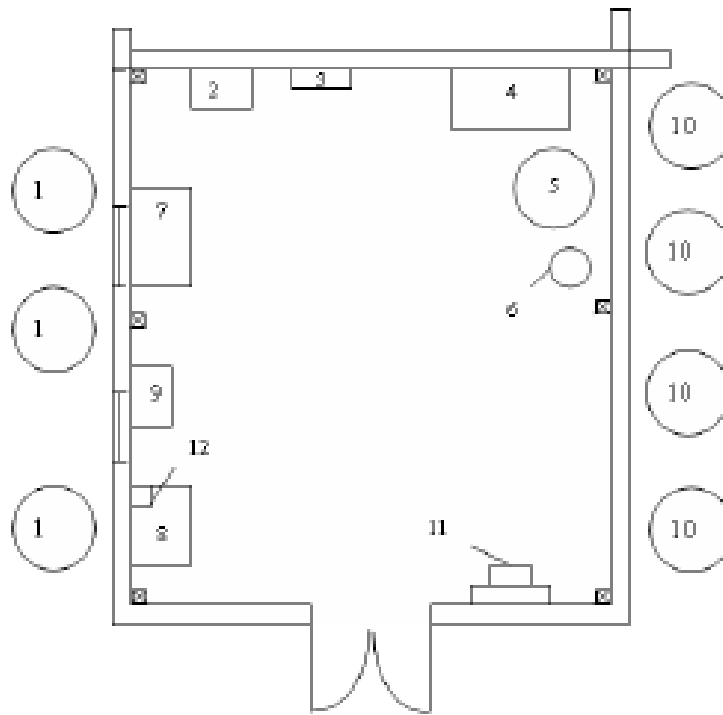


Рис. 3.23 – Схема ділянки очищення палива та покращення його експлуатаційних властивостей : 1 – ємності для палив, призначених для очищення та покращення властивостей $V = 10\text{м}^3$; 2 - бак для нагріву та коагуляції; 3 – блок управління; 4 – блок очищення палив та поліпшення їх властивостей; 5 – ємність для відходів; 6 - ємність для присадок, добавок; 7 – верстат; 8 – лабораторний стіл; 9 – шафа для посуду, реактивів; 10 – ємності для зберігання очищених палив, палив з покращеними низькотемпературними властивостями $V = 10\text{ м}^3$; 11 – пожежний щит; 12 – експрес – лабораторія контролю якості палив. ЕЛТ – 1.

Паливо, що підлягає очищенню від забруднень та домішок, закачувалося насосною станцією в резервуари 1. Далі за допомогою блоку управління 3 дизельне паливо, що підлягає очищенню, закачувалося в бак нагріву та коагуляції. 2. Звідки через блок 3 подавалося на очищення в блок 4. Операції очищення та усміщення змашувальних та низькотемпературних властивостей проводилися на підставі результатів попереднього аналізу, проведеного в хімічній лабораторії. Оброблене паливо блоком управління перекачувалося в

емність для зберігання 10. Виконання технологічних операцій обслуговування блоку очищення палив, розбирання, збирання центрифуг і т.д. проводяться на верстаті 7. Після завершення операції очищення палива від домішок, води, покращення їх властивостей проводиться контроль показників. Для проведення випробувань дизельне паливо обсягом 18510 л було очищено від домішок води, смол. Підвищено змащувальні властивості палива. Очищення палива проводилося за розробленою технологією. У таблиці 3.4 представлені показники якості очищення палива та покращення продуктивності. ня їх експлуатаційних властивостей. Перед початком випробувань проведено вибіркoву оцінку технічного стану парку тракторів. Визначено витрату палива, встановлено димність вихлопних газів, перевірено та очищено форсунки, зафіксовано стан паливних фільтрів та проведено їх заміну.

Таблиця 3.4 – Характеристики дизельного палива до та після очищення від механічних домішок, смол, води та поліпшення змащувальних властивостей.

