

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Напрямок підготовки (спеціальність): 132 «Матеріалознавство,
Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: «Дослідження та підвищення експлуатаційних
властивостей моторних олів бензинових двигунів
внутрішнього згоряння»

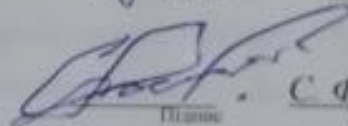
Шифр MPTAM 22. 21205.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу,
група МТВАм-221-1


Підпис

Н. О. Волк
Ініціали, прізвище

Керівник к.т.н., доц. каф ТАМ.


Підпис

С. Ф. Посонський
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.


Підпис

О. В. Духа
Ініціали, прізвище

8 12 2022 р.

Хмельницький, 2022

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.А.М.

Дата 03.08.
19 жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вовку Назару Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: Дослідження та підвищення експлуатаційних властивостей моторних олів бензинових двигунів внутрішнього згорання

керівник роботи: Песонський Сергій Феліксович, доцент каф. ТАМ.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учбовий заклад

Затверджено наказом університету від 1.07.2022 р. № 83 (Д. 28)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедрі 7.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Матеріали переддипломної практики зразки моторних олів.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Хімімотологічні підходи до розробки моторних мастил.

2) Об'єкти і методи дослідження.

3) Порівняльна оцінка індивідуальних функціональних присадок в основі моторного мастила категорії SL по API.

4) Підбір і оцінка якості композиції функціональних присадок для мастила категорії SL.

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

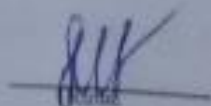
Розділ	Прізвище, ім'я та по батькові консультанта	Підпис, дата	
		закінчення роботи	закінчення роботи

7. Дата видачі завдання 19 жовтня 2022 р.

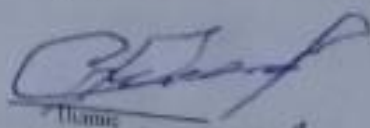
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературологічні підходи до розробки моторних мастил.	30.10.22	вик.
2	Об'єкти і методи дослідження.	15.11.22	вик.
3	Порівняльна оцінка індивідуальних функціональних присадок в основі моторного мастила категорії SL по API.	23.11.22	вик.
4	Підбір і оцінка якості композиції функціональних присадок для мастила категорії SL.	4.12.22	вик.
5	Оформлення пояснювальної записки	6.12.22	вик.
6	Допуск до захисту	7.12.21	вик.
7	Захист магістерської роботи	10.12.22	

Студент



Керівник роботи


Підпис

Вовк Н. О.
Ім'я та прізвище

Посонський С. Ф.
Ім'я та прізвище

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг пояснювальної записки. Дипломна робота на тему «Дослідження та підвищення експлуатаційних властивостей моторних олів бензинових двигунів внутрішнього згорання» складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 21 найменувань, розміщених на 3 сторінках, та 2 додатків розміщених на 16 сторінках. Роботу викладено на 102 сторінках, з них 97 сторінок основного тексту, на яких розміщено 33 рисунки і 61 таблиця.

Україна має великий автомобільний парк, основу якого становлять легкові автомобілі чисельністю 8,8 млн. При цьому слід зазначити, що істотну частину парку легкових автомобілів становлять автомобілі віком старше 10 років. Тому мастила для двигунів, що серійно випускалися в перше десятиліття XXI століття, зберігають свою актуальність і мають великий попит.

Метою дослідження є підвищення надійності роботи високофорсованих бензинових двигунів з використанням моторних мастил, що містять вітчизняні компоненти.

Практична значимість роботи полягає в наступному:

- запропоновано рецептуру мастила для високофорсованих бензинових двигунів, що відповідає категорії SL за класифікацією API, з розробленим пакетом присадок, що включає вітчизняні компоненти (мийно-диспергуючі присадки сульфонатного та фенолятного типу, беззольні дисперсанти сукцинімідного типу та антиокислювачі – діалкілдітіофосфати цинку), що не поступається за своїми властивостями зарубіжному товарному аналогу.

Ключові слова: ДВИГУН, МАСТИЛО, МИЙНО-ДИСПЕРГУЮЧІ ПРИСАДКИ, В'ЯЗКІСТЬ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ХІММОТОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ МОТОРНИХ	
МАСТИЛ	10
1.1. Старіння мастил у двигунах	10
1.1.1. Окислення моторного масла в двигуні та утворення відкладень	11
1.1.2. Основні присадки, що впливають на старіння мастил	14
1.1.2.1. Антиокислювальні присадки	14
1.1.2.2. Мийно-диспергувальні присадки	15
1.2. Загальні принципи функціонування присадок у моторних мастилах та зміна їхньої якості у процесі роботи	16
1.2.1. Зміна якості базових мастил	16
1.2.2. Зміна якості мастил із присадками	17
1.3. Взаємодія детергентів із кислотами	18
1.4. Показники граничного стану моторних мастил та оперативне прогнозування їхньої протездатності	19
1.5. Класифікація моторних мастил	21
1.5.1. Класифікація моторних мастил за в'язкістю SAE	21
1.5.2. Класифікація моторних мастил Американського інституту нафти (API)	24
1.5.3. Класифікація моторних мастил ACEA	24
1.5.4. Класифікація моторних масел AAI	24
1.5.5. Інші класифікації	24
1.6. Стан і тенденції ринку моторних мастил України	24
1.7. Моторне масло як колоїдно-хімічна система	24
1.8. Роль загущуючої присадки у всесезонних мастилах	26
1.9. Миючі властивості моторних мастил та їх оцінка	27

МРТАМ 22.21205.000 ПЗ

Зм	Лок	№ Докум.	Підпис	Дата	Літера	Архив	Результат
Виконав		Вонк					
Перевір.		Посонський				4	111
Н.контр.		Бабак					
Затвер.		Ліса					

Дослідження та підвищення експлуатаційних властивостей моторних олій багатопаливних двигунів внутрішнього згорання

3185 МПВ.006-21-2

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	39
2.1. Об'єкти дослідження	39
2.1.1. Базові та товарні мастила	39
2.1.2. Присадки	44
2.1.3. Композиції та пакети присадок	48
2.1.4. Забруднювачі моторного мастила	48
2.2. Методи дослідження	49
2.2.1. Лабораторний метод на установці високотемпературного каталітичного окиснення (ВКО)	49
2.2.2. Оцінка показників якості мастил	51
2.2.3. Оцінка миючих властивостей моторних мастил	54
РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИСАДОК В ОСНОВІ МОТОРНОГО МАСТИЛА КАТЕГОРІЇ SL ПО API	63
3.1. Порівняння дослідних зразків миючих присадок із зарубіжними товарними аналогами	63
3.2. Вибір полімерної загущуючої присадки	79
РОЗДІЛ 4. ПІДБІР І ОЦІНКА ЯКОСТІ КОМПОЗИЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИСАДОК ДЛЯ МАСТИЛА КАТЕГОРІЇ SL	86
4.1. Оцінка властивостей композицій диспергуючих та антиокислювальних присадок в умовах ВКО	86
4.2. Оцінка якості експериментальної композиції, пакету присадок та закордонного товарного аналога	89
ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98
ДОДАТКИ	101

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У зв'язку з приєднанням України до Світової організації торгівлі, наше законодавство про якість товарів, послуг та технічні вимоги до них повинні відповідати європейським та світовим стандартам. У зв'язку з цим необхідно сформулювати загальні підходи до регулювання якості готової продукції. В Україні великого поширення набули бензинові двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ). У нашій країні здійснюється складання двигунів як вітчизняних, і популярних зарубіжних брендів.

За останні 15–20 років поршневі двигуни внутрішнього згорання автотранспортних засобів зазнали суттєвих змін, зумовлених нормами екологічних вимог, що постійно посилюються. Змінилися склад і властивості матеріалів, що використовуються в двигунобудуванні, в тому числі в зв'язку із змінами технологічних процесів масового виробництва.

Зниження металомісткості та матеріаломісткості супроводжується поліпшенням техніко-економічних показників, до яких входить зростання питомої потужності двигуна з одночасним зниженням питомої витрати палив та масел. Більш жорсткі вимоги щодо екології пред'являються не тільки до емісії відпрацьованих газів, але і до шуму, вібрації, а також електромагнітного випромінювання [1; 2].

Україна має великий автомобільний парк, основу якого становлять легкові автомобілі чисельністю 8,8 млн. [3]. При цьому слід зазначити, що істотну частину парку легкових автомобілів становлять автомобілі віком старше 10 років. Тому мастила для двигунів, що серійно випускалися в перше десятиліття ХХІ століття, зберігають свою актуальність і мають великий попит.

Моторне мастило у сучасній хімотології розглядається як елемент конструкції двигуна внутрішнього згорання [3], і тенденції в двигунобудуванні диктують нові умови виробникам мастильних матеріалів.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це призводить до впровадження нових рішень у технології виробництва базових мастил та функціональних присадок. В даний час є актуальним завдання з імпортозаміщення компонентів у процесі розробки нових рецептур моторних мастил вищих експлуатаційних класів. Для досягнення цієї мети необхідні дослідження компонентів мастил вітчизняного виробництва та зарубіжних аналогів.

Забезпечення високого рівня експлуатаційних властивостей моторних мастил ході їхньої розробки та виробництва залежить від досконалості методів випробувань.

Вимоги до мастил пред'являються залежно від умов, у яких експлуатується техніка, та особливостей конструкції застосовуваних у ній двигунів, що зумовлює необхідність розробки нових методів випробування, які дозволяють більш ефективно підібрати мастила до заданих робочих умов [4].

Дослідженнями в галузі хімотології моторних мастил, ефективності функціональних присадок, методів оцінки експлуатаційних властивостей займалися видатні вчені – В.І. Кириченко, Г.О. Сіренко, В.В. Кириченко, К.К. Папок, Н.І. Черножуків, С.Е. Крейн, В.Л. Лашхі, Г.І. Шор, В.Д. Резніков, В.А. Золотов, А.Л. Чудіновських, А.С. Меджибовський, Є.М. Мещерін, та інші. Слід зазначити, що постійне вдосконалення конструкцій двигуна внутрішнього згоряння, зокрема бензинового, пов'язане з зростаючими екологічними вимогами, передбачає розробку високоякісних моторних мастил, що забезпечують надійну роботу двигунів. Для таких двигунів недостатньо опрацьовано питання виробництва моторних мастил з використанням вітчизняних компонентів, що не поступаються товарним мастилам зарубіжних фірм.

Метою дослідження є підвищення надійності роботи високофорсованих бензинових двигунів з використанням моторних мастил, що містить вітчизняні компоненти.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення цієї мети передбачається вирішити такі завдання:

- порівняльна оцінка ефективності мийно-диспергуючих присадок вітчизняного та зарубіжного виробництва;
- встановлення відмінності антиокислювальних та диспергуючих властивостей розроблених композицій вітчизняних присадок із закордонним товарним пакетом присадок, у тому числі у присутності забруднювачів;
- вибір загущуючої присадки для мастила 10W-40 за класифікацією SAE;
- розробка оптимального пакету присадок для моторного мастила з використанням лабораторних та моторно-стендових випробувань;
- модернізація лабораторного методу оцінки миючих моторних властивостей мастил та застосування його для ранжування зразків мастил з дослідними та товарними пакетами присадок.

Наукова новизна

1. Вперше показано, що в частково синтетичному мастилі із сумішшю двох присадок сукцинімідного типу – СВ (високомолекулярного сукциніміду) з надлишком СБ (борованого сукциніміду) синергетичний ефект диспергуючих властивостей є максимальним.

2. Вперше показано, що в частково синтетичному мастилі із сумішшю діалкілдітіофосфатів цинку з радикалом С5 (присадка Д-1) у надлишку та з радикалом С3 (присадка Д-2) досягається максимальний синергетичний ефект антиокислювальних властивостей.

3. Вперше показано, що точність та відтворюваність оцінки миючих властивостей, а також ранжування за цими властивостями моторних мастил при високотемпературному окисленні в тонкому шарі на пластині з алюмінієвого сплаву залежить від шорсткості поверхні цієї пластини і підвищується при її поліруванні.

Практична значимість роботи полягає в наступному:

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- запропоновано рецептуру мастила для високофорсованих бензинових двигунів, що відповідає категорії SL за класифікацією API, з розробленим пакетом присадок, що включає вітчизняні компоненти (мийно-диспергуючі присадки сульфонатного та фенолятного типу, беззольні дисперсанти сукцинімідного типу та антиокислювачі – діалкілдітіофосфати цинку), що не поступається за своїми властивостями зарубіжному товарному аналогу.

Методологія та методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань було проведено огляд науково-технічної та патентної літератури, проведено лабораторні дослідження та моторно-стендові випробування. Для проведення оцінки фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей випробуваних зразків використовувалися як стандартні, так і спеціальні дослідницькі методи.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ХІММОТОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ МОТОРНИХ МАСТИЛ

1.1. Старіння мастил у двигунах

Чинники, що впливають на старіння працюючих моторних мастил та стан ДВЗ, поділяються на конструкційні, кліматичні та експлуатаційні [2; 4].

Основним призначенням моторного мастила є зменшення інтенсивності зношування та зниження тертя контактуючих поверхонь, а також відведення від них тепла протягом тривалого часу. Це досягається формуванням жорстких вимог до реологічних, антиокислювальних, нейтралізуючих, змашувальних, антикорозійних, захисних, антипінних властивостей мастила [4]. Дані вимоги, зокрема, зумовлені необхідністю підвищення надійності роботи двигуна та одночасного покращення його екологічності [4].

Якість мастила оцінюється за його фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями. Забезпечення виставлених до моторних мастил експлуатаційних вимог досягається за допомогою підбору оптимального складу базового мастила та застосування набору функціональних присадок [5].

У мастилі, що знаходиться в масляній системі двигуна в процесі його роботи, відбуваються якісні та кількісні зміни. Кількісні зміни здійснюються за рахунок чаду в циліндропоршневій групі. Якісні зміни сумуються з безлічі хімічних та фізичних процесів, що відбуваються в масляній системі, таких, як забруднення пилом з атмосфери, продуктами зносу, твердими, рідкими та газоподібними частинками, що утворюються при згорянні палива та за рахунок утворення речовин з вуглеводнів базового мастила та присадок в результаті їхніх хімічних та фізико-хімічних перетворень [5]. У результаті

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть статися такі глибокі якісні зміни, що мастило стане непридатним для подальшого забезпечення надійного змащування двигуна і підлягатиме заміні на свіже.

Процес старіння моторних мастил залежить від особливостей конструкції двигунів та робочого процесу. У бензинових двигунах важливу роль у термохімічних перетвореннях мастила відіграють оксиди азоту, продукти перетворення палива, що містять антидетонаційні добавки і т.д. [3]. Зниження якості моторного мастила викликано забрудненнями, що з'являються в ході роботи у ДВЗ [3; 4].

1.1.1. Окислення моторного масла в двигуні та утворення відкладень

Окислення масла в двигунах внутрішнього згорання відбувається здебільшого в тонкому шарі в зоні циліндропоршневої групи (ЦПГ). Окислення в обсязі, у картері двигуна відбувається менш інтенсивно. Температура масляної плівки, а, відповідно, і самого мастила варіюється в різних вузлах системи змащення. Зокрема, температура газів, що прориваються в картер з камери згорання через масляну плівку в зоні ЦПГ на такті робочого ходу, становить в бензинових двигунах 150–450°C [3]. Для бензинових двигунів температура верхньої поршневої канавки, яка характеризує теплонапруженість роботи масляної плівки у цьому вузлі тертя, може досягати 270-280 ° С, а в двигунах з наддувом - і до 350 ° С. У зоні тертя вкладишів підшипників і шийки колінчастого валу температура становить 150–160 °С, а температура масла в картері двигуна може коливатись у межах 80–120 °С, при прориві газів досягаючи ще більш високих значень [4].

Істотний вплив на процес окиснення мастила надає склад газового середовища у камері згорання, насамперед у такті робочого ходу [3]. Одним

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з основних компонентів цього середовища є молекулярний кисень, що безпосередньо бере участь у процесі зародження ланцюга окислення вуглеводнів мастила (частка кисню у відпрацьованих газах бензинового двигуна становить 0,7-2,6% об., а дизельного - в межах 6-16% об.) [4].

В основі окислення лежить в основному система ланцюгових реакцій за участю активних частинок, що взаємодіють з вихідною молекулою та породжують нові активні частки тощо. [4] У разі експлуатації під впливом кисню моторні мастила окислюються з утворенням різних сполук – кислот, альдегідів, фенолів, спиртів та інших [2;3].

У продуктах згоряння паливно-повітряної суміші кисень присутній тому, що повітря надходить у кожен циліндр із надлишком від стехіометричного. На окислення та згоряння мастила витрата кисню становить лише 2,7–6,3 % об. від загальної кількості.

Встановлено, що при горінні паливно-повітряної суміші в ній містяться радикали *ОН, *Н у концентрації 0,01-0,1%. Активним компонентом цієї суміші є оксиди азоту, що містяться у кількості від 01 до 04%. Більше половини їх реагують із компонентами мастила в зоні циліндородо-поршневої групи (ЦПГ) двигуна.

Мастило в зоні ЦПГ контактує з металами поршнів, кілець та інших деталей. Сталь, чавун, алюміній, мідь, свинець та інші матеріали здатні здійснювати каталітичний вплив на окислення мастила [4], що дозволяє пояснити утворення розчинних у мастилі сполук при взаємодії продуктів його окислення з поверхнею цих матеріалів.

При контакті вуглеводнів з нагрітою поверхнею металу адсорбовані молекули іонізуються, іони, що утворюються, десорбуються в об'єм [5].

Мастило в двигуні окислюється також об'ємом, проте цей процес у більшості має другорядне значення. Первинні продукти окислення, незалежно від складу основи моторних мастил, менше впливають на коефіцієнт опору окисленню, ніж вторинні продукти [3].

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продукти деструкції палива, такі, як сажа та рідкі продукти окислення, а також продукти перетворення мастила, зокрема, карпени, смоли, карбоїди та інші, спричиняють утворення нагару.

Відкладення агрегатів смол у двигуні починається при досягненні розміру часток забруднень у картері понад 1-1,5 мкм. Продукти корозії та неповного згорання, крім каталітичної активності можуть бути центрами, навколо яких йде ущільнення твердих частинок продуктів окислення.

Диспергуючі присадки відіграють протилежну роль, перешкоджаючи агломеризації дрібних частинок у великі агрегати, зберігаючи тим самим стабільність колоїдної системи. Виявлено, що негативний вплив попередників утворення відкладень зменшується після їхньої солюбілізації або нейтралізації присадками [5].

Нагаром називаються тверді з'єднання вуглецю, які в процесі роботи двигуна відкладаються на поверхні камери згорання, на днищі поршня, клапанах та форсунці. Прозорий шар відкладень на спідниці та внутрішній поверхні поршня називають лаком. Близько половини всіх відкладень у вигляді лаку та нагару припадає на частку поршня та кілець. Нагар складається з карбенів, карбоїдів, окисикислот, смол, асфальтенів та золи.

В мастилі йде процес коагуляції, що відбувається за різних умов з різною швидкістю і впливає на седиментаційну стійкість системи. Відповідно до теорії Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека (ДЛФО) стійкість визначає електростатичний фактор стабілізації.