Характеристики дизельного палива	Початкового до обробки	Після очищення та покращення властивостей
Фракційний склад:		
50 % переганяється за температури, °C 90 %	265	270
переганяється за температури, °C	364	360
Кінематична в'язкість при 20 °C, мм ² /с	2,1	2,5
Зміст фактичних смол, мг/100см ³	48	30
Зміст механічних домішок, %	0,05	отс
Вміст води, %	0,06	отс
Температура помутніння, °C	-15	-18
Температура замерзання, °C	-30	-33
Масова частка сірки, %	0,08	0,02
Протизносні властивості d _i , мм (ЧШМТ)	0,43	0,34

Заправлені очищеним паливом трактори у весняний період польових робіт виконували операції боронування, оранки, культивації, здійснювали транспортні перевезення та інші сільськогосподарські роботи. Через 100 годин робіт проводився контроль витрат палива, визначалася забрудненість

вихлопних газів (рис. 3.23, 3.25), оцінювалася забрудненість та утворення нагарів на форсунках.



Рис.3.24 – Фрагмент визначення витрати пального.



Рис. 3.25 – Фрагмент визначення забрудненості вихлопних газів.

На рис. 3.26 представлені порівняльні усереднені дані щодо оцінки витрати палива та визначення забрудненості вихлопних газів у трьох тракторів до та після очищення палива та покращення його експлуатаційних властивостей.

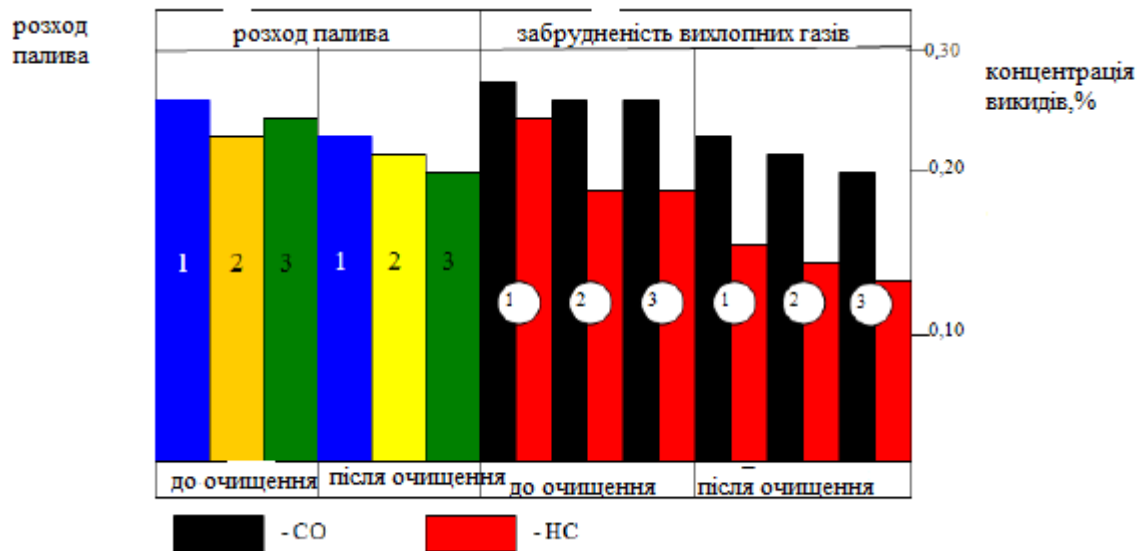


Рис. 3.26. – Зміна витрати пального та забрудненість вихлопних газів у тракторів, що експлуатуються на паливах до та після видалення з нього домішок і смол за розробленим способом очищення.

Внаслідок випробувань встановлено, що при експлуатації тракторів на паливі після очищення від домішок під впливом водного розчину карбаміду витрата палива загалом знижується на 10 – 15 %. Забрудненість вихлопних газів, що оцінюється на вміст CO та сажистих компонентів CP при використанні очищеного палива знижується на 30 ... 40%. Оцінка забрудненості форсунок після напрацювання 100 годин на паливі до очищення та після 100 годин експлуатації тракторів на паливі після видалення смол показала на суттєву відмінність відкладень за їх кількістю та кольором (рисунок 3..27).