Утворення відкладень у ДВЗ під час експлуатації розглядається як наслідок процесу коагуляції, зокрема високотемпературні відкладення – результат швидкої, а низькотемпературні відкладення – наслідок повільної коагуляції.

Коагуляція, седиментація, утворення високо- та низькотемпературних відкладень безпосередньо залежать від ступеня окислення мастила, а значить від його диспергуючих, нейтралізуючих та солюбілізуючих властивостей.

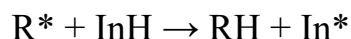
					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.2. Основні присадки, що впливають на старіння мастил

Кислі продукти старіння за відсутності нейтралізуючого, антиокислювального та солубілізуючого ефекту мастил, здатні переходити в продукти поліконденсації, викликаючи тим самим небажані явища, що призводять надалі до відмови двигуна. Зважаючи на те, що запобігання накопиченню кислих продуктів у моторних мастилах є одним із найважливіших завдань, варто розглянути вплив відповідних функціональних присадок на старіння мастила.

1.1.2.1. Антиокислювальні присадки

Дані присадки призначаються для гальмування процесів окислення на початковій стадії, а також у ході їх розгалуження за допомогою реакції з радикалами R^* та ROO^* за наступною схемою:



де In^* - Інактивний радикал.

За кінетичною класифікацією антиокислювальні присадки поділяються на такі групи [3,4]:

- ті, що обривають ланцюг за реакцією з перекисними радикалами (наприклад, феноли, ароматичні аміни, нафтоли);
- ті, що обривають ланцюг за реакцією з алкільними радикалами (наприклад, хінони та метиленхінони);
- ті, що руйнують гідропероксиди (наприклад, сульфіді, фосфіти, дитіофосфати, карбамати металів);
- дезактиватори металів (з'єднання, що утворюють з ними комплекси);

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- комбінованої дії (наприклад, карбамати, тіофосфати металів, метиленхінони).

Дітіофосфати цинку через вміст сірки і фосфору мають також і протизносні властивості і здатні покращувати трибологічні характеристики масел [3,4].

1.1.2.2. Мийно-диспергувальні присадки

Мийно-диспергуючі присадки через підвищену лужність активно протидіють розвитку термоокислювальних процесів за допомогою нейтралізації та солубілізації їх продуктів, довго зберігаючи свою ефективність у кислому середовищі. Зрештою, це забезпечує необхідну надійність двигунів при заданій працездатності мастила.

Ключовою характеристикою моторного мастила, обумовленої вмістом мийно-диспергуючих присадок, є здатність, що нейтралізує, визначається за величиною лужного числа мастил. Миючі та диспергуючі присадки в залежності від їхнього складу та ступеня карбонатації мають різну лужність, поділяючись тим самим на над-, високо-, середньолужні та нейтральні.

За хімічним складом основні миючі присадки поділяються на алкілфенолати, сульфонати та алкілсаліцилати металів, у яких, у свою чергу, є барій і кальцій, і карбонати цих металів є носіями лужності.

Відрізняючись за хімічним складом і будовою міцел, детергенти виявляють свою дію відразу за декількома напрямками, серед яких визначальними є нейтралізуюча здатність, а також стабілізуюча і власне миюча дія [5]. Власне миюча дія пов'язана з наявністю в детергентах лужних центрів, які активно взаємодіють з дисперсною фазою, що перешкоджає останній виділятися з розчину і закріплюватися на нагрітій металевій поверхні. Це дозволяє забезпечити чистоту поверхні металу. В силу більшої

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рухливості карбонату кальцію в силовому полі металу (адсорбенту), саліцилати вигідно відрізняються за власне миючою дією від сульфонатів [6].

1.2. Загальні принципи функціонування присадок у моторних мастилах та зміна їхньої якості у процесі роботи

1.2.1. Зміна якості базових мастил

Поведінка базових мастил у складі моторних можна пояснити, виходячи з того, що будь-які перетворення, що відбуваються в мастилі в процесі його роботи, визначаються, в першу чергу, хімічним складом основи та схильністю до зміни вихідного стану при зовнішніх впливах. В ідеальному випадку мастило повинно виконувати свої функції, значно не змінюючи свій хімічний склад.

Стан мастил у великому діапазоні температур можна інтерпретувати схемою, наведеною на Рисунку 1.1 [6].

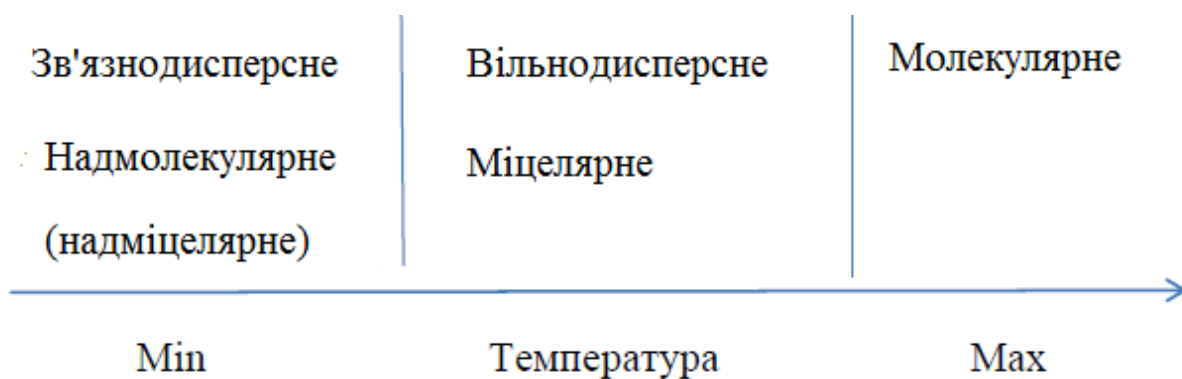


Рисунок 1.1 – Блок-схема стану мастил залежно від температури

Поведінка нафтового та частково синтетичного базового мастила в процесі роботи в двигуні залежить від характеру та ступеня взаємодій у

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

системі та, зокрема, вільних радикалів з діаманітними молекулами та між собою, нейтральних частинок із зарядженими та ін.

Співвідношення між кінетичною та потенційною енергією частини системи визначає її стійкість. При цьому надмірна кінетична енергія може призвести до порушення як ковалентних (гомолітична дисоціація), так і іонних зв'язків (гетеролітична дисоціація).

Взаємодія дисперсної фази та дисперсійного середовища в нафтових системах реалізується у вигляді гомолізу діаманітних молекул та рекомбінації (асоціювання) радикалів, наслідком чого є зміна групового та хімічного складу в тому числі в результаті утворення асфальтенів, карбоїдів та карбенів [6; 7].

Утворення відкладень та опадів відбувається через стадії укрупнення колоїдних частинок продуктів термоокислювальних перетворень та їхньої подальшої коагуляції, у т. ч. гетероадагуляції.

Кількість відкладень (Т) залежно від складу мастила запропоновано описувати формулою:

$$T = 10(29.11 - 23.7x + 24.13y + 1.1H) \quad (2),$$

де x - загальний вміст ароматичних вуглеводнів у мастилі;

y - вміст моноароматичних вуглеводнів;

H - вміст сірки та конденсованих вуглеводнів [7].

1.2.2. Зміна якості мастил із присадками

Для забезпечення необхідних властивостей мастил у них вводять різні функціональні присадки. На прийомистість присадок впливає хімічний склад мастила та його ступінь очищення.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі роботи мастила на ефективність присадок істотно впливає кислотність середовища, що формується внаслідок розвитку термоокислювальних перетворень.

Відповідно до теорії ДЛФО наявність електроліту (наприклад, кислоти) у колоїдній системі призводить до коагуляції дисперсної фази через стиснення подвійного електричного шару, що оточує міцелу.

Виконуючи свої функції, присадки в мастилі поступово руйнуються (спрацьовуються). Цьому процесу сприяють кислоти, що утворюються в мастилі.

Серед типових присадок, що входять до складу моторних мастил, досить швидко спрацьовуються алкілсаліцилати та алкілфеноляти металів, а також частково дитіофосфати. Щодо терміну зміни мастила, крім вищезгаданих детергентів, дитіофосфати спрацьовуються повністю, тоді як сульфонати бувають відпрацьовані лише на 35–40 % [5; 6].

Спрацьовання присадок та зниження якості мастила, як правило, рекомендується характеризувати зменшенням лужного числа (лужності) мастила [6]. Зниження лужності щодо вихідного значення стосовно двигуна прийнято пов'язувати з кількістю мастила, що заливається [7].

1.3. Взаємодія детергентів із кислотами

Працездатність присадок у часі та зниження ефективності їхньої дії визначається за допомогою накопичення в мастилі продуктів термоокислювальних перетворень та формування кислого середовища.

При дослідженні особливостей поведінки компонентів у складних колоїдних системах, у тому числі моторних мастил, виявлено, що мастила відносяться до систем, для яких характерне утворення різних стійких груп молекул (тримери, димери, міцели, асоціати) в об'ємі. Міцелоутворення, як

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мимовільна асоціація поверхнево-активних речовин (ПАР), розглядається або як фазовий перехід з формуванням псевдоструктури, або як квазіхімічна або полірівноважна модель. При досить високому вмісті ПАР міцели переходять у надміцелярні структури та зв'язнодисперсний стан з утворенням гелів.

На підставі колоїдно-хімічних уявлень про будову мастила можна спрогнозувати утворення відкладень у двигуні. При цьому високотемпературні відкладення можуть розраховуватися як процес швидкої, а низькотемпературні повільної коагуляції.

Колоїдно-хімічна модель старіння мастила не є єдиною. Можливі інші погляди з використанням математичного моделювання, теорії ймовірностей та ін. Але при цьому слід вважати, що зараз колоїдно-хімічні уявлення є найбільш вивченими.

Тим самим, розглядаючи мастило як складну колоїдну систему, можна істотно підвищити точність оцінки його експлуатаційних властивостей за допомогою переходу від якісного до кількісного опису, що дає можливість підвищити продуктивність розв'язання задач на етапах як розробки мастил, так і їхнього промислового виробництва, а також застосування в техніці [7].

1.4. Показники граничного стану моторних мастил та оперативне прогнозування їхньої працездатності

На практиці при використанні мастил різного призначення доводиться стикатися з необхідністю визначення рівня їхньої якості та працездатності в конкретних умовах застосування. У цій ситуації одночасно оперують гранично допустимим рівнем якості, нижче якого мастило не рекомендується використовувати за прямим призначенням через негативний вплив на надійність техніки.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розгляді мастила як складної фізико-хімічної мікросистеми, оцінку його працездатності можна проводити з використанням положень нерівноважної хімічної термодинаміки.

Відповідно до цих положень швидкість зміни ентропії системи пов'язана зі швидкістю протікання в ній хімічних перетворень [8].

Пропонований спосіб встановлення зв'язку між працездатністю мастила та його якістю є одним з технічно можливих і дозволяє, наприклад, по двох із трьох найважливіших технічних характеристиках розрахунковим шляхом оцінювати третю.

Для мастил вихідний стан та його зміна у часі практично характеризується окремими одиничними показниками чи його поєднаннями.

Стосовно працюючого мастила ці показники можна розділити на показники, що визначають стан самого мастила (ПСМ – показники стану мастила), і показники, що в тій чи іншій мірі характеризують стан об'єкта, що змащується (ПСО – показники стану об'єкта). До перших, зокрема, належать зміна в'язкості, кислотного і лужного числа; других – наприклад, вміст металів.

У експлуатаційних умовах ПСО використовують з погляду оцінки стану двигуна, не розбираючи його. На практиці виділяють два типи показників, об'єднані в дві групи: гранично допустимі, або бракувальні, якими слід вважати значення показників, перевищення яких знижує надійність двигуна, і аварійні, або критичні (неприпустимі), до яких відносять значення, перевищення яких призводить до перебоїв у роботі техніки, поломок і навіть повного виходу з ладу [7]. Якщо провести аналогію між відповідними значеннями показників стану мастил і ступенем їх перетворення, можна зробити припущення, що гранично допустимі значення відповідають одному діапазону, а аварійні - іншому діапазону.

До найбільш інформативних показників можна віднести кислотне і лужне числа мастила. У той же час, їх гранично допустимі значення в

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежності від експлуатаційних умов і конструкції можуть змінюватися. Якість моторних мастил на практиці оцінюється за їхньою працездатністю і, як наслідок, за терміном зміни. Під працездатністю розуміють здатність мастил виконувати свої основні функції, не надаючи при цьому суттєвого негативного впливу на стан двигуна. За інших рівних умов висока якість мастила забезпечує підвищену працездатність. У свою чергу, термін зміни мастила – це тривалість виконання мастилом своїх функцій.

Термін зміни – період працездатного стану мастила. Він визначається часом напрацювання від початку роботи до моменту, починаючи з якого мастило переходить у непрацездатний стан і підлягає заміні [6].

На практиці встановлення працездатності мастила є досить трудомістким та дорогим завданням. У той же час зазначена характеристика, особливо на етапі розробки мастил є вкрай важливою як з технічної, так і економічної точки зору. Це пояснюється тим, що короткий термін зміни мастила є не вигідним, оскільки знижує економічність його застосування у техніці через суттєві перевитрати. Навпаки, невиправдане збільшення терміну зміни може негативно позначитися на надійності техніки, що виявиться у зниженні безвідмовності, збереження та інших складових.

Прогнозування працездатності мастил, як правило, здійснюється двома способами - стосовно конкретних умов і в загальному випадку незалежно від особливостей застосування [7].

В цілому, роботи, які базуються на комплексуванні одиничних або близьких до них показників стану моторного мастила з подальшим прогнозуванням за величиною отриманого таким чином комплексного показника зміни стану будь-якого елемента конструкції двигуна, належать до одного з найперспективніших наукових напрямів. Така постановка зрештою підвищує надійність будь-якого прогнозу, що є гарантом забезпечення безперебійної експлуатації обладнаної ДВЗ техніки [8].

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У свою чергу, для підвищення надійності прогнозних залежностей слід постійно та цілеспрямовано розвивати відповідні теоретичні положення, на базі яких можна уточнювати, доповнювати та конкретизувати показники та технічні характеристики, що входять до рівнянь.

Іншими словами, практичні міркування наполегливо диктують необхідність подальшого розвитку відповідних положень у напрямі підвищення надійності прогнозних залежностей. У той самий час з хімотологічного погляду слід віддавати перевагу оперативній оцінці, вибудовуючи залежності за результатами лабораторного експерименту [6].

1.5. Класифікація моторних мастил

У поршневих двигунах внутрішнього згорання (крім авіаційних) різного форсування, конструкції, призначення та умов застосування за кордоном використовують моторні мастила шести груп, що відрізняються якістю базових мастил, складом та концентрацією присадок [6].

Відповідно до ДСТУ 17479.1, вітчизняні товарні моторні масла позначаються буквою М із зазначенням класу в'язкості (за її значенням при 100 °С) та групи за експлуатаційними властивостями – А, Б, В, Г, Д та Е з індексом 1 або 2, що позначає їх застосування у бензинових двигунах чи дизелях. Залежно від жорсткості роботи ДВЗ мастила поділяють на групи: А – для нефорсованих двигунів, Б – малофорсованих, В – середньофорсованих, Г – високофорсованих, Д – для високофорсованих дизелів, що працюють у важких умовах, Е – для малооборотних дизелів з лубрикаторною системою мастила [5].

Існують прийняті в міжнародному масштабі класифікації моторних мастил за рівнем в'язкості, а також рівнем експлуатаційних властивостей та сфери застосування [6].

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.1. Класифікація моторних мастил за в'язкістю SAE

Товариство автомобільних інженерів (SAE) розробило та впровадило систему класифікації, засновану на вимірюваннях в'язкості мастил. Ця система (Класифікація в'язкості SAE J300) в даний час налічує понад десяток класів або марок в'язкості моторного мастила. Вони наведені у Таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Класи в'язкості SAE для моторних масел (SAE J300)

Клас в'язкості SAE	Максимальна динамічна в'язкість (сП) при температурі (°C)		Кінематична в'язкість (сСт) при 100 °C		Мінімальна динамічна в'язкість при високій швидкості зрушення (сП) при 150 °C і 10 ⁶ с ⁻¹
	Провертаня валу	Прокачування	Мінімальна	Максимальна	
0W	6200 при – 35	60000 при – 40	3,8	-	-
5W	6600 при – 30	60000 при – 35	3,8	-	-
10W	7000 при – 25	60000 при – 30	4,1	-	-
15W	7000 при – 20	60000 при – 25	5,6	-	-
20W	9500 при – 15	60000 при – 20	5,6	-	-
25W	13000 при – 10	60000 при – 15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	менше 9,3	2,6
30	-	-	9,3	менше 12,5	2,6
40	-	-	12,5	менше 16,3	2,91
40	-	-	12,5	менше 16,3	3,72
50	-	-	16,3	менше 21,9	3,7
60	-	-	21,9	менше 26,1	3,7

										Арк.
										X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ					

- 1 – для класів 0W-40, 5W-40 і 10W-40;
- 2 – для класів 15W-40, 20W-40, 25W-40 і 40.

Літера «W» у позначенні класу в'язкості SAE означає, що мастило придатне для застосування за низьких температур (у зимових умовах). Такі мастила повинні мати відповідну низькотемпературну в'язкість. Ті класи, що не містять цього позначення, призначені для використання за більш високих температур (у літніх умовах). В'язкість таких мастил вимірюється при температурах 100 °C і 150 °C високої швидкості зсуву.

Всесезонні мастила, наприклад, SAE 5W-40, SAE 10W-40 і т.д., широко поширені, оскільки мають досить малу в'язкість, щоб забезпечувати легке провертання валу двигуна при низьких температурах, але при цьому досить високу в'язкість, щоб надійно захистити двигун при високих температурах за умов експлуатації. При цьому важливо усвідомлювати, що класифікація по в'язкості SAE визначає тільки в'язкісний рівень мастил, але нічого не говорить про те, в якому двигуні його застосовувати [6].

Поліпшення параметрів двигунів нових моделей зумовлює необхідність перегляду класифікації. Наприклад, 2009 р. Товариство автомобільних інженерів встановило новий високотемпературний клас в'язкості SAE 16 [7]. А у 2015 р. Товариством автомобільних інженерів додано ще два нових класи в'язкості моторних мастил SAE 8 та SAE 12, призначених для використання у перспективних двигунах з підвищеною паливною економічністю [6].

1.5.2. Класифікація моторних мастил Американського інституту нафти (API)

У 1970 р. Американським інститутом нафти (API), Американським товариством з випробувань матеріалів (ASTM) та Товариством автомобільних інженерів (SAE) спільно була розроблена абсолютно нова сервісна

					MPTAM 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

класифікація моторних мастил API, що дає можливість визначати та вибирати моторні мастила на основі робочих характеристик та типу агрегатів, котрим вони призначені.

Слід зазначити, що системи класифікації моторних мастил API та класифікації в'язкості моторних мастил SAE не взаємопов'язані. При цьому вони обидві є необхідними для точного визначення характеристик мастил таким чином, щоб споживач міг вибрати мастило, що відповідає вимогам двигуна [7].