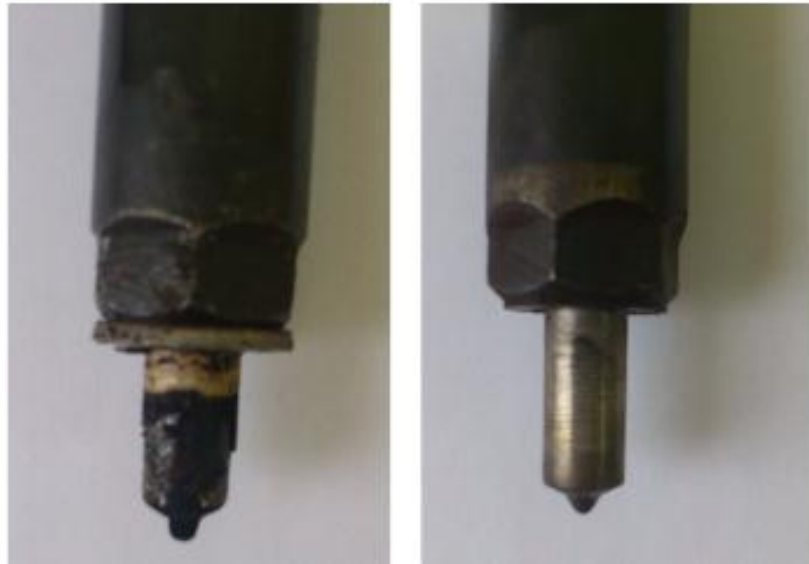


Рисунок 3. 27. – Забрудненість форсунок після напрацювання 100 мото-годин на паливі без очищення та після: а) паливо без очищення б) паливо після очищення.

У першому випадку відкладення мали чорний колір і обволікали всю поверхню розпилювача форсунок, у другому кількість відкладень спостерігалася значно менше і вони мали світло-коричневий колір. Однією з критеріальних характеристик ефективності очищення палива та його якості є забрудненість моторного мастила, що працює в двигуні внутрішнього згоряння. Відповідно до методики виробничих випробувань у тракторах перед початком випробувань проведено заміну мастила та їх аналіз за основними фізико – хімічними характеристиками. Після закінчення напрацювання 250 мото – годин проведено оцінку зміни властивостей мастил М-10Г2 у трьох тракторів, що працюють на очищеному паливі та трьох тракторів, що експлуатуються на паливі без очищення .

Умови експлуатації, режими навантаження та технічний стан випробуваних груп тракторів були приблизно однаковими. У таблиці 3.5 представлені фізико-хімічні характеристики олій після їх заміни при напрацюванні 250 годин.

Таблиця 3.5. - Порівняльна характеристика зміни властивостей моторних мастил за групами тракторів.

показники властивостей мастила	трактора працюючі на паливі до відновлення (1)			трактора працюючі на очищеному паливі (2)		
	№ 12	№ 46	№ 48	№ 6	№ 15	№ 32
в'язкість кінематична, мм ² /с	10,3	10,1	9,9	10,1	10,2	10,1
вміст механічних домішків, %	0,8	0,91	0,85	0,65	0,54	0,60
вміст нерозчинного осаду, % (смола, асфальтенов, карбенов, к арбодов)	1,2	1,1	1,0	0,85	0,75	0,64
температура спалаху, С	220	218	217	220	224	220
щолочне число, мг КОН/г	2,5	1,9	2,8	3,0	2,9	3,1
кислотне число, мг КОН/г	190	1,95	1,8	1,55	1,48	1,44

Аналізуючи дані таблиці 3.5 слід зазначити, що зміст нерозчиненого осаду, тобто. смол, продуктів окислення та старіння в оліях тракторів. II групи, що експлуатувалися на очищеному паливі, утримувалося на 40..80 % менше, ніж у тракторів, що працюють на паливі (група I) без очищення. Вміст механічних домішок у мастилi у другої групи тракторів також значно менше ніж у I групи, що працює на паливі з відхиленнями від вимог ГОСТ, що може побічно стверджувати про зниження зносу деталей циліндро-поршневої групи двигунів тракторів та підвищення ресурсу роботи машин. Випробовували дизельне паливо, що має температуру застигання -25°C , температуру помутніння -10 °C і граничну температуру фільтрації -12°C. Об'єм палива 1000 л пропускався через очисну установку. Очищення проводилось з використанням водного розчину карбаміду відповідно до розробленої технології. Як депресорну присадку використовувався ДДП – антигель . У таблиці 3.6 представлені порівняльні дані палива до та після очищення із внесенням депресорної присадки.

Таблиця 3.6 - Результати випробувань технологічних процесів вищення низькотемпературних характеристик дизельного палива .

характеристика палива	похідне паливо	паливо після очищення	паливо після очищення і внесення ДДП антигель
температура застигання, С	-25	-28	-32
температура помутнення, С	-10	-12	-16
гранична температура фільтрації, С	-12	-15	-25

Аналізуючи дані, подані у таблиці 3.6, слід зазначити, що вже після очищення палива від домішок під дією водного розчину карбаміду в полі відцентрових сил вдається покращити низькотемпературні властивості палива на 15...20 %, а внесення ДДП – антигеля сприяє зниженню граничної температури фільтрації на -10 °С, що дозволяє застосовувати насос. можливості утворення відкладень парафінів на паливних фільтрах. Загалом за результатами виробничих випробувань слід зазначити досить високу ефективність роботи як обладнання для очищення палива, що використовується в умовах нафтопродуктопостачальних організацій АПК, так і палива, що працює в двигунах внутрішнього згоряння тракторів сільськогосподарського призначення. На підставі досліджень, підтвердження ефективності очищення палив від смол продуктів окислення, підвищення змащувальних та низькотемпературних дизельних палив обґрунтовано технологією очищення палив та підвищення їх експлуатаційних властивостей в умовах підприємств АПК.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз властивостей дизельних палив показав, що основними, що впливають на надійність та ефективність роботи двигунів, є фракційний склад, вміст фактичних смол та домішок, протизносні та низькотемпературні характеристики. Відхилення від норм знижує термін служби паливної апаратури у 5 – 6 разів та збільшує витрату палива на 15 – 20 %.
2. Присутні в паливі смоли, сірка та продукти окислення для їх видалення повинні бути попередньо укрупнені під дією карбаміду та комбінацій інших доступних коагулянтів. Швидкість видалення домішок у полі відцентрових сил залежить від діаметра частинок, який змінюється в результаті коагуляції, граничний діаметр частинок, які можуть бути висаджені центрифугою, залежить від ефективності роботи коагулянту та параметрів технічного засобу осадження.
3. Процес видалення вільної та розчиненої води залежить від кількості тепла, необхідного для перетворення води в пару, тиску палива в системі та розміру крапель води, що осідають у корпусі центрифуги та видаляються за рахунок ударної взаємодії струменя зі стінкою корпусу центрифуги, що дозволяє розрахувати раціональні конструктивно – технологічні характеристики засобу очищення.
4. Для укрупнення смол та продуктів окислення в дизельному паливі для їх подальшого видалення необхідно використовувати водний розчин карбаміду і в деяких випадках сірчану кислоту оптимальною концентрацією внесення є 0,5 %. Оптимальними параметрами процесу видалення домішок і розчиненої води є температура 80...90 °С, частота обертання ротора центрифуги $n = 7000 \dots 8000$ об/хв, тиск прокачування пари 0,04-0,07 кгс/см².

Обґрунтований спосіб очищення палива дозволяє видаляти всі види забруднень, підвищувати змащувальні властивості палива в середньому на 15 % та низькотемпературні характеристики палив на 6...12 °С.

5. Використання очищених палив у двигунах тракторів, призводить до зниження витрати палива в середньому на 10 - 15%, зменшення забрудненості вихлопних газів на 30 ... 40%, зниження кількості нагарів на поверхнях форсунок, що утворюються, і зменшення слідів зносу на деталях паливних насосів, а працювало смол, асфальтенів, карбоїдів на 30% менше порівняно з маслом, що працює у двигуні на паливі без очищення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Школярів В.М. Палива, мастильні матеріали, технічні рідини Київ : Техніка, 2021. 596 с.
2. Остріков В.В., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Прохоренков В.Д., Курчкін І.М. Палива, мастильні матеріали та технічні рідини, Київ. :Знання. 2008. 304 с.
3. Лишко Г.П. Палива, мастильні матеріали та технічні рідини Київ, Центр навчальної літератури .1999. 256 с.
4. Остріков В.В., Нагорнов С.А., Гафуров І.Д. Паливо та мастильні матеріали. Краматорськ: ДДМА, 2006. – 292 с.
5. Журавель Д.П., Паламарчук І.П., Умінський С.М., Паламарчук В.І. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: Підручник для здобувачів вищої освіти. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021 - 448 с.
6. Григор'єв М.А., Борисов Г.В. Очищення палива в двигунах внутрішнього згоряння. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А. 2009 - 208 с.
7. Коваленко В.П., Турчанінов В.Є. Очищення нафтопродуктів від забруднення . Кривий Ріг: 1999. 160 с.
8. С.М. Умінський, Б.В. Лебедев, П.І. Осадчук. Технологія конструкційних матеріалів. (Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів) Видавництво та друкарня «ТЕС», 2018 р.178с.
9. Астахов, І.В. Паливні системи та економічність дизелів. Новий Світ. Львів., 2012. – 288 с.
10. Коваленко В.П., Іллінський А.А. Основи техніки очищення рідин від механічних забруднень. Львів: Афіша 2002. 272 с.
11. Удлер Е.І., Петров Г.Г., Руденко А.І. Обґрунтування вимог до фільтр-трам попереднього очищення палива // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 1985. – № 10. – С. 23-24.