Для уніфікації маркування з метою полегшення вибору покупцями моторного мастила, що відповідає рекомендаціям автовиробників, Підкомітет з мастильних матеріалів Американського інституту нафти створив знак класифікації API, наведений на Рисунку 1.2. Цей символ використовується для вказівки на тарі сервісної категорії або категорій API (у верхній частині знака), класу в'язкості SAE (по центру) та маркування «Energy Conserving» (внизу), якщо продукт має такі властивості.



Рисунок 1. 2 – Знак класифікації API

Міжнародний комітет зі стандартизації та схвалення мастил (ILSAC) має також свій знак маркування (Рисунок 1.3).

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Символ сертифікації за стандартами ILSAC

Даний символ дає можливість визначити відповідність моторного мастила гарантійним вимогам Daimler, Ford та General Motors, а також японських автовиробників [7].

1.5.3. Класифікація моторних мастил ACEA

ACEA – це Асоціація Європейських Виробників Автомобілів – організація, яка створена для лобювання інтересів автовиробників. Одним із напрямів її діяльності став випуск вимог щодо застосування моторних мастил у двигунах, що виробляються компаніями, які входять до цієї організації.

Зараз до її складу входять такі концерни, як Daimler-Crysler, BMW, Fiat, DAF, GM-Europe, Ford, MAN, Jaguar Land Rover, PSA Peugeot Citroen, Porsche, SAAB-Scania, Renault, Toyota, Volvo, Volkswagen.

Одна з останніх редакцій класифікації моторних мастил ACEA прийнята у 2004 році. Згідно з цією класифікацією, моторні мастила для бензинових та дизельних двигунів легкових автомобілів по ACEA об'єднані в одну категорію. Але, зважаючи на те, що не всі нові марки мастил, які класифікуються за нинішньою класифікацією ACEA, можуть застосовуватися в двигунах більш ранніх років випуску, виробники моторних мастил, як і раніше, вказують на упаковках мастил раніше присвоєні класи за попередньою редакцією 2002 року.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У редакції класифікації АСЕА 2004р. моторні мастила поділяються на три категорії:

А/В – моторні мастила для бензинових двигунів та дизелів. До цієї категорії увійшли всі розроблені раніше класи А і В (до 2004 року А – масла для бензинових двигунів, В – для дизелів). На даний момент у цій категорії існує чотири класи: А1/В1-04, А3/В3-04, А3/В4-04, А5/В5-04.

С – мастила для бензинових двигунів та дизелів, що відповідають жорстким екологічним вимогам Euro-4. Дані моторні мастила сумісні з каталізаторами та сажовими фільтрами. На даний момент існує три класи у цій категорії: С1-04, С2-04, С3-04.

Е – мастила для навантажених дизелів важкого транспорту. Ця категорія існувала з введення класифікації (з 1995 р.). У 2004 році додано два нових класи Е6 та Е7, а також виключено два застарілі класи [6].

1.5.4. Класифікація моторних масел ААІ

Асоціація автомобільних інженерів (ААІ) у 1998 році запропонувала рекомендаційний стандарт із класифікації моторних масел [6]. Чинний міждержавний стандарт ДСТУ 17479.1 не давав реальної картини експлуатаційних властивостей мастил.

Запропонований стандарт Асоціацією автомобільних інженерів запроваджує класифікацію моторних мастил, побудовану за принципом основних зарубіжних класифікацій – класифікація АСЕА (асоціація європейських автовиробників), американська класифікація АРІ. Введена в 1996 році класифікація якості моторних мастил АСЕА, що замінила застарілу класифікацію ССМС, і посилила вимоги до моторного мастила для європейського ринку в порівнянні з вимогами американських специфікацій, отримала більше визнання.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Класифікація ААІ масел для бензинових двигунів:

Б1 – Бензинові двигуни вантажних автомобілів;

Б2 – Бензинові двигуни легкових автомобілів, що випускалися до 1996;

Б3 – Бензинові двигуни легкових автомобілів, що випускалися після 1996;

Б4 – Бензинові двигуни, які відповідають вимогам Євро-2;

Б5 – Перспективні бензинові двигуни з покращеними екологічними показниками;

Б6 – Бензинові двигуни, які відповідають вимогам Євро-4.

Класифікація ААІ масел для дизелів:

Д1 – Дизеля вантажних автомобілів без наддуву;

Д2 – Дизелі вантажних автомобілів з наддувом, дизелі вантажних автомобілів без наддуву, що працюють у важких умовах;

Д3 – Дизелі вантажних автомобілів з наддувом, що працюють у важких умовах та мають підвищені екологічні показники;

Д4 – Дизелі вантажних автомобілів з наддувом, що працюють у важких умовах та відповідають вимогам Євро-2 щодо викидів токсичних компонентів.

Д5 – Дизелі двигуни вантажних автомобілів з наддувом, що працюють у важких умовах та відповідають вимогам Євро-3 щодо викидів токсичних компонентів;

Універсальні мастила, призначені для використання як у бензинових двигунах, так і в дизелях, як і класифікації європейських виробників мас подвійне позначення. При цьому першим вказується позначення основного застосування мастила, наприклад, мастило для дизельного двигуна з можливим застосуванням для бензинового Д3/Б3 [7].

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5.5. Інші класифікації

Японською організацією автомобільних стандартів (Japanese Automobile Standards Organization) розроблено специфікації JASO, що регламентують вимоги до моторних мастил для дизелів японського виробництва [4]. Об'єднання деяких великих нафтових компаній і автовиробників, що відбулося, посприяло появі глобальних вимог до мастил для дизелів, тому в даний час існує перша всесвітня специфікація на дані мастила, що отримала найменування GLOBAL DHD-1. Вимогам цієї специфікації можуть відповідати лише ті мастила, які виготовлені з використанням базових компонентів високої якості та найефективніших композицій присадок [5].

1.6 Стан і тенденції ринку моторних мастил України

Український ринок мастильних матеріалів у 2015 році пережив справжнє потрясіння, що виразилось в падінні виробництва більш ніж в 3,3 рази. Сталося це через банкрутство найбільшого вітчизняного виробника даної продукції - Бердянського нафтомастозаводу «АЗМОЛ». І хоча в 2020 році обсяг виробництва моторних масел в Україні збільшився на 12,7% (Рисунок 1.4) і продовжив зростання в 1 півріччі 2021 року (на 1 тис.т або 6,6% в порівнянні з 1 пол. 2020), велику нішу заповнила імпортна продукція [9].

Імпорт, який у 2018 році мав паритет з внутрішнім виробництвом, досяг 75% обсягу ринку в 2019, і його частка продовжує збільшуватися (1 кв. 2020 - 76,4%, 1 кв. 2021 - 78,9%) [9].

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Динаміка виробництва на ринку моторних масел в 2018 - 1 кв. 2021 рр., тис. т

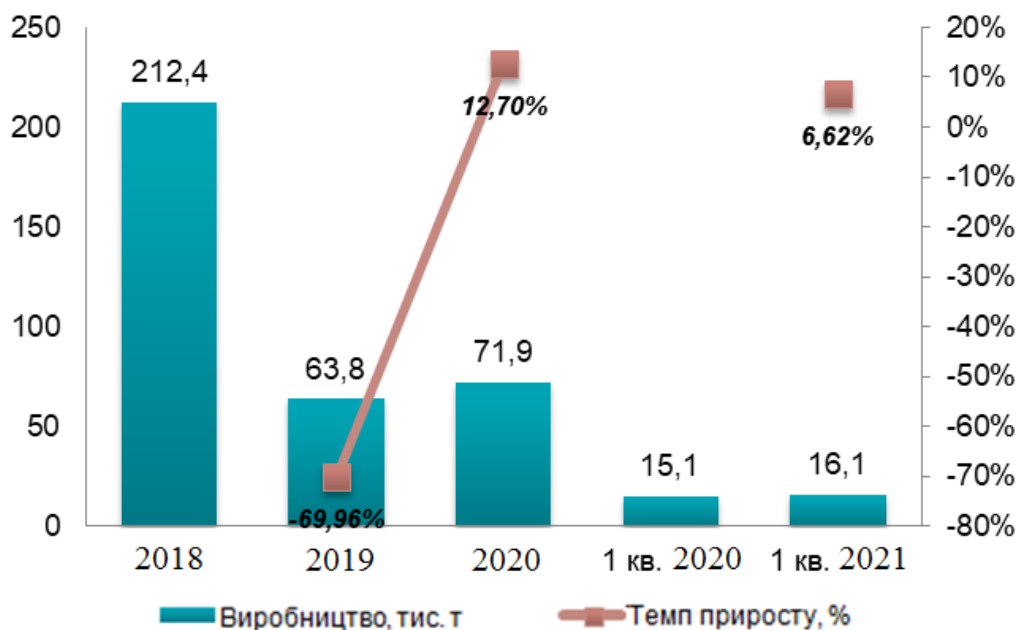


Рисунок 1.4 – Динаміка виробництва на ринку моторних мастил в Україні в 2018-1 кв. 2021 рр.

Основним виробником моторних мастил в нашій країні є компанія «Агрінол», яка випустила в 2020 році 59,5% всіх українських масел. На п'яти лідеру настає друга по виробництву компанія - «СП Юкойл», якій в тому ж році вдалося збільшити свою частку на ринку з 22,7% до 26,9%. Фактори, що впливають на споживання моторного мастила в нашій країні:

1. Споживачі вважають за краще не змінювати бренд і марку моторного масла, якщо вони підходять їм за співвідношенням ціна-якість і ці параметри не змінюються. Тим більше що використання масла одного типу сприяє більш тривалому терміну служби двигуна.

2. Зміна переваг фізичних осіб щодо моторних масел починає активно відбуватися при зміні їх ціни більш ніж на 25%.

3. Впізнаваність торгової марки сприяє підвищенню інтересу до неї у споживачів. Особливо це стосується імпоротної продукції.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. При виборі масла автолюбители воліють більше прислухатися до думки людей, яким вони довіряють (родичам, друзям, знайомим), ніж рекламі в засобах масової інформації [10].

Ринок моторного мастила в Україні має хороші перспективи для зростання. На думку аналітиків компанії Pro-Consulting, головним поштовхом до його зростання буде збільшення в країні кількості автомобілів на 30% через зниження урядом ввізних мит на старі машини. Ціни на мастильні матеріали безпосередньо залежать від вартості сирової нафти, яка за прогнозами зросте найближчим часом на 15-20%. Разом з тим, за даними Міжнародного валютного фонду, приблизно на таку ж величину (15-17%) збільшаться і доходи українців.

Підвищення попиту на моторні мастила на тлі розширення числа споживачів і збільшення їх купівельної спроможності може підвищити привабливість цього ринку і приверне на нього нових учасників.

Аналіз ринку мастильних матеріалів в Україні показує, що в сегменті легкових автомобілів близько 75% продажів припадає на моторні масла. Великі споживачі мастильних матеріалів купують їх, в основному, безпосередньо у виробників. Окремі станції технічного обслуговування і ритейлери найчастіше користуються послугами дистриб'юторів, а дрібні споживачі купують мастильні матеріали у дилерів [11].

За результатами аналізу ринку мастильних матеріалів в Україні був зроблений висновок про те, що найбільше зростання продажів в середньостроковій перспективі очікується в секторі незалежних СТО та пунктів швидкої заміни масла. Це пов'язано з динамічним розвитком цих напрямків бізнесу та активною міграцією до них частини покупців з ритейлу.

У структурі продажів моторних масел для комерційної автотракторної техніки найбільшу частку - майже дві третини - в 2021 році займала продукція для тракторів, ще третина доводилося на вантажні автомобілі і всього 2% моторних масел купувалися для обслуговування автобусів.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Структура продажів моторних мастил для комерційної техніки (вантажівки, автобуси, трактори) в 2021 році, млн.л.

Вид транспорту	Обсяг, млн. л.	Частка, %
Вантажні автомобілі	15,1	33,6
Автобуси	0,9	2,0
Трактори	29,0	64,4
Всього	45,0	100

У розрізі каналів продажів моторних масел для комерційної техніки в минулому році, на прямі продажі доводилося 37,4%, а решта моторного масла реалізовувалася через посередників [9].

Таблиця 1.3 – Структура продажів моторних мастил для комерційної техніки по каналах збуту в 2021 році, млн.л.

Канал продажу	Обсяг, млн. л.	Частка, %
Прямі продажі	16,8	37,4
Непрямі продажі	28,2	62,6
Всього	45,0	100

1.7. Моторне масло як колоїдно-хімічна система

Мастила є досить складними колоїдними системами, (Таблиця 1.4) [2; 3], стабільність яких визначається різними факторами (Таблиця 1.5) [3]. Під впливом зовнішніх впливів відбувається зміна стану системи [2; 4]. З температурою система змінює свій стан, який може характеризуватись як зв'язнодисперсний, вільнодисперсний та умовно молекулярний розчин. Загалом у мастилах трансформуються як основа, так і функціональні присадки.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Дисперсні частинки в моторному мастилі

Найменування	Суть	Приклади
Дозародковий комплекс	Надмолекулярне утворення, не здатне до самостійного існування, яке не має граничних шарів, спонтанно виникає і руйнується з часом	
Зародок	Надмолекулярне утворення в будь-якому агрегатному стані, здатне до самостійного існування і характеризується нескінченно малими значеннями поверхневої енергії і товщини граничного шару, прилеглого до поверхні розділу фаз, що лавиноподібно змінюються в залежності від параметрів. Схильні до молекулярного тяжіння, електричного відштовхування, а також взаємодії за рахунок структурних сил гідрофобного тяжіння	
Міцелла	Має яскраво виражені ядро та сольватний шар з певними якісними характеристиками.	Емульсії вода в нафті або нафту у воді
Складна структурна одиниця (ССО)	Має яскраво виражені ядро та сорбційно-сольватний шар невизначеного якісного складу	Пухирці парів вуглеводнів у початковій стадії зростання, дисперсії сажі в мінеральній олії
Асоціативна комбінація	Локальне структурне	Кристали парафіну в

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

	утворення, що характеризується яскраво вираженими центральною областю і перехідним шаром, що включають молекулярні фрагменти одного виду	дизельному паливі, зростаючі карбенові та карбоїдні утворення при термолізі нафтової сировини
Агрегативна комбінація	Локальне структурне утворення, що відрізняється неяскраво вираженими центральною областю і перехідним шаром, що включають молекулярні фрагменти різного виду	Асфальтенові агрегати при деасфальтизації, кристали парафіну в присутності негативних депресорних присадок, асфальто-смолопарафінові відкладення (АСПВ) з нафтової вуглеводневої сировини

Таблиця 1.5 – Чинники, що впливають на стійкість дисперсних систем

Чинники, що визначають стійкість дисперсних систем	Сутність на систему	Способи, що знижують вплив фактора на систему
Електростатичний	Зменшення міжфазного натягу внаслідок появи електричного потенціалу та подвійного електричного шару на міжфазній поверхні, обумовленого поверхневою електролітичною дисоціацією або адсорбцією електролітів	Введення в систему електролітів
Сорбційно-сольватний	Зменшення міжфазного натягу при взаємодії частинок дисперсної фази з дисперсійним середовищем із зміною характеристик сорбційно-сольватного шару	Ліофобізація частинок дисперсної фази шляхом введення в систему відповідних сорбентів

										Арк.
										X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ					

Ентропійний	Діє в ультрамікрогетерогенних системах, для дисперсної фази яких характерно броунівський рух та прагнення через взаємодію до рівномірного розподілу за обсягом системи	
Структурно-механічний	Утворення на поверхні частинок дисперсної фази сорбційно-сольватного шару, що володіє пружністю та механічною міцністю, руйнування якого потребує певної енергії та часу.	Введення в систему речовин, зокрема розчинників, що впливають на сорбційно-сольватні шари, розчиняючи та розріджуючи їх
Гідродинамічний	Зменшення швидкості коагуляції внаслідок зміни щільності та в'язкості дисперсійного середовища та дисперсної фази	

При старінні мастила відбувається спрацьовування присадок різного призначення, що містяться в них, як найактивнішої частини мастила. Спрацьовування присадок, як правило, відбувається за декількома напрямками. Крім того, на практиці реальні інші напрямки, які в залежності від умов застосування можуть бути не менш значущими, ніж згадані вище. До них, наприклад, відносяться седиментація, термічне розкладання, зокрема, в об'ємі мастила, видалення присадок з мастила. Термічне розкладання викликане впливом високих температур на мастило. Присадки також можуть виділятися з базового мастила засобами очищення мастила у вигляді нерозчинних продуктів з адсорбованими на них функціональними присадками [3].

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

1.8. Роль загущуючої присадки у всесезонних мастилах

Мастила повинні мати таку залежність в'язкості від температури, при якій будуть достатньо текучі при низьких температурах і достатньо в'язкі - при високих, що досягається шляхом введення полімерних загущуючих присадок. При низькій температурі, коли в'язкість мастила вища, молекули полімерного загусника перебувають у «скрученому» вигляді і несуттєво впливають на в'язкість. Зі зростанням температури підвищується їх розчинність, вони «розкручуються» і підвищують в'язкість мастила. Тим самим знижується залежність в'язкості мастила від температури та підвищується індекс в'язкості (ІВ) [4]. Загущуючі присадки можна розділити на дві групи: неполярні, недиспергуючі і полярні, диспергуючі присадки. Перша група потрібна лише для встановлення в'язкості всесезонних мастил. Залежно від хімічної структури та розчинності у базовому мастилі, при концентрації від 0,2 до 1,0 %, вони можуть збільшувати в'язкість на 50–200 %. Крім того, в'язкі присадки впливають на низькотемпературні властивості [5]. Найбільшого поширення набули в'язкісні присадки на основі кополімерів олефінів та поліметакрилатні. Присадки першого типу є маслорозчинними сополімерами етилену і пропілену, які можуть містити також третій мономер - неспряжений діолефін. Поліметакрилатна загущуюча присадка представляє собою лінійний полімер, що складається з ланок з бічними вуглеводневими ланцюгами трьох класів довжини: короткими, проміжними і довгими. Вихідним мономером є вінільне з'єднання, що має наступні риси: - подвійна вуглець-вуглецевий зв'язок, що грає роль активного центру реакцій приєднання полімеризації; - сусідня з подвійним зв'язком ефірна група, яка при полімеризації поляризується і тим самим активує подвійний зв'язок; - бічний ланцюг, приєднаний до ефірної групи; - Бічна метильна група по сусідству з подвійним зв'язком, що служить для ефірної групи захистом від хімічного впливу [4].

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.9. Миючі властивості моторних мастил та їх оцінка

Миючі властивості характеризують спроможність мастила забезпечувати необхідну чистоту деталей двигуна, підтримувати продукти окислення та забруднення у зваженому стані. Під миючим ефектом розуміють здатність мастила перешкоджати налипанню забруднюючих домішок на поверхні деталей двигуна. Під диспергуючою здатністю розуміють властивість мастил перешкоджати укрупненню частинок забруднюючих домішок і утримувати їх у стані стійкої суспензії. Чим кращі миюче-диспергуючі властивості мастила, тим більше нерозчинних речовин – продуктів старіння може утримуватися в працюючому мастилi без випадіння в осад, тим менше лакоподібних відкладень і нагару утворюється на гарячих деталях, тим вище може бути допустима температура деталей (ступінь форсування двигуна). У композиціях моторних мастил в ролі миючих присадок використовують сицелати, сульфонати, алкілфеноляти, алкілсалицилати і фосфонати кальцію або магнію і рідше (з екологічних міркувань) барію, а також раціональні поєднання цих зольних присадок одна з одною і з беззольними дисперсантами-присадками, що знижують, головним чином, схильність мастила до утворення низькотемпературних відкладень і швидкість забруднення фільтрів тонкого очищення мастила. Модифіковані термостійкі беззольні дисперсанти сприяють зменшенню лако- і нагароутворення на поршнях.

Миючі властивості моторних мастил у лабораторних умовах визначають на модельній установці ПЗВ, яка є малорозмірним одноциліндровим двигуном з електроприводом і електронагрівачами. Стендові моторні випробування для оцінки миючих властивостей проводять або в повнорозмірних двигунах, або в одноциліндрових моторних установках за стандартними методиками. Критеріями оцінки миючих властивостей

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

служить чистота поршня, мастильних фільтрів, роторів центрифуг, рухомість поршневих кілець.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкти дослідження

2.1.1. Базові та товарні мастила

Базове мастило, обране як основа для мастил категорії SL, складається з трьох компонентів – двох мастил І групи за АРІ (мастила, отримані класичною сольвентною технологією) та одного мастила ІІІ групи (отримано гідроізомеризацією гачів) [7]. При виборі компонентів для компаундованого базового мастила керувалися рекомендаціями АРІ з урахуванням реалій ринку базових мастил [8]. Властивості базових компонентів наведено у Таблицях 2.1, 2.2 та 2.3.

Середньов'язкий компонент – мастило І-20А.

Таблиця 2.1 – Властивості мастила І-20А [6; 7]

№	Найменування показників	Норма по ДСТУ 20799-88	Фактичне значення	Метод випробувань
1	В'язкість кінематична при 40 ° С, мм ² /с, в межах	29–35	32,8	АСТМ D 445
2	Температура застигання у період 01.04-01.09, °С, не вище	мінус 10	мінус 16	ДСТУ 20287 [12]
3	Температура спалаху, що визначається у відкритому тиглі, °С, не нижче	200	212	ДСТУ 4333 [13]
4	Зольність, %, трохи більше	0,005	0,005	ДСТУ 1461 [13]
5	Вміст води	сліди	сліди	ДСТУ 2477 [13]
6	Вміст механічних	відсутність	відсутність	ДСТУ 6370

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	домішок			[13]
7	Кислотне число, мг КОН/1г мастила, не більше	0,03	0,0029	ДСТУ 5985 [13]
8	Масова частка сірки, %, трохи більше	1,0	0,48	АСТМ D 4294
9	Колір на колориметрі, од.ЦНТ, не більше	2,0	0,5	ДСТУ 20284
10	Вміст розчинників у мастилах селективного очищення	відсутність	відсутність	ДСТУ 1057 [13]
11	Стабільність проти окислення – збільшення кислотного числа окисленого мастила, мг КОН/1г мастила, не більше	0,30	0,0053	ДСТУ 18136
12	Стабільність проти окислення – збільшення смол, %, трохи більше	2,0	0,084	ДСТУ 15886
13	Щільність при 20 ° С, кг/м ³ , не більше	890	870,9	ДСТУ 3900

В'язкий компонент – мастило И-40А.

Таблиця 2.2 – Властивості мастила И-40А за ДСТУ (ТУ) [12]

Найменування показника	Норма по ДСТУ (ТУ)
В'язкість кінематична при 40°C, мм ² /с	51–75
Кислотне число, мг КОН на 1 г мастила, не більше	0,05
Зольність, %, трохи більше	0,005
Вміст механічних домішок	відсутність
Вміст води	сліди
Щільність при 20°C, кг/м ³ , трохи більше	900
Температура застигання, °С, не вище	мінус 15
Колір на колориметрі ЦНТ, одиниці ЦНТ, трохи більше	3,0 (4,5)
Температура спалаху, що визначається у відкритому тиглі, °С, не нижче	220 (200)

									Арк.
									X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ				

Стабільність проти окислення: збільшення кислотного числа окисленого мастила мг КОН на 1 г мастила, не більше збільшення смол, % не більше	0,40 3,0
Вміст розчинників у оліях селективного очищення	відсутність

Мастило базове ізопарафінове VHVI-4. Виробляється за ТУ 0253-026-00148599-2002.

Таблиця 2.3 – Властивості базового мастила VHVI-4 [12]

№	Найменування показників	Метод випробувань	Норма	Фактично
1	Щільність при 15 °С, кг/м ³	ДСТУ Р 51069 [95]	Не нормується, визначення обов'язкове	820,3
2	В'язкість кінематична при 100 °С, сСт, в межах	ASTM D 445	3,9 – 4,6	4,066
3	Індекс в'язкості, щонайменше	ASTM 2270	125	141
4	Температура спалаху у відкритому тиглі, °С, не нижче	ASTM D 92	210	218
5	Температура застигання, °С, не вище	ДСТУ 20287, метод Б	мінус 15	мінус 15
6	Колір на колориметрі, одиниці ЦНТ чи ASTM D, не більше	ДСТУ 20284	1,0	0,5
7	Випарюваність по НВАК, %, не більше	ASTM D 5800	15	13,7
8	Масова частка механічних домішок, %	ДСТУ 6370	відсутність	відсутність
9	Масова частка води, %	ДСТУ 2477	відсутність	відсутність
10	Вміст сірки, %, не більше	ASTM 4294	0,03	0,02
11	Вміст парафіно-нафтенкових вуглеводнів,	ASTM D 2008	90	98,5

										Арк.
										X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ					

	не менше			
12	Зовнішній вигляд		чиста, прозора рідина без осаду від безбарвного до світло-жовтого кольору	чиста, прозора рідина без осаду світло-жовтого кольору

Крім того, для створення компаундованої основи для мастил категорії SN використовувалися наступні базові синтетичні компоненти.

Мастило базове поліальфаолефінове (ПАОМ). У цій роботі використовувалося мастило ПАОМ-4. Властивості деяких ПАОМ наведено у Таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Властивості деяких полі- α -олефінових олій за ТУ [13]

	ПАОМ-4			ПАОМ-5	ПАОМ-6		
	Тип 1	Тип 2	Тип 3		Тип 1	Тип 2	Тип 3
В'язкість кінематична, при 100 °С, мм ² /с, в межах	3,8 – 4,1	3,8 – 4,2	3,8 – 4,3	4,8 – 5,3	5,8 – 6,1	5,8 – 6,3	5,8 – 6,5
В'язкість кінематична, при 40 °С, мм ² /с, в межах	19	20	22	28	34	36	39
Індекс в'язкості, не нижче	120	117	115	120	130	125	120
Щільність при 20 °С, кг/м ³ , в межах	815 – 825			820 – 830	825 – 835		
Температура застигання, °С, не вище	-70	-65	-60	-60			
Температура спалаху у	210			220	240	235	230

									Арк.
									X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ				

відкритому тиглі, °С, не нижче					
Температура спалаху в закритому тиглі, °С, не нижче	-				
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	0,01				
Кольоровість за Хазеном, одиниць, не більше	10	-	15	20	
Колір на колориметрі ЦНТ, одиниць, не більше	0,5				
Вміст механічних домішок	відсутність				
Вміст води	відсутність				
Випаровуваність, % мас., трохи більше	15	13	7	8	9
Бромне число, г Br/100 г, не більше	0,2	0,4			

Мастило базове поліінтраолефінове (ПІОМ). Основні властивості наведено у Таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Деякі властивості ПІОМ

Фізико-хімічні показники	Метод	Норма	Фактично
В'язкість кінематична, при 100°С, мм ² /с	ДСТУ 33	3,8–4,2	3,97
В'язкість кінематична, при 40°С, мм ² /с	ДСТУ 33	17–19	17,44
Індекс в'язкості, не нижче	ASTM D 2270	110	135
Щільність при 20°С, кг/м ³	ДСТУ 3900	815–835	830

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

Температура застигання, °С, не вище	ASTM D 97	-60	-65
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С, не нижче	ASTM D 92	230	220
Кислотне число, мг КОН/г, не більше	ASTM D 974	0,01	0,01
Колір на колориметрі ЦНТ, одиниць, не більше	ДСТУ 20284	0,5	0,5
Вміст механічних домішок	ДСТУ 6370	відсутність	відсутність
Вміст води	ДСТУ 1547 [12]	відсутність	відсутність
Випаровуваність, % мас., не більше	ДСТУ 18136	15	13

При підборі складу основи для моторного мастила категорії SN по API в ролі еталону порівняння використовувалося товарне синтетичне мастило класу в'язкості 0W-40 по SAE виробництва Castrol [13].

2.1.2. Присадки

В роботі використовувалися як дослідні зразки вітчизняних функціональних присадок, так і закордонні товарні зразки.

Полімерні загущуючі присадки:

- сополімер етилену та пропілену Paratone 8900 (Oronite) [15],
- сополімер етилену та пропілену Promix VX35,
- сополімери стиролу та бутадієну SV 150 і SV 260 (Infineum) [15].

Мийно-диспергувальні, антиокислювальні та протизносні присадки:

- високолузний сульфонат кальцію вітчизняний ССК. Отриманий на основі алкілбензолу. Його властивості наведено у Таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Властивості присадки ССК

Фізико-хімічні властивості	Мінімум	Типове	Максимум
----------------------------	---------	--------	----------

									Арк.
									X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ				

		значення	
В'язкість кінематична при 100 ° С, ст		80,0	150
Щільність при 60 ° С, кг/м ³		1110	-
Температура спалаху, °С	180	196	-
Лужне число, мг КОН/г	300	315	350
Вміст сульфонату кальцію, % мас.	28,0	29,0	-
Вміст кальцію, % мас.	10,5	11,5	-
Вміст сульфатної золи, % мас.		39,0	48,0
Вміст механічних домішок		0,08	0,08
Вміст води, % мас.		0,06	0,15

- нейтральний сульфонат кальцію (НСК). Властивості присадки наведено у Таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Властивості нейтрального сульфонату кальцію

Показник	Результат	Метод випробувань
В'язкість кінематична, мм ² /с	28,84	ДСТУ 33
Зольність сульфатна, % (мас.)	9,05	ДСТУ 1217
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	204	ДСТУ 4333
Лужне число, мг КОН/г	16,7	ДСТУ 11362
Масова частка кальцію, % (мас.)	2,63	ДСТУ 13538 [13]

- високолушний фенолят кальцію (ВФК). Властивості наведено у Таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Властивості високолужного феноляту кальцію

Призначення	Покращує миючі, нейтралізуючі та антикорозійні властивості мастил		
Фізико-хімічні властивості	Мінімум	Типове значення	Максимум
В'язкість кінематична при 100 ° С, ст	60	200	250

										Арк.
										X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ					

Щільність при 60 ° С, кг/м ³	1078	-
Температура спалаху, °С	170	208
Лужне число, мг КОН/г	250	286
Вміст сульфатної золи, % мас.	34,0	39,0
Вміст механічних домішок	0,08	0,10
Вміст води, % мас.	0,03	0,10

- сукцинімід борований (СБ). Беззольний сукцинімідний дисперсant, отриманий на основі поліізобутилену з молекулярною масою 1000 і модифікований бором. Властивості наведені у Таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Властивості присадки СБ

Фізико-хімічні властивості	Мінімум	Типове значення	Максимум
В'язкість кінематична при 100 ° С, ст		80,0	200
Щільність при 60 ° С, кг/м ³		895	-
Температура спалаху, °С	160	210	-
Лужне число, мг КОН/г	10,0	15,0	-
Вміст азоту, % мас.	1,0	1,25	-
Вміст бору, % мас.	0,3	0,4	0,8
Зміст механічних домішок	-	0,055	0,06
Вміст води, % мас.		0,03	0,10

- сукцинімід високомолекулярний (СВ). Беззольний сукцинімідний дисперсant, отриманий на основі поліізобутилену з молекулярною масою 1000. Властивості присадки наведені в Таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Властивості присадки СВ

Фізико-хімічні властивості	Значення
В'язкість кінематична при 100 ° С, ст	60
Щільність при 60 Х кг/м ³	890
Температура спалаху, °С	220
Лужне число, мг КОН/г	23
Вміст азоту, % мас.	1,45
Колір під час розведення 15:85	3,5
Кислотне число, мг КОН/г	2,0

									Арк.
									X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ				

Вміст механічних домішок	0,055
Вміст води, % мас.	0,06
Активна речовина, % мас.	42

- Діалкілдітіофосфат цинку (Д-1). Розчин у мінеральному мастилі. Довжина радикалу 5 атомів вуглецю. Властивості наведено у Таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Властивості присадки Д-1

Фізико-хімічні властивості	Мінімум	Типове значення	Максимум
В'язкість кінематична при 100 ° С, ст	11,5	16,0	-
Щільність при 20 ° С, кг/м ³	-	1131	-
Температура спалаху, °С	165	194	-
Вміст цинку, % мас.	8,8	9,2	9,6
Вміст фосфору, % мас.	7,8	8,2	8,5
рН розчину присадки, рН	5,5	6,1	-
Колір під час розведення 15:85	-	1,5	1,5
Вміст води, % мас.		0,03	0,09

- діалкілдітіофосфат цинку з довжиною радикалу 3 атома вуглецю (Д-2). Властивості наведено у Таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Властивості присадки Д-2

Призначення	Покращує мючі, нейтралізуючі та антикорозійні властивості мастил		
Фізико-хімічні властивості	Мінімум	Типове значення	Максимум
В'язкість кінематична при 100 ° С, ст	60	200	250
Щільність при 60 ° С, кг/м ³		1078	-
Температура спалаху, °С	170	208	-
Лужне число, мг КОН/г	250	286	320

									Арк.
									X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ				

Вміст сульфатної золи, % мас.	34,0	39,0
Вміст механічних домішок	0,08	0,10
Вміст води, % мас.	0,03	0,10

В ролі зарубіжних аналогів вітчизняних мийно-диспергуючих присадок використовувалися присадки OLOA246s (нейтральний сульфонат, Oronite), Hybase C-300 (високолузний сульфонат) і Lz6499 (високолузний фенат). Крім перерахованих вище присадок, в роботі були задіяні зарубіжні фенольний антиоксидант Irganox L 135 (BASF), амінний антиоксидант Naugalube 680 (Chemtura) і антикорозійна присадка Irgamet 39.

2.1.3. Композиції та пакети присадок

Склад експериментальних композицій («напівпаketу» та повного пакета), розроблених у процесі дослідження з підбору складу моторного мастила категорії SL за API, наведено в розділі 4. В ролі зарубіжного аналогу для порівняння обрано пакет OLOA 54000 фірми Oronite. При проведенні дослідження з підбору складу основи для моторного мастила категорії SN використовувався пакет присадок lz 21101 фірми Lubrizol [15].

2.1.4. Забруднювачі моторного мастила

В ролі забруднювача, що моделює оксиди азоту, які утворюються в камері згоряння з атмосферного повітря [7; 8], було обрано розведену азотну кислоту [8] у концентрації 1 н. Вибір був зумовлений тим, що в набагато більшій кількості при згорянні палива утворюється вода, і дія оксидів азоту на моторне мастило здійснюється при його обводненні, таким чином оксиди азоту впливають на мастило, розчиняючись у воді в низькій концентрації. Оскільки найбільш активною хімічною сполукою, що утворюється при

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

взаємодії суміші оксидів азоту з водою, є азотна кислота, саме її водний розчин можна розглядати як модельний забруднювач.

2.2. Методи дослідження

Оцінку фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей мастил проводили стандартними та спеціальними дослідницькими методами.

До основних методів дослідження належали високотемпературне каталітичне окислення за Г.І. Шору, вимірювання оптичної щільності на приладі КФК-3-01, визначення в'язкості за ДСТУ 33, також визначався ряд інших показників.

2.2.1. Лабораторний метод на установці високотемпературного каталітичного окиснення (ВКО)

Прототипом установки, що дозволяє максимально моделювати реальні умови роботи ДВЗ, особливо в зоні верхнього поршневого кільця, є установки, розроблені Г.І. Шором, у яких задана висока швидкість обертання внутрішнього стрижня-електрода щодо зразка мастила, наливої в циліндричний сталевий стакан [8].

Мастила в двигунах працюють при різних температурах, у різних гальванопарах і під впливом інших факторів, що впливають на їхні поверхневі та об'ємні властивості. Встановити закономірності перетворень мастила є складним завданням навіть при випробуваннях на моторних стендах.

Для моделювання старіння моторного мастила в умовах експлуатації використовувалися одно- та п'ятишпиндельні установки.

Відмінність одношпиндельної установки від п'ятишпиндельної полягає в меншому часі виходу на необхідний температурний режим, а також

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщення стрижня, що обертається (Рисунок 2.1). У п'ятишпindelній установці стрижень розміщується в нерухомій склянці, що обігрівається, коаксіально. В одношпindelній він розміщується на відстані 1,5 мм від внутрішньої поверхні стінки сталеві склянки, що обігрівається, яка обертається в напрямку, протилежному стрижню. У двигуні відстань між поршнем і циліндром мінімальна, і моторне мастило піддається в цій зоні найбільшому термомеханічному навантаженню в силовому полі гальванопар з різних металів, що виступають, крім іншого, як каталізатори високотемпературних перетворень мастил в двигуні. Ця обставина важлива для розуміння механізму нагароутворення.

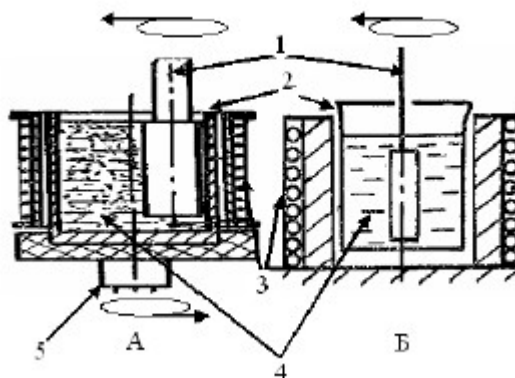


Рисунок 2.1 – Перемішуючі комірки установки ВКО

А – одношпindelної; Б – п'ятишпindelної

1 – стрижні, що обертаються; 2 – сталеві стаканчики; 3 – нагрівальний елемент; 4 – випробуваний зразок мастила; 5 – пристрій для обертання сталеві стаканчика

Використання обох установок дозволяє оперативно та кваліфіковано досліджувати перетворення мастила на ДВЗ. За допомогою них стало можливим не тільки імітувати ці процеси в широкому температурному діапазоні, але й досліджувати об'ємно-поверхневі перетворення мастил і металів, що контактують з ними, з урахуванням присутності забруднювачів, наприклад, таких, як сажа [8].

									Арк.
									X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ				

Проведення випробувань.

а) п'ятишпindelна установка

- алюмінієвий стрижень та сталевий стаканчик попередньо очищають до блиску наждачним папером і протирають розчинником (бензин);

- п'ять сталевих стаканчиків заповнюють по 20 мл випробуваного масла;

- вставляють склянку з мастилом в гніздо корпусу та нагрівають до температури 227-230 °С;

- після досягнення заданої температури опускають блок приводу і включають привід обертання стрижнів;

- мастило окислюється протягом різних заданих проміжків часу від 20 хв до 3 год при температурі близько 230 °С;

- після закінчення окислення відбираються проби з метою оцінки фізико-хімічних показників якості мастила.

б) одношпindelна установка

Відмінності від окислення в п'ятишпindelній установці полягають у кількості використовуваних склянок (одна замість п'яти), а, отже, і у витраті зразка (20 г замість 100), температура проведення процесу становить близько 240 °С, а час окислення становить 10, 20 і 30 хвилин.

2.2.2. Оцінка показників якості мастил

В'язкість кінематична

В'язкість є одним із ключових показників, що характеризують зміни деяких функціональних властивостей мастил в процесі їх застосування. Накопичення продуктів термодеструкції мастила, неповного згоряння палива, руйнування загущуючої присадки та інші фактори можуть мати прямий або непрямий вплив на стан мастила як колоїдної системи. Це в свою чергу позначається на зміні в'язкісно-температурних властивостей. Тому зміна

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в'язкості може свідчити про зміни в самому моторному мастилі, будучи одним із показників бракувань.

У цій роботі вимірювалася кінематична в'язкість мм²/с при 40 °С (ДСТУ 33) [12].

В'язкість динамічна, яка «здається» низькотемпературною, визначається за допомогою імітатора запуску холодного двигуна CCS-2050 (ДСТУ Р 52559-2006, ASTM D 5293) [12; 13]. Випробування проводилися за температури –30 °С і швидкості зсуву 10⁻⁶ с⁻¹.

Низькотемпературна прокручуваність визначається на мініроторному віскозиметрі MRV за ASTM D 4684 [15]. Випробування проводилися за температури –30 °С.

Механічна стабільність загущуючих присадок.

Стабільність полімерних присадок на зсув визначалася на дизельному інжекторному пристрої методом ASTM D 6278 [14]. Розмір стабільності визначається втратою кінематичної в'язкості мастила при 100 °С 30 циклів роботи установки.

Оптична щільність

Оптична щільність є одним із найінформативніших показників зміни об'ємних властивостей у дисперсних системах після випробувань на високотемпературних установках.

Збільшення оптичної щільності під впливом високої температури та кисню пов'язане з накопиченням в мастилі продуктів окиснення, деструкції та конденсації. За величиною сигналу електронного парамагнітного резонансу було експериментально встановлено лінійна залежність оптичної щільності нафтових масел від кількості відкладень, що утворилися, при їх нагріванні в присутності кисню і металу [6]. При зменшенні термічної стабільності мастила більше зростає світлопоглинання і знижується температура, за якої починається зростання оптичної щільності. Вимір оптичної щільності в роботі проводився на фотоелектроколориметрі марки

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

КФК-3-01. Як зразок для порівняння служило вихідне мастило. Вимірювання проводилися на червоному та синьому світлофільтрах. Світлопропускання на синьому світлофільтрі (490 нм) корелюють із загальною кількістю помітних частинок, на червоному (640 нм) – тільки з великими частинками. Зразки, отримані на п'ятишпindelній установці, розбавлялися вихідним мастилом об'ємному співвідношенні 1:19. Зразки з одношпindelної установки розведенню не піддавалися. Чим нижче відношення величини оптичної щільності на синьому світлофільтрі до показання на червоному світлофільтрі, тим більша схильність мастила до утворення високотемпературних відкладень у ДВЗ [7; 8].

рН-метрія, визначення кислотного та лужного числа

Ще одним показником, що наочно демонструє ступінь термоокислювальних перетворень базових мастил, є рН середовища. Основними продуктами каталітичного окисного термолізу є карбонові кислоти і, як наслідок, зі збільшенням ступеня окиснення, середовище стає більш кислим, його рН зменшується. У цій роботі для вимірювання рН випробуваний зразок розчинявся в стандартному розчиннику для визначення кислотних і лужних чисел за ДСТУ 11362-96 у співвідношенні 10 г зразка на 100 г розчинника [15]. Визначення рН відбувалося за інтенсивного перемішування на приладі «Експерт-001».

ИК-спектрометрія

Для виявлення причин змін в основі моторного мастила необхідно вивчити особливості будови молекул мастила. Одним із інструментальних методів дослідження будови речовини є інфрачервона спектроскопія. Її принцип ґрунтується на поглинанні енергії електромагнітного випромінювання молекулами речовини.

У цій роботі дослідження проводилися на ИК-Фур'є спектрометрі Інфралюм ФТ-02. Випробування проводилося з використанням кювети фірми Векман товщиною 0,2 мм, виконаної з броміду калію і з системою

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

блокуючих пристроїв Luer і конусними пробками з політетрафторетилену. Після попереднього промивання (прокачування 2-4 мл зразка) кювета заповнювалася випробуваним мастилом і поміщалась в штатив спектрометра. Спектр формувався за підсумками 20 сканувань з роздільною здатністю 4см-1 в діапазоні від 4000 до 400 см-1. Отриманий спектр представлений величиною оптичної щільності (світлопоглинання) оброблявся за допомогою спеціальної програми математичної обробки спектрів. Спектри знімалися в діапазоні 1700-1750 см⁻¹, який відповідає за накопичення карбонових кислот - продуктів окислення [14].

2.2.3. Оцінка миючих властивостей моторних мастил

Миючі властивості на установці ПЗВ

Для оцінки миючих властивостей моторних мастил застосовується стандартний метод встановлення ПЗВ. Сутність методу полягає у випробуванні мастила у високотемпературному режимі без подачі палива з наступною оцінкою відкладень (лаку та нагару) у балах на бічних поверхнях поршня, умовно розділених на дві зони (верхніх поршневих кілець та спідниці поршня). Показник «миючі властивості ПЗВ» характеризує схильність до утворення високотемпературних відкладень на поршні двигуна. Метод ПЗВ дозволяє контролювати миючі властивості при виробництві мастил та проведенні дослідницьких робіт.

Установка типу ПЗВ, призначена для оцінки миючих властивостей моторних мастил, складається з наступних вузлів:

- одноциліндровий чотиритактний двигун з приводом від електромотора;
- системи контролю та управління.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль технічного стану установки типу ПЗВ здійснюють за результатами оцінки миючих властивостей стандартних зразків масел ОСО ПЗВ-1 та ВЗГ ПЗВ-2.

Технічний стан установки вважають задовільним, якщо в результаті випробування стандартних зразків отримано такі значення:

ОСО ПЗВ-1 – $(1,5 \pm 0,5)$ бала;

ОСО ПЗВ-1 – $(3,5 \pm 0,5)$ бала.

Випробування проводять у наступному режимі (Таблиця 2.13).

Таблиця 2.13 – Режим проведення випробування на установці ПЗВ

Частота обертання колінчастого валу, хв^{-1}	Температура, °С			
	Мастила в картері	Середини циліндра	Головки циліндра	Повітря на впуску
2500 ± 50	125 ± 2	225 ± 2	300 ± 2	220 ± 2

Миючі властивості на установці ПК

Метод оцінки миючих властивостей на установці "похила канавка" моделює умови контакту моторного мастила з нагрітою поверхнею поршня в двигунах внутрішнього згорання. Сутність методу полягає в якісній та кількісній оцінці лакових відкладень, що утворюються при вільній течії моторного мастила, що подається із заданою швидкістю, по оцінному елементу, встановленому під нахилом і що має за своєю довжиною градієнт температур від $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Лабораторна установка «похила канавка» (Рисунок 2.2) включає штовхач 1 (15), двигун повернення поршневого дозатора 2, механізм регулювання подачі мастила 3, корпус 4, вимірювач температури 5 (12), вимикач живлення нагрівача 6, вимикач мережі 7, вимірювач-регулятор температури 8, кнопка включення двигуна повернення поршневого дозатора 9, важіль відключення крокового двигуна 10, вимикач приводу

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд модернізованої лабораторної установки для оцінки схильності моторних мастил до шлакоутворення «похила канавка»

Установка «похила канавка» працює за наступним принципом.

У поршневий дозатор набирають 25 см³ попередньо відфільтрованого мастила. Заповнений дозатор встановлюють у кріпленнях. Приєднують трубку подачі мастила. Включають електроживлення установки.

За допомогою вимірювача-регулятора ТРМ10 задають температуру нагрівання верхній частині випробувального блоку 300 °С, що створює умови для нерівномірного нагріву оцінної пластини, які моделюють температурний режим бічної стінки поршня двигуна внутрішнього згорання. Включають нагрівання випробувального блоку та контролюють температуру в зоні першої термопари.

За початок робочого режиму випробування приймають момент, коли температура в зоні першої термопари досягає значення від 295 до 300 °С. Час виходу на режим випробування не повинен перевищувати 15 хвилин.

Для заповнення системи подачі мастилом при досягненні температури (150 ±2) °С включають кроковий двигун, що впливає на штовхач поршневого дозатора.

Коли температура в зоні першої термопари досягає значення від 295 до 300 °С починають подачу випробуваного мастила на нагріту оцінну пластину. Випробовуване мастило під дією сили тяжіння вільно стікає по оціночній пластині і збирається в мастилозбірнику.

Після закінчення 2 год з початку робочого режиму кроковий двигун автоматично відключається датчиком. Оператор відключає нагрівання та електроживлення установки.

Після охолодження установки протягом 30-45 хв пінцетом витягують оцінну пластину, яка додатково охолоджується за температури навколишнього середовища протягом 5-10 хв. Для видалення залишків

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випробуваного мастила оцінну пластину обполіскують розчинником, висушують на відкритому повітрі протягом, зважують з похибкою не більше 0,0002 г.

Після цього проводять оцінку кольору лакових відкладень за кольоровою еталонною шкалою. Зовнішній вигляд оціночних пластин після паралельних випробувань мастила наведено на Рисунок 2.3.

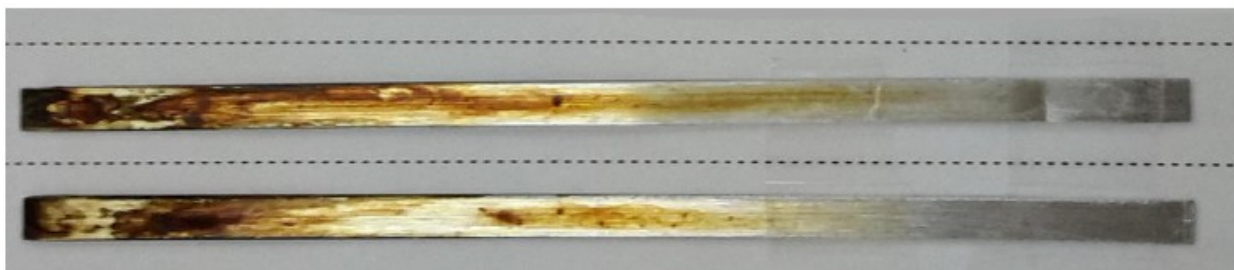


Рисунок 2.3 – Оціночні пластини установки «похила канавка» після паралельних випробувань

Основні параметри роботи установки вказані у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Основні параметри роботи установки «похила канавка»

Характеристики	Значення
Тривалість випробування, год	2
Швидкість подачі мастила, л/год	0,013
Кут нахилу оцінного елемента, °	10

Контроль технічного стану установки «похила канавка» здійснюють за результатами оцінки миючих атестованих властивостей стандартних зразків масел ОСО ПЗВ-1 та ОСО ПЗВ-2, призначених для контролю технічного стану встановлення ПЗВ за ДСТУ 5726-2013.

З метою встановлення норм на зразки ОСО ПЗВ-1 та ОСО ПЗВ-2 для контролю технічного стану установки «похила канавка» були проведені паралельні випробування цих зразків, розраховані середні значення, середньоквадратичні відхилення та довірчі інтервали.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

Результати випробувань стандартних зразків наведено у Таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Результати випробувань стандартних зразків на установці «похила канавка»

Найменування стандартного зразка	лакоутворення, бал	маса лаку, мг
ОСО ПЗВ-1	2,0	0,8
	2,0	0,6
	2,0	0,6
	2,0	0,7
	1,5	0,5
	2,5	0,8
	2,0	0,9
	2,0	0,8
	2,0	1,0
	2,0	0,7
	2,0	0,8
Середнє значення, \bar{X}	2,0	0,7
Середнє квадратичне відхилення, S	0,22	0,15
Довірчий інтервал, $\pm \Delta$	0,16	0,11
ОСО ПЗВ-2	4,0	2,2
	4,0	1,7
	4,0	1,6
	3,5	1,4
	4,0	1,9
	4,0	2,0
	4,0	1,6
	4,0	1,5
	4,0	1,8
Середнє значення, \bar{X}	3,9	1,7
Середнє квадратичне відхилення, S	0,17	0,30
Довірчий інтервал, $\pm \Delta$	0,13	0,23

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

На основі отриманих результатів випробувань можна рекомендувати для контролю технічного стану установки наступні величини зразків:

- за показником «колір лаку»:

ОСО ПЗВ-1 – (2,0 ±0,5) бала;

ОСО ПЗВ-2 – (4,0 ±0,5) бала.

- за показником «маса лаку»:

ОСО ПЗВ-1 – (0,7 ±0,1) мг;

ОСО ПЗВ-2 – (1,7 ±0,2) мг.

Якщо в результаті випробування миючі властивості одного зі стандартних зразків не відповідають вищезазначеному значенню, виявляють та усувають несправність установки. Повторюють випробування стандартних зразків до одержання встановлених результатів. Контроль технічного стану установки із застосуванням стандартних зразків рекомендується проводити не рідше ніж за 10 випробувань. Оціночними показниками методу є маса лакових відкладень m_l і колір лакових відкладень.

Маса лакових відкладень m_l , в міліграмах (мг), визначається за різниці маси оцінного елемента до початку та після випробування:

$$m_l = m_2 - m_1 \quad (14)$$

де m_2 - маса оцінного елемента після випробування, мг;

m_1 - маса оцінного елемента до випробування, мг.

Колір лакових відкладень, що утворилися на оціночній пластині, визначають візуально згідно з описом колірної шкали, у балах від 0 до 6 [12]. Шкала дається у вигляді опису відкладень поблизу гарячого кінця пластини у двох зонах, що моделюють різні ділянки бічної поверхні поршня (Таблиця 2.16):

зона 1 – на відстані від 0 до 20 мм, що відповідає зоні розташування поршневих кілець;

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зона 2 - на відстані від 21 до 50 мм, що відповідає спідниці поршня.

Таблиця 2.16 – Опис колірної шкали визначення миючих властивостей моторних мастил

Опис відкладень на оціночній пластині	Оцінка, бал
Чиста пластина (без відкладень)	0
Зона 1 покрита лаком світло-жовтого кольору Зона 2 чиста	1
Зона 1 покрита лаком світло-коричневого кольору Зона 2 покрита лаком світло-жовтого кольору	2
Зона 1 покрита коричневим лаком. Зона 2 покрита лаком світло-коричневого кольору	3
Зона 1 покрита лаком темно-коричневого кольору Зона 2 покрита коричневим лаком.	4
Зона 1 покрита лаком чорного кольору Зона 2 покрита лаком темно-коричневого кольору	5
Обидві зони покриті лаком чорного кольору	6

Для методу оцінки миючих властивостей моторних мастил на лабораторній установці «похила канавка» були визначені межі значень оціночних показників, що допускаються, для кожної експлуатаційної групи мастил. Встановлені критерії наведено у Таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Критерії поділу моторних мастил на групи за результатами випробування за методом "похила канавка"

Оціночні показники	Експлуатаційні групи		
	«Д»	«Г»	«В»
Миючі властивості, колір лаку, бал, не більше	4,0	5,0	6,0

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

Маса лакових відкладень мг, не більше	3,7	4,9	6,2
---------------------------------------	-----	-----	-----

Запропоновані межі значень, що допускаються на оціночні показники: колір лакових відкладень і маса лаку, безумовно, носять паліативний характер, тому повинні розглядатися як тимчасові, які можуть бути скориговані в міру накопичення реальних статистичних даних за оціночними показниками даного методу.

Метод оцінки миючих властивостей на установці «похила канавка» в той же час дозволяє зафіксувати температуру початку лакоутворення, що дає можливість оцінити діапазон температур, при яких мастило виявляє найвищий рівень миючих властивостей.

У цьому методі наявність двозонної колірної шкали для оцінки кольору лаку та показника оцінки маси лаку дозволить більш об'єктивно оцінити миючі властивості.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИСАДОК В ОСНОВІ МОТОРНОГО МАСТИЛА КАТЕГОРІЇ SL ПО API

3.1. Порівняння дослідних зразків миючих присадок із зарубіжними товарними аналогами

Автором були розглянуті вітчизняні дослідно-промислові зразки присадок: ССК – високолузний сульфонат кальцію, НСК – нейтральний сульфонат кальцію та фенолят кальцію – ВФК [11].

В ролі зарубіжних аналогів вітчизняних присадок використані продукти провідних світових виробників: OLOA246s (нейтральний сульфонат), Nubase C-300 (високолузний сульфонат) та Lz6499 (високолузний фенолят).

Для нівелювання впливу складу базових мастил на результати досліджень усі лабораторні дослідження окремих присадок та дослідних зразків проведені в одному місці. Базове мастило (частково синтетичне) підібране з вітчизняних компонентів, виходячи з можливості приготування моторних мастил класу в'язкості SAE 10W-40. Склад базового мастила наведено в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Склад основи моторного мастила класу 10W-40

Компонент	Концентрація, % мас
Середньов'язкий дистилатний компонент	45
В'язкий дистилатний компонент	25
Мастило базове ізопарафінове VHVI-4	30

Дане базове мастило має кінематичну в'язкість 30 мм²/с при 40 °С, 5,4 мм²/с при 100 °С, а його ВВ становить 116.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Антиокислювальні властивості присадок у базовому мастилі оцінювалися в умовах високотемпературного каталітичного окиснення.

Оцінку ефективності лабораторних та дослідно-промислових зразків присадок виконано порівняно з обраними закордонними аналогами.

Як аналог дослідної присадки ССК прийнято продукт С300. Присадки вводилися в базове мастило концентраціях 2 і 3 % мас і піддавалися високотемпературному каталітичному окисненню протягом 1, 2 і 3 год. Встановлено, що більш тривале окиснення є недоцільним, внаслідок втрати диференційної здатності методу.

Аналіз наведених даних свідчить про те, що в умовах каталітичного окисного термолізу характер зміни показників дослідного та зарубіжного високолузних сульфонатів близький за рівнем до нейтралізуючих властивостей. Однак, слід зазначити, що при збільшенні часу окиснення дослідного зразка та його аналога тенденція змін показників краща у імпортного аналога (менші кути нахилу кривих до кінця окиснення).

Результати дослідження наведено в Таблицях 3.2–3.8 та на Рисунках 3.1–3.10.

Таблиця 3.2 – В'язкість, лужне та кислотне число 3,0 % розчинів високолузних сульфонатів в умовах ВКО

Час окиснення, год	С-300	ССК
0	31,18	31,38
1	35,57	36,40
2	48,97	42,83
3	49,99	54,02

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

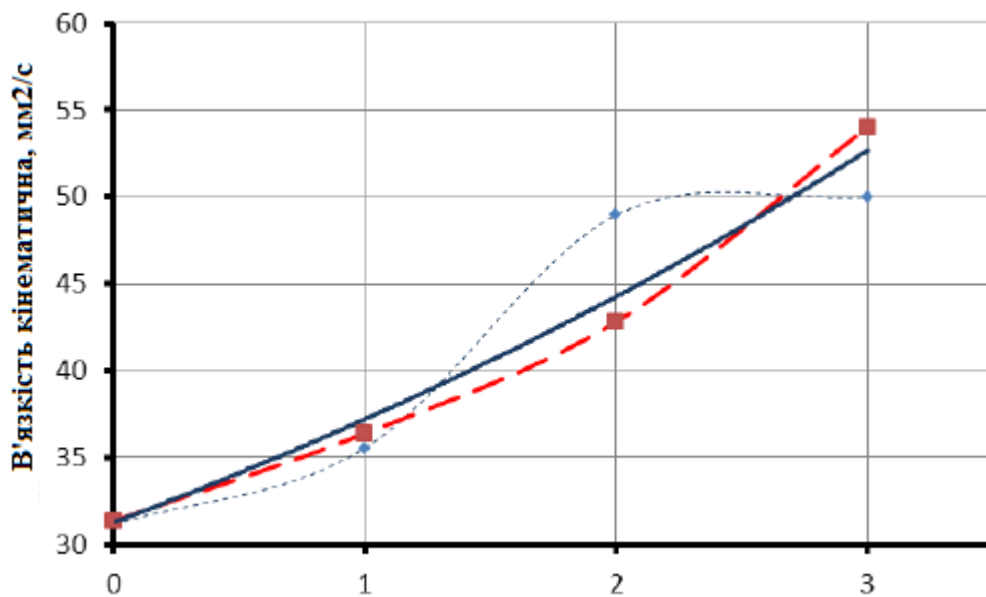


Рисунок 3.1 – Залежність в'язкості 3,0 % розчинів високолуужних сульфонатів від часу окислення за умов ВКО

Таблиця 3.3 – Лужне число 3,0 % розчинів високолуужних сульфонатів за умов ВКО

Час окислення, год	C-300	ССК
0	9,86	8,5
1	8,67	7,35
2	8,28	6,45
3	8,03	5,87

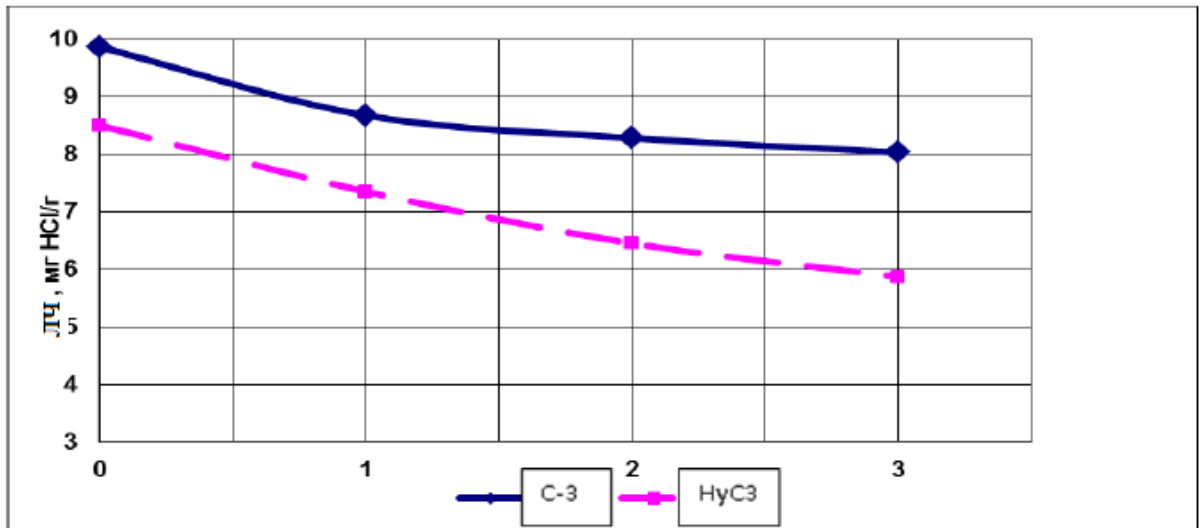


Рисунок 3.2 – Залежність лужного числа 3,0% розчинів високолузних сульфонатів від часу окиснення в умовах ВКО

Таблиця 3.4 – Кислотне число 3,0 % розчинів високолузних сульфонатів умовах ВКО

Час окислення, год	C-300	ССК
0	0,47	0,59
1	1,38	1,65
2	1,52	1,82
3	3,09	2,95

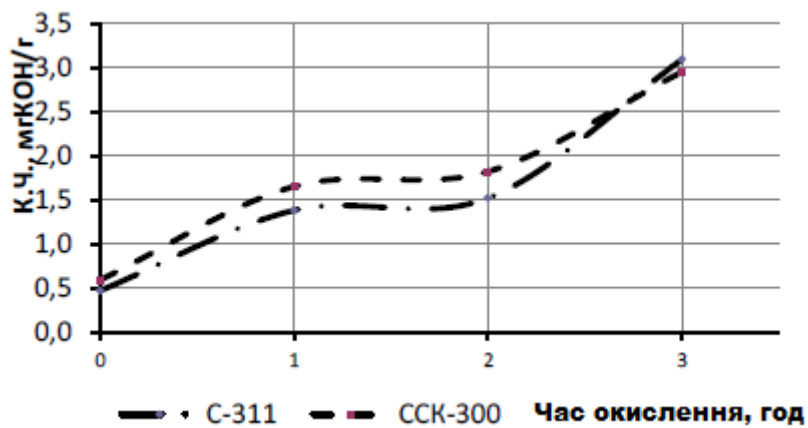


Рисунок 3.3 – Зміна в'язкості (ν 40), лужних та кислотних чисел 3,0 % розчинів високолузних сульфонатів у процесі окиснення

Таблиця 3.5 – Оптична густина 3,0 % розчинів високо лужних сульфонатів у процесі окислення

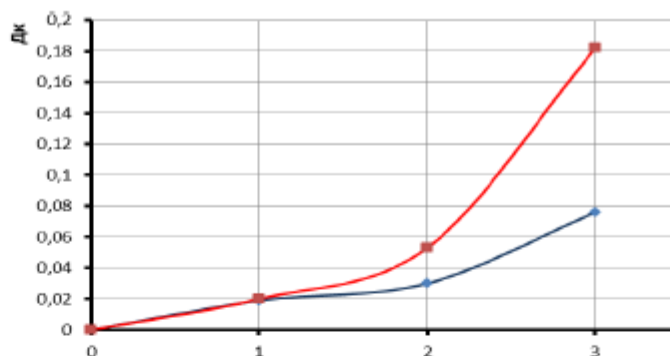
	Червоний			Синій	
	С-300	ССК		С-300	ССК
0	0	0	0	0	0
1	0,019	0,02	1	0,185	0,363
2	0,03	0,053	2	0,685	1,055
3	0,076	0,182	3	1,505	2,736

Таблиця 3.6 – Зміна в'язкості (ν 40) 2,0 % розчинів високолузних сульфонатів у процесі окислення

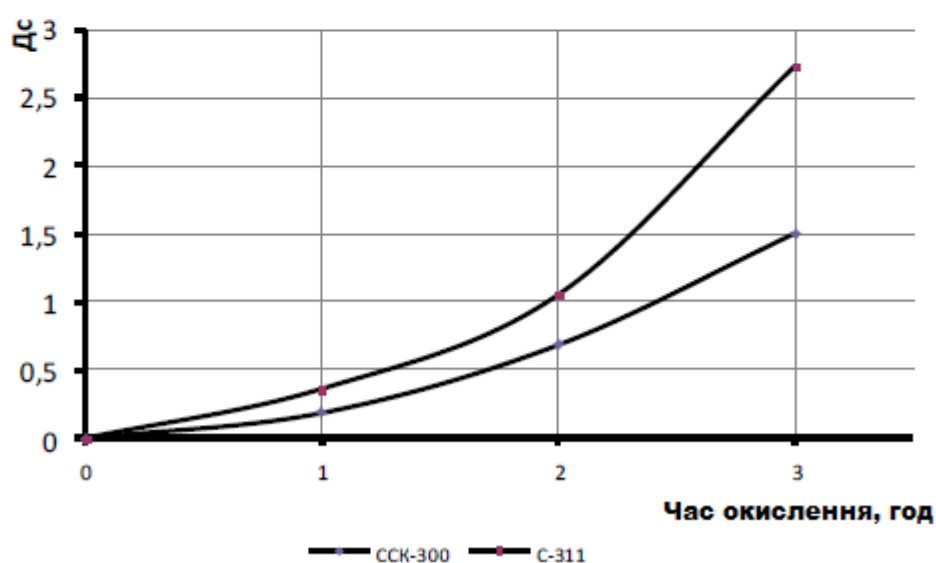
Час окислення, год	С-300	ССК
0	6,5	5,88
1	5,62	4,33
2	4,91	3,80
3	4,56	3,25

Таблиця 3.7 – Кислотне число 2,0% розчинів високолузних сульфонатів в умовах ВКО

Час окислення, год	С-300	ССК
0	0,34	0,20
1	1,11	0,9
2	1,85	1,90
3	3,60	3,21



а)



б)

Рисунок 3.4. – Зміна оптичної густини 3,0 % розчинів високолуужних сульфонатів у процесі окислення
а – на червоному фільтрі; б – на синьому фільтрі

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

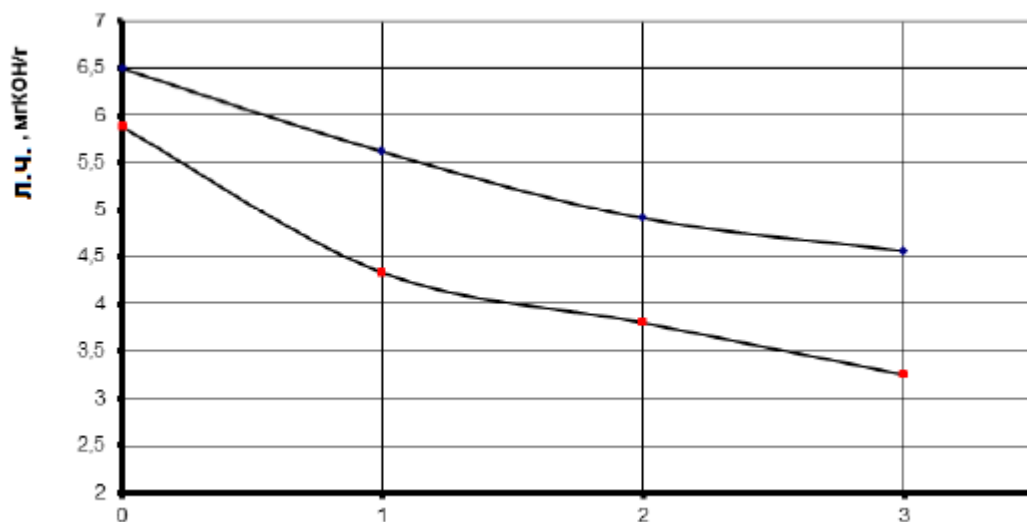


Рисунок 3.5 – Залежність лужного числа 2,0 % розчинів високолузних сульфонатів від часу окислення за умов ВКО

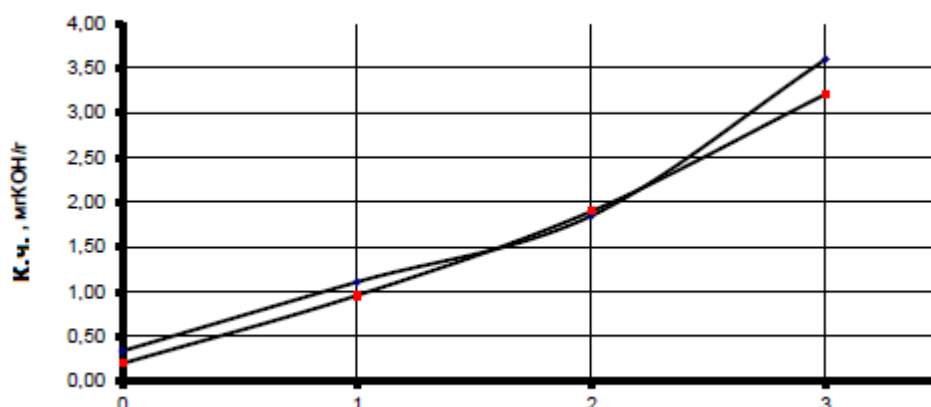


Рисунок 3.6 – Залежність кислотного числа 2,0 % розчинів високо лужних сульфонатів від часу окиснення в умовах ВКО

Таблиця 3.8 - В'язкість 2,0% розчинів високолузних сульфонатів в умовах ВКО

Час окислення, год	С-300	ССК
0	30,47	30,47
1	35,17	35,17
2	42,63	43,96

3	57,46	52,08
---	-------	-------

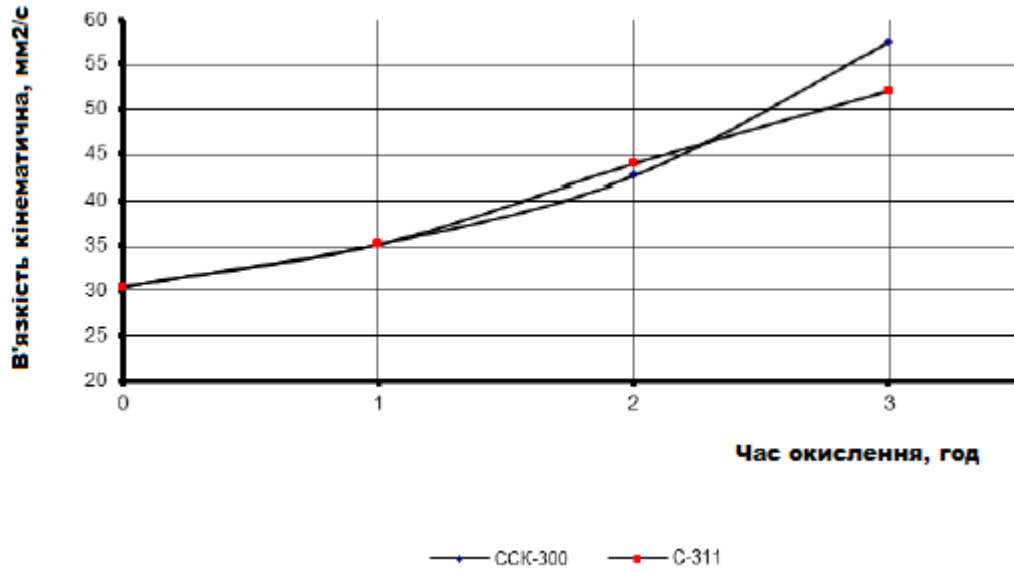


Рисунок 3.7 – Зміна в'язкості 2,0 % розчинів високо лужних сульфонатів у процесі окислення

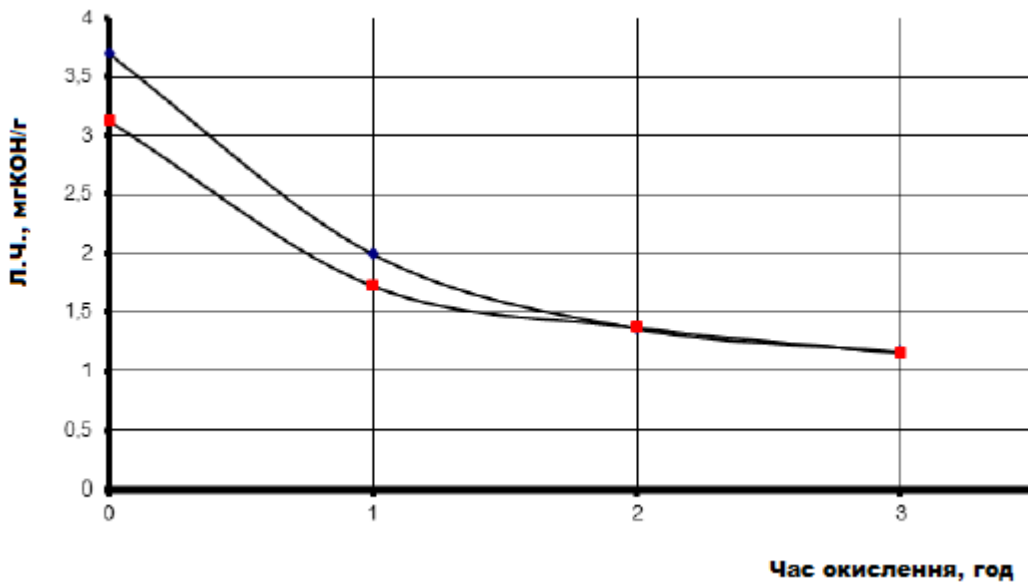


Рисунок 3.8 – Залежність лужного числа 2,0 % високолуужних розчинів сульфонатів від часу окиснення

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк. Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

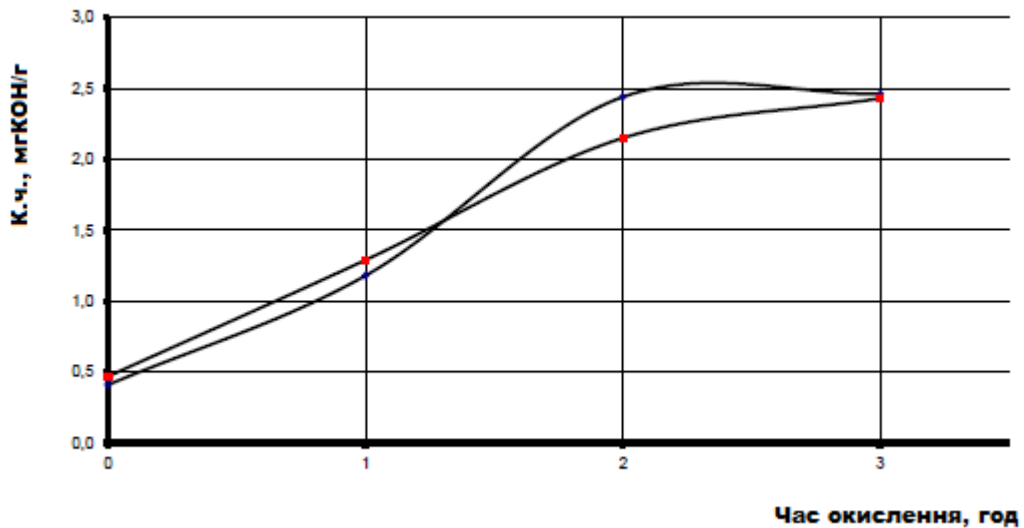


Рисунок 3.9 – Залежність кислотного числа 2,0 % високолузних розчинів сульфонатів від часу окиснення

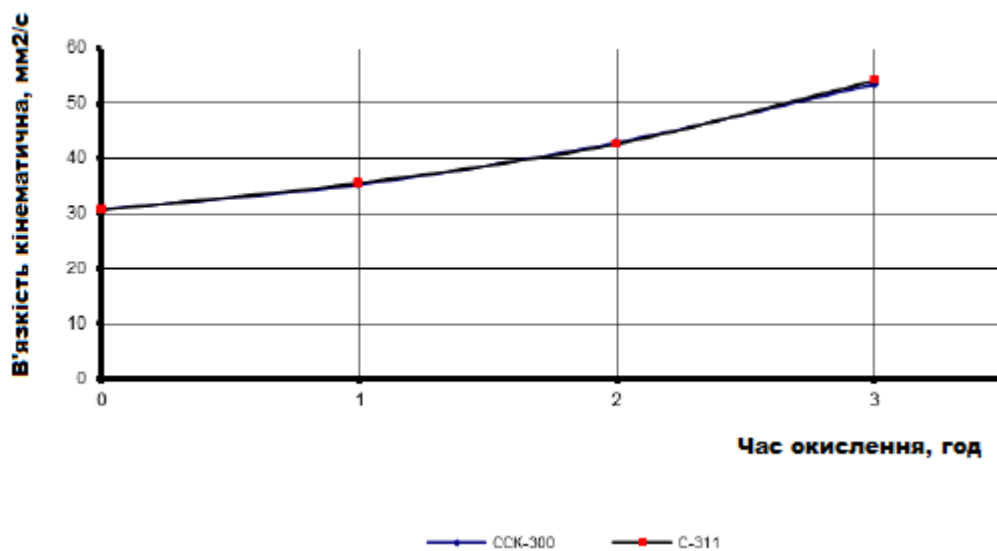


Рисунок 3.10 – Зміна в'язкості 1,0 % розчинів високолузних сульфонатів залежно від тривалості окиснення

Далі у роботі проводилася порівняльна оцінка нейтральних сульфонатів. Як аналог присадки НСК прийнято продукт OLOA 246S фірми Chevron-Oronite.

Присадки вводилися в мастило в концентрації 3 % мас. і піддавалися каталітичному окисному термолізу протягом 1, 2 і 3 год.

										Арк.
										X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Результати цих випробувань наведено в Таблицях 3.9-3.12 та на Рисунках 3.11-3.14.

Таблиця 3.9 – В'язкість (ν 40), лужних та кислотних чисел 3,0 % розчинів нейтральних сульфонатів у процесі окислення

Час окислення, год	OLOA 246S	НСК
0	32,37	31,52
1	34,58	34,58
2	40,53	43,70
3	49,30	50,67

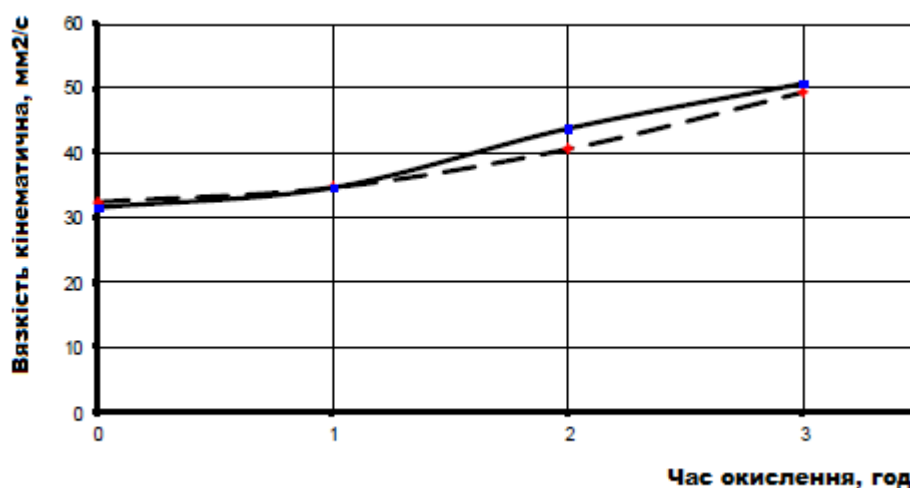


Рисунок 3.11 – Залежність в'язкості 3,0 % розчинів нейтральних сульфонатів від часу окислення

Таблиця 3.10 – Лужне число 3,0 % розчинів нейтральних сульфонатів у процесі окислення

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час окислення, год	OLOA 246S	НСК
0	0,48	0,55
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00

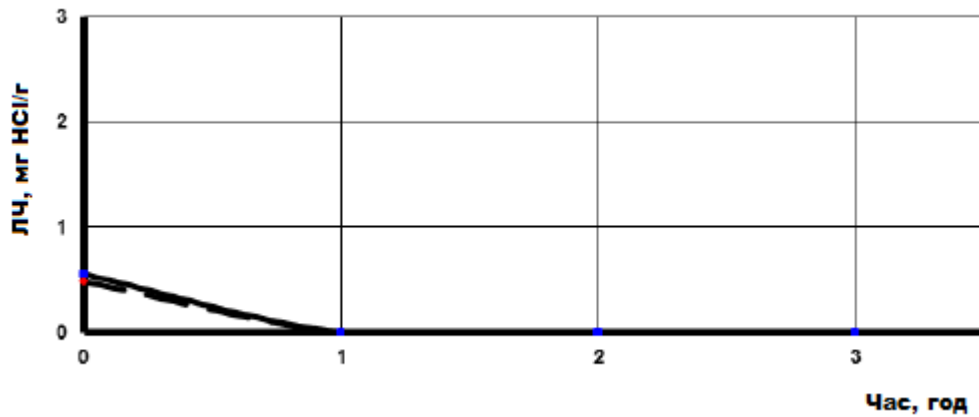


Рисунок 3.12 – Залежність лужного числа 3,0 % розчинів нейтральних сульфонатів від часу окислення

Таблиця 3.11 – Кислотне число 3,0% розчинів нейтральних сульфонатів у процесі окислення

Час окислення, год	OLOA 246S	НСК
0	1,69	1,27
1	1,57	1,64
2	2,76	2,34
3	3,94	3,91

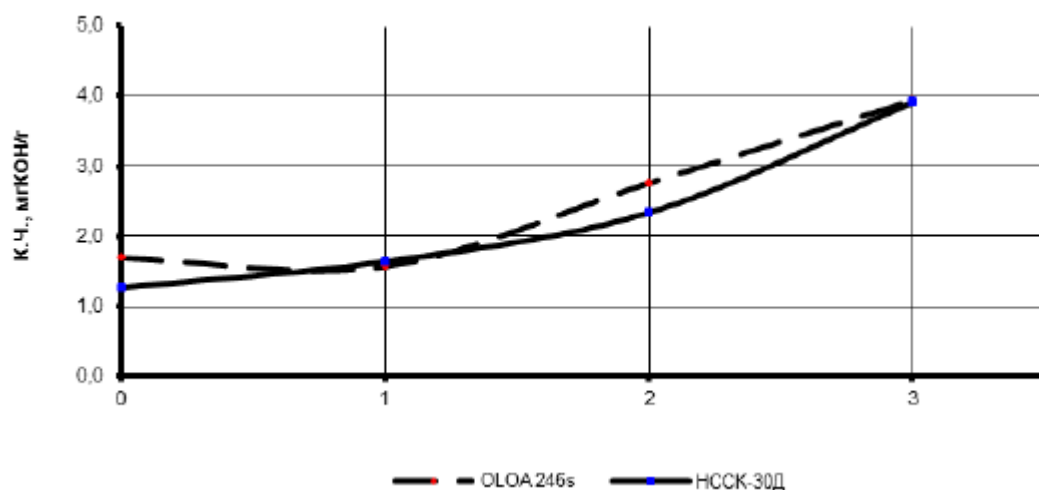
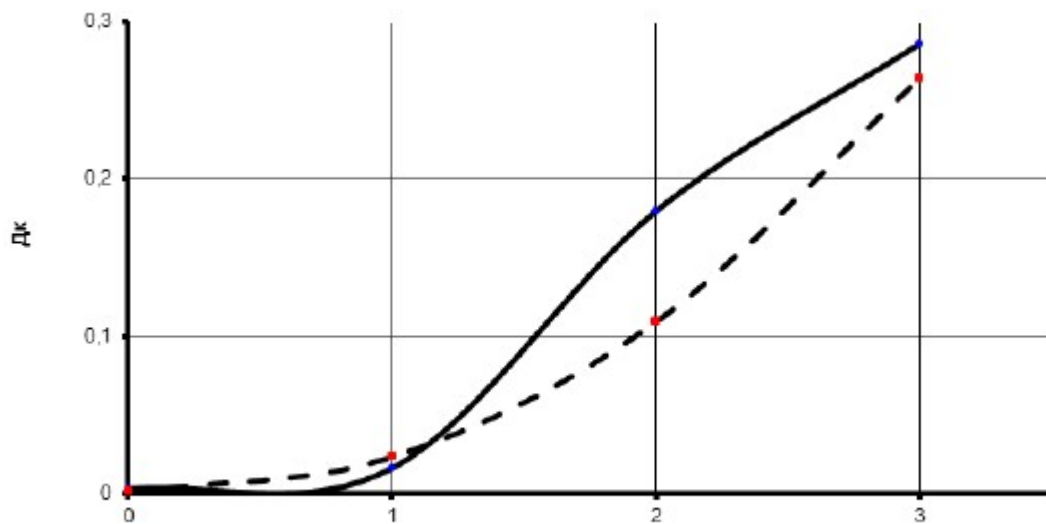


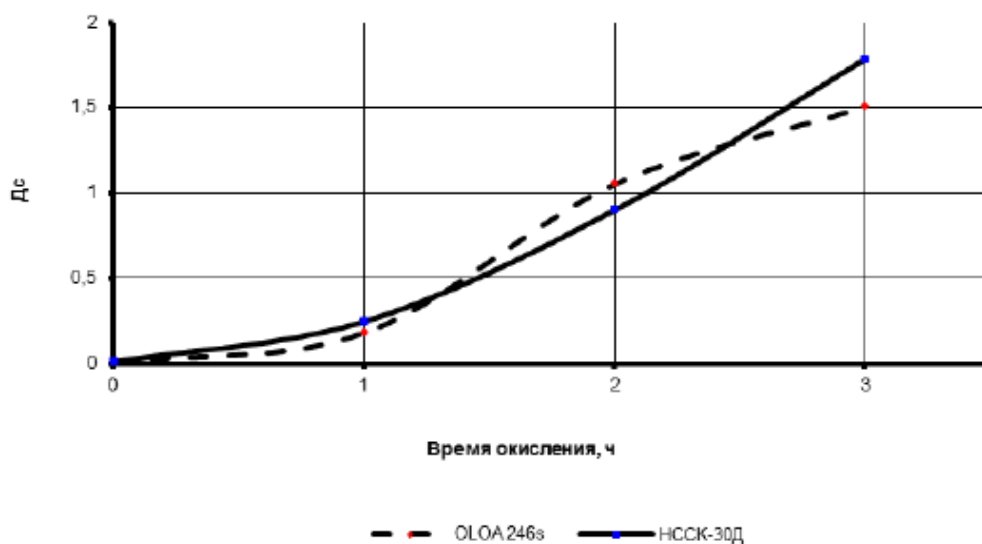
Рисунок 3.13 – Зміна в'язкості, лужних та кислотних чисел 3,0 % розчинів нейтральних сульфонатів у процесі окислення

Таблиця 3.12 – Зміна оптичної густини 3,0 % розчинів нейтральних сульфонатів у процесі окислення

Час окислення	Червоний світлофільтр		Синій світлофільтр	
	НСК	246s	НСК	246s
0	0,001	0,003	0,009	0,008
1	0,023	0,014	0,245	0,164
2	0,109	0,176	0,898	1,05
3	0,264	0,286	1,785	1,504



а)



б)

Рисунок 3.14 – Зміна оптичної густини 3,0 %-них розчинів нейтральних сульфонатів у процесі окислення

а) на червоному фільтрі; б) на синьому фільтрі

Аналіз результатів показав, що зміна стану зразків присадок відрізняється незначною мірою (у межах похибки вимірювань), що свідчить

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

про близький рівень термоокислювальних властивостей дослідно-промислового зразка присадки НСК і аналога OLOA246S.

Далі в роботі аналізувалися присадки фенолятного типу, що є обов'язковим компонентом моторних мастил категорії В5. Як аналог присадки ВФК був прийнятий продукт Lz6499, який вводився в базове мастило концентрації 3% (мас.).

Результати каталітичного окисного термолізу наведено на Рисунках 3.15–3.18 та Таблицях 3.13–3.16.

Таблиця 3.13 – В'язкість 3,0% розчинів високолузних фенолятів у процесі окислення

Час окислення, год	ВФК	Lz6499
0	31,34	31,37
1	32,56	33,08
2	38,13	36,57
3	41,79	43,61

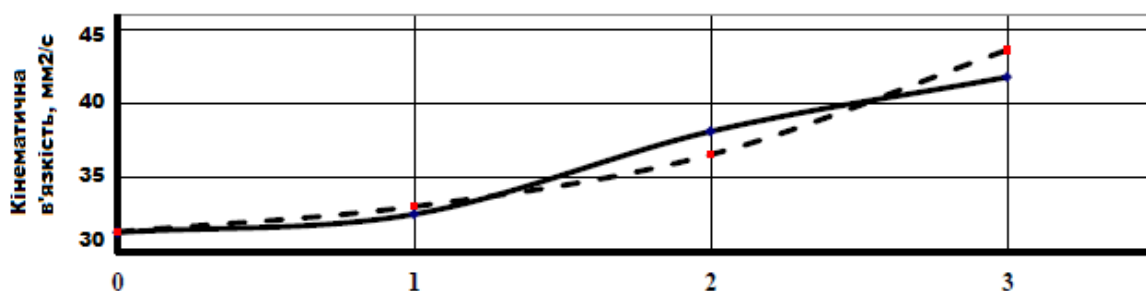


Рисунок 3.15 – Залежність кінематичної в'язкості 3,0 % розчинів високолузних фенолятів від часу окиснення

Таблиця 3.14 – Лужне число 3,0 % розчинів високолузних фенолятів процесі окислення

Час окислення, год	ВФК	Lz6499
0	7,27	7,4
1	5,97	5,01
2	3,71	2,82
3	3,39	1,93

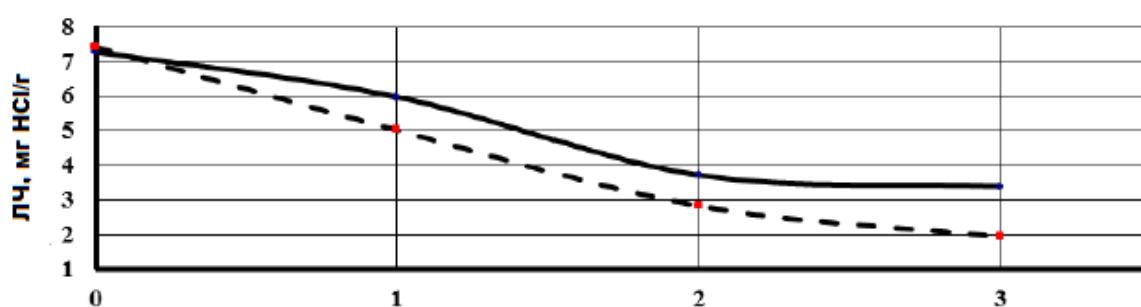


Рисунок 3.16 – Залежність лужного числа 3,0 % розчинів високолузних фенолятів від часу окиснення

Таблиця 3.15 – Кислотне число 3,0% розчинів високолузних фенолятів у процесі окислення

Час окислення, год	ВФК	Lz6499
0	0,41	0,27
1	0,68	0,79
2	1,75	1,78
3	2,17	2,23

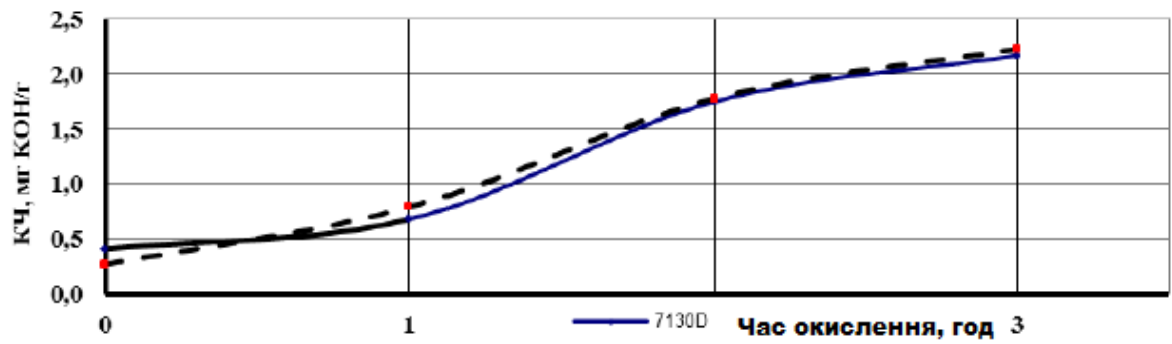
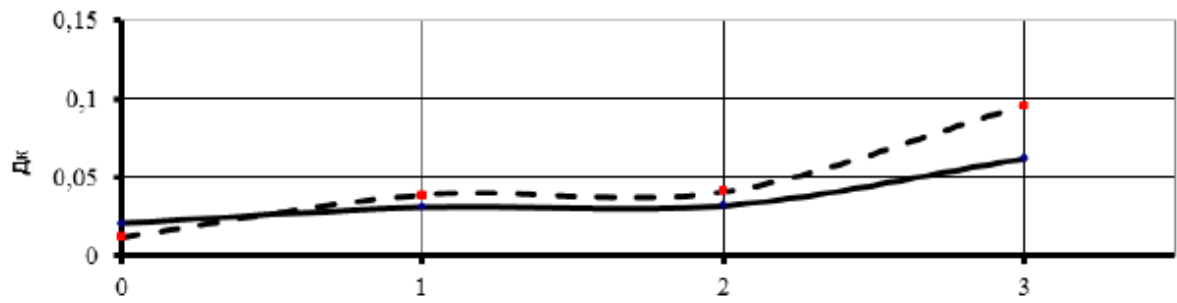


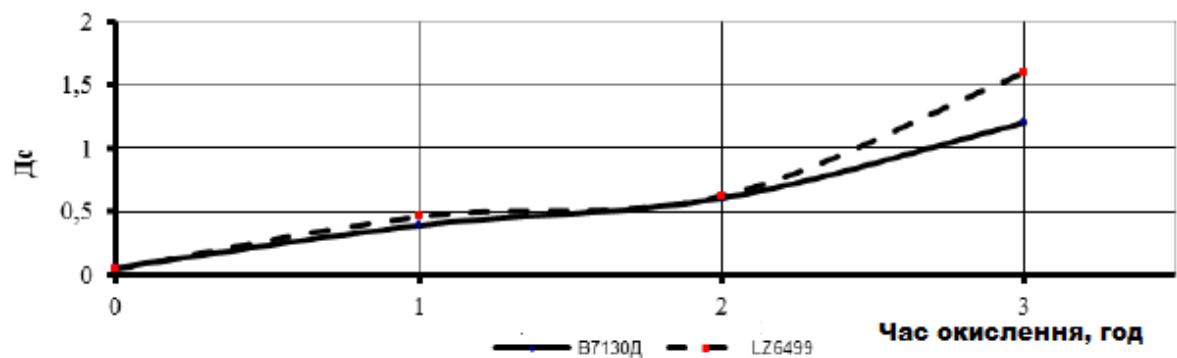
Рисунок 3.17 – Залежність в'язкості (ν 40), лужного та кислотного чисел 3,0 % розчинів високолуужних фенолятів від часу окислення

Таблиця 3.16 – Оптична щільність 3,0 % розчинів високолуужних фенолятів у процесі окислення

Час окислення	Червоний		Синій	
	ВФК	LZ6499	ВФК	LZ6499
0	0,021	0,012	0,057	0,047
1	0,041	0,046	0,478	0,509
2	0,034	0,04	0,703	0,735
3	0,062	0,096	1,2	1,595



а)



б)

Рисунок 3.18 – Залежність оптичної щільності 3,0 % розчинів високолузжних фенолятів від часу окислення

а – на червоному фільтрі; б – на синьому фільтрі

Аналіз результатів показав, що значення показників, які характеризують антиокислювальні та нейтралізуючі властивості присадок у мастилi-розчиннику, близькі.

3.2. Вибір полімерної загущуючої присадки

В Україні широко застосовуються всесезонні загущені мастила. Для оптимізації пакета присадок та проведення моторних випробувань необхідно,

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щоб основа мастила відповідала своєму класу в'язкості SAE 10W-40. Була проведена робота з підбору в'язкісної загущуючої присадки.

У вигляді ймовірних загущуючих присадок розглядали зарубіжні продукти - SV150, SV260 (Infineum), Paratone 8900 (Oronite), Promix VX 35 (Promix).

Для отримання необхідної в'язкості, що відповідає рекомендаціям API до моторного мастила API SL/CF, SAE 10W/40, знадобилися різні кількості загущуючи присадок. Дані концентрації в'язкісних присадок наведено в Таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Концентрація в'язкісних присадок у базовому мастилі

Назва присадки	Концентрація в мастилі, % мас.	ν_{100} , мм ² /с
SV260	1	12,17
Paratone 8900	1,25	12,46
SV150	1,25	12,56
Promix VX 35	1,25	12,13

Найменша концентрація знадобилася для присадки SV260, що робить її кращою за загущуючи ми властивостями. Для приготованих загущених основ оцінили механічну стабільність за методом ASTM D 6278. Результати оцінки наведено у таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 – Механічна стабільність загущуючи присадок в базовому мастилі

Загущуюча полімерна присадка	Стійкість до механічної деструкції (зміна кінематичної в'язкості при 100 °C після 30 циклів, %)
SV260	-19,0
SV150	-17,2
Paratone 8900	-22,9

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

Для всесезонних мастил важливу роль відіграють низькотемпературні властивості, і для їх оцінки були проведені випробування на імітаторі холодного прокручування CCS і так само визначено низькотемпературне прокачування на віскозиметрі MRV (Таблиця 3.19).

Таблиця 3.19 – Термодеструкційна стабільність (ВКО, 10 хв. при 240 °С) та низькотемпературні властивості загущуючих присадок

Загущуюча полімерна присадка	CCS (при -30 °С), МПа*С	MRV(при -30 °С), МПа*С
SV 260 Концентрація в базі 1 % мас. (мінімальні витрати)	7300	30800
SV 150 Концентрація в базі 1,25% мас.	6700	215400
Par 8900 Концентрація в базі 1,25 % мас.	7300	Більше 300000
PromVX 35 Концентрація в базі 1,25 % мас.	6070	Більше 300000

За наведеними результатами можна зробити висновок, що присадка SV 260 має кращі низькотемпературні якості, оскільки її розчин має меншу в'язкість при імітації прокачування при подібних даних для імітації холодної прокрутки.

У ході випробувань визначалася стійкість до дії високотемпературного каталітичного окисного термолізу. Результати випробування загущених базових мастил наведено в Таблиці 3.20 та на Рисунку 3.19.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

Таблиця 3.10 – В'язкість загущених мастил у процесі окислення при температурі 240 °С

Присадка	Час, хв	ν_{40} , мм ² /с
Infenium SV260	0	76,85
	10	67,55
	20	61,99
	30	57,11
Infenium SV150	0	67,11
	10	65,13
	20	64,22
	30	56,71
Paratone 8900	0	76,57
	10	64,48
	20	62,34
	30	57,79
Promix VX35	0	79,31
	10	66,57
	20	62,38
	30	60,97

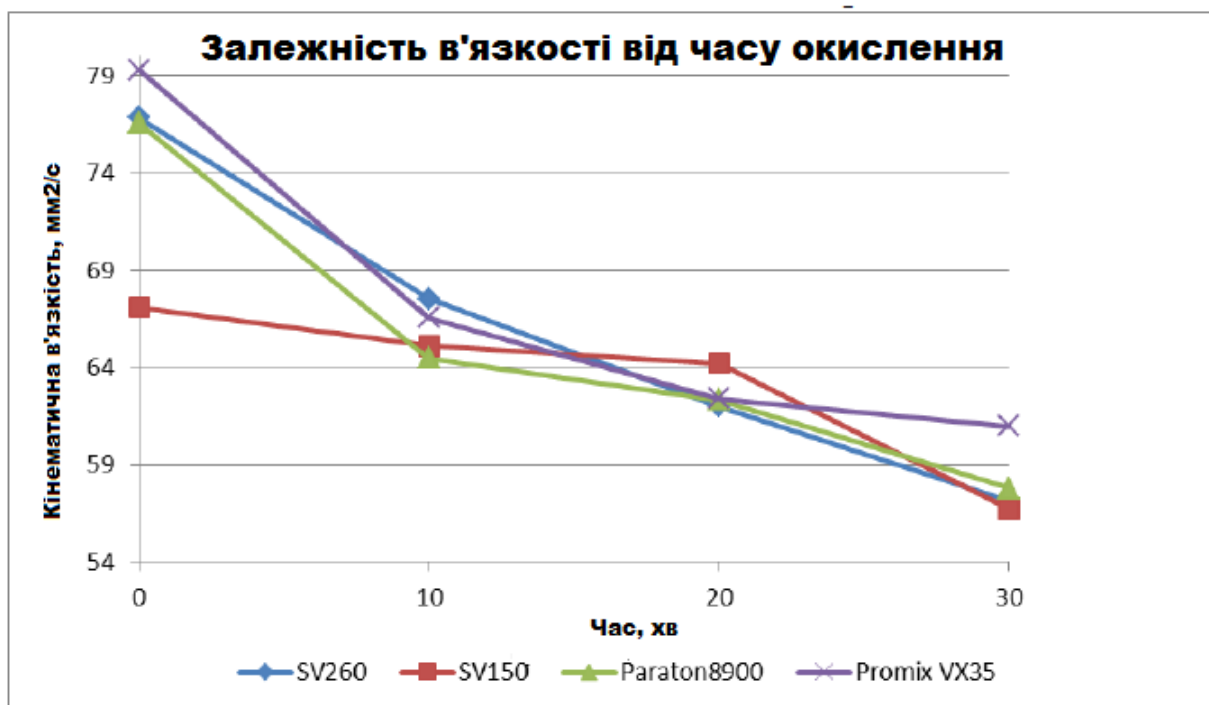


Рисунок 3.19 – Зміна в'язкості загущених мастил у процесі окислення при температурі 240 °С

Зниження в'язкості загущених мастил під час випробувань становило:

Δv (SV260) = 15,88%;

Δv (SV150) = 16,27% ;

Δv (Paratone 8900) =18,78%;

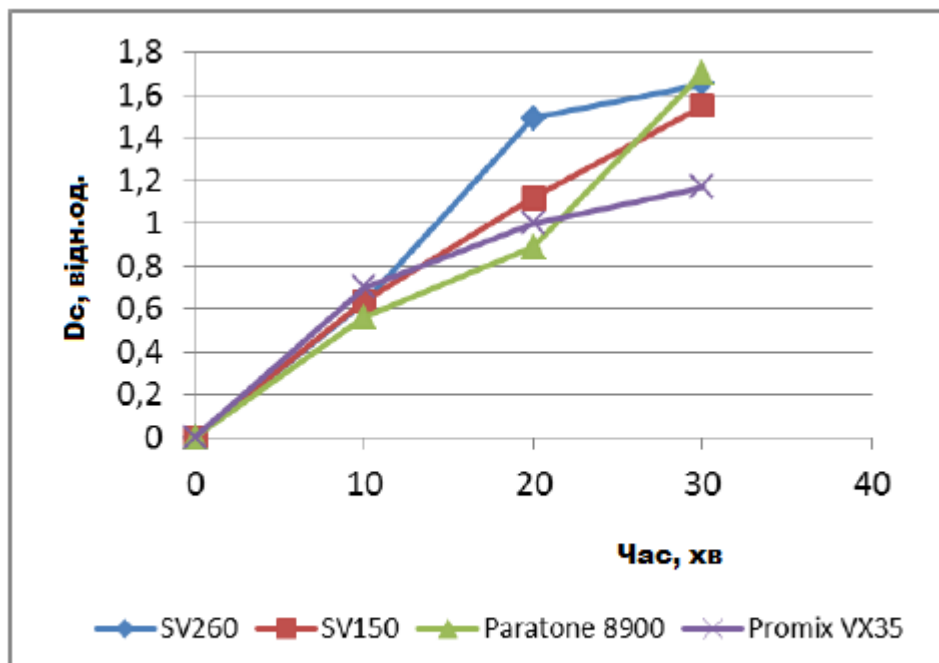
Δv (Promix VX 35) =22,2%.

Зразки після термообробки оцінювалися за допомогою фотоелектроколориметра на синьому (Dc) та червоному (Dk) світлофільтрах, результати оцінки наведено в Таблиці 3.11 на Рисунку 3.20.

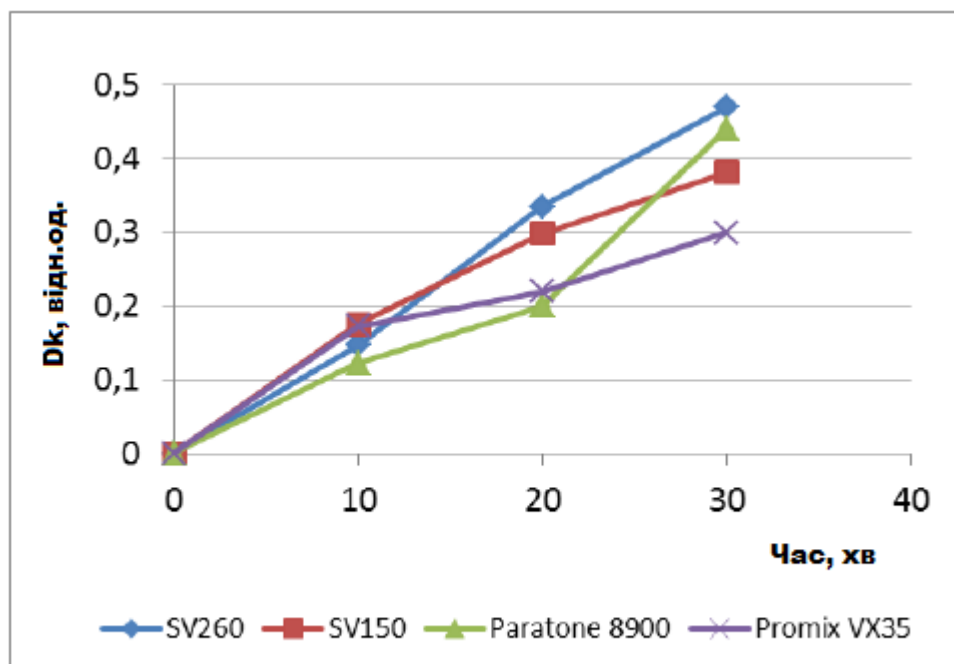
Таблиця 3.11 – Зміна оптичної щільності в процесі окислення загущених базових мастил

Присадка	Dk	Dc
Infenium SV260	0	0
	0,147	0,635
	0,47	1,65
Infenium SV150	0	0
	0,175	0,638
	0,299	1,12
	0,382	1,55
Paratone 8900	0	0
	0,122	0,564
	0,2	0,889
	0,441	1,7
Promix VX35	0	0
	0,172	0,7
	0,22	1
	0,3	1,17

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X



а)



б)

Рисунок 3.20 – Зміна колоїдної стабільності в процесі окислення загущених базових мастил

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При оцінці результатів дослідження мастил з загущуючи ми присадками встановлено, що найкращу термоокислювальну, механічну стабільність і мінімальну витрату для загущення базової основи до необхідної в'язкості має присадка SV260. Вона була рекомендована як загущувальна присадка для приготування базової основи мастила категорії SL/CF за API і класу в'язкості 10W-40 по SAE.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ПІДБІР І ОЦІНКА ЯКОСТІ КОМПОЗИЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРИСАДОК ДЛЯ МАСТИЛА КАТЕГОРІЇ SL

4.1. Оцінка властивостей композицій диспергуючих та антиокислювальних присадок в умовах ВКО

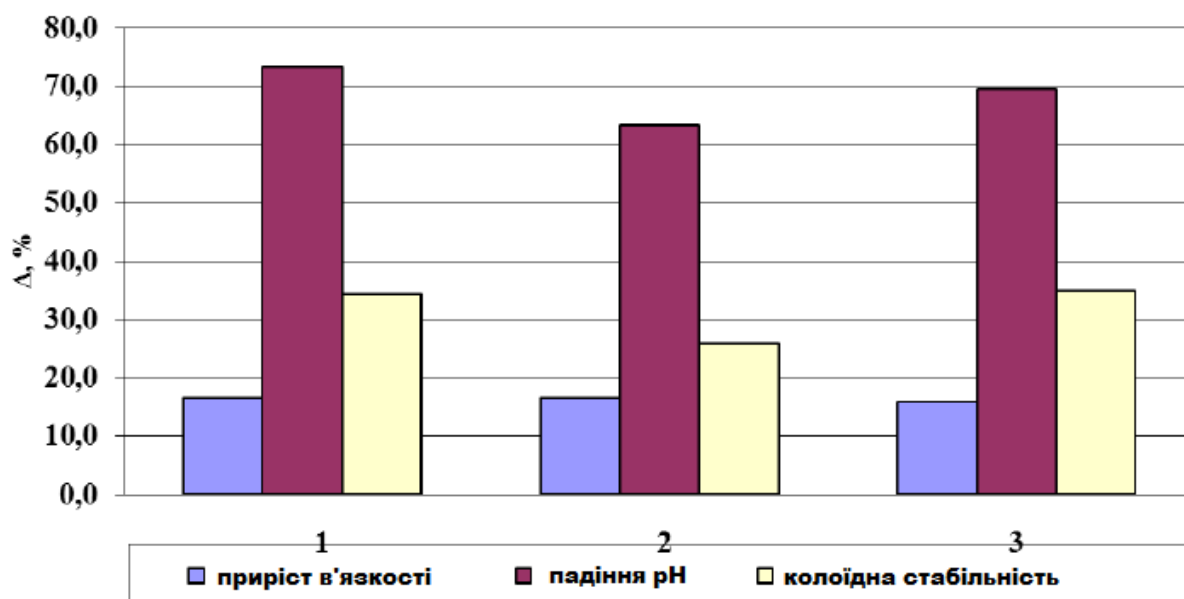
Для того, щоб знизити зольність композиції, що підбирається, не погіршивши при цьому її диспергуючі властивості, були досліджені композиції присадок сукцинімідного типу. З цією метою компаундируване базове мастило вводилися в сумарній концентрації 1,5% мас. суміші борованого (СБ) та високомолекулярного (СВ) сукцинімідів. Властивості цих сумішей досліджувались в умовах високотемпературного каталітичного окислення (ВКО).

У моторних мастилах ефективність роботи сукцинімідів істотно впливають інші присадки, введені в композицію. У раніше проведених дослідженнях виявлено, що в умовах ВКО композиції сукцинімідів і фенолятів мають синергетичний ефект [7]. Автором цієї роботи в аналогічних умовах досліджено різні композиції суміші сукцинімідів з вітчизняним високолужним фенолятом кальцію (Таблиці 4.1 та 4.2, Рисунки 4.1 та 4.2).

Таблиця 4.1 – Зміна фізико-хімічних показників мастила в умовах ВКО у присутності сумішей сукцинімідів

% мас. борованого	Приріст в'язкості	Зниження рН	Колоїдна стабільність
0	22,0	46,3	46,3
45	16,5	63,4	25,7
50	16,6	73,2	34,3
55	15,8	69,3	35,0
100	21,3	67,9	4,9

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X



1- суміш з 45% мас. С5АВ і 55% мас. С5АВ, 2 – суміш 50/50 тих же присадок,

Рисунок 4.1 – Зміна фізико-хімічних показників мастила в умовах ВКО у присутності сумішей сукцинімідів

Таблиця 4.2 – Зміна фізико-хімічних показників мастила за умов ВКО у присутності сумішей сукцинімідів з фенолятом

Співвідношення масових концентрацій суміші двох сукцинімідів та феноляту	Приріст в'язкості	Зниження рН	Колоїдна стабільність
1,5:1	20,6	76,7	45,9
3:1	18,7	89,0	76,3
4,5:1	25,8	61,5	69,6
1,5:2	23,6	26,5	92,3

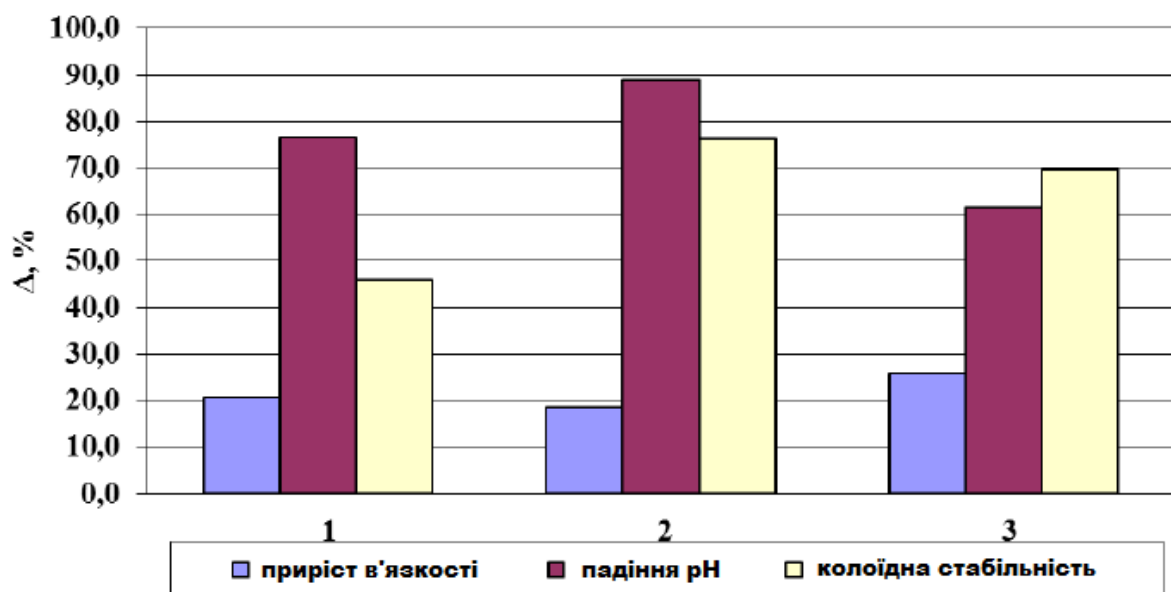


Рисунок 4.2 – Зміна фізико-хімічних показників мастила за умов ВКО у присутності сумішей сукцинімідів з фенолятом

За сукупністю всіх показників можна говорити про близькі властивості цих композицій, але для зниження загальної зольності композиції, що формується, більш прийнятно використання композиції, в якій міститься більше сукцинімідів.

Для одночасного поліпшення антиокислювальних та протизносних властивостей композиції в неї вводилися діалкілдітіофосфатні присадки