12. Бельських, В.І. Довідник з технічного обслуговування та діагностування тракторів. Київ: Логос, , 2006. – 400 с.
13. Білявцев, А.В. Паливна апаратура автотракторних дизелів [Текст]/О.В. Білявцев, А.С. Процерів Київ: Каравела, 2008. – 223 с.
14. Буравльов, Ю.В. Пристрії, обслуговування та ремонт паливної апаратури автомобілів. – М.: Вища. шк., 2007. – 263 с.
15. Денисов, А.С. Практикум з технічної експлуатації автомобілів: К.: Знання-Прес 2010. 272 с.
16. Костін, О.К. Робота дизелів в умовах експлуатації. Львів: Афіша, 2007. – 278 с.
17. Большаков Г.Ф. Відновлення та контроль якості нафтопродуктів. - Львів: Світ, 2002.-350 с.
18. Віхерт, М.М. Паливна апаратура автомобільних дизелів Київ: Машинобудування, 2008. – 177 с.
19. Рибаків К.В., Карпекіна Т.П. Підвищення чистоти нафтопродуктів. - До. : Слово, 2006. – 111 с.
20. Ітінська Н.І. Довідник з палива, олій та технічних рідин. Львів: Афіша, 2002. 208 с.
21. Чортков Я.Б., Рибаків В.П., Зрелов В.М. Забруднення та методи очищення палив. Київ: "Лібідь", 2010.-239 с.
22. Борзенков В.А., Гулімов В.І., Зрелов В.М., Постнікова Н.Г. Контроль якості нафтопродуктів // Механізація та електрифікація сільського господарства. -1990. - № 5.-С. 46.
23. Крутов, В.І. Паливна апаратура автотракторних двигунів. Київ.: Логос 2005. - 208 с.
24. Мигаль, В.Д. Технічна діагностика автомобілів Вінниця : ВНТУ, 2013 2864 с.
25. Михлин, В.М. Управління надійністю сільськогосподарської техніки - Київ: Урожай, 1984. - 335 с.

26. Свиридов, Ю.Б. Паливо і топлівоподача автомобільних дизелів. Київ: Знання, 1979. - С. 248.
27. Паливні системи і економічність дизелів Львів: Навчальний посібник «Новий Світ-2000», 2000. - 288 с.
28. Трусов, В.Д. Форсунки автотракторних дизелів Львів: Афіша,, 2007. С.278.
29. Leslie R. Synthetics, Mineral Oils, i Bio-Based Lubricants: Chemistry and Технологія [Текст]. Second Edition, 2023. 445 pp.
30. Петров І.А. Автомобільні олії, мастила, присадки. НТУ "ХПІ", 2001. 250 с.
31. Григор'єв М.А. Очищення масла та палива в двигунах внутрішнього згоряння: Ів.-Франківськ: Смолоскип, 2007. 217 с.
32. Палива, мастильні матеріали, технічні рідини. Асортимент та застосування. Львів: Афіша 2009, 596 с.
33. Дорогін А.Д., Якунін Н.М. Автомобільні експлуатаційні матеріали Київ. . Техніка, 2001. 146 с.
34. Острик В.В., Уханов А.П., Сафаров К.У., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Прохоренко В.Д. Паливо, мастильні матеріали та технічні рідини. Київ. .Техніка.. 2009. 575 с
35. Острик В.В., Сокіл С.А., Шелохвостов В.П. Вплив карбаміду на протизносні властивості моторного масла.// Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2011. - № 2. - С. 12-13.
- 36.Топілін Г.Є Уминський С.М. , Чучуй В.П. Експлуатаційна технологічність тракторів. Видавництво та друкарня Сімекспрінт, ISBN 978-966-2771-35-0. 2014р., 593 с. <https://textbook.com.ua/ekologiya/1473446044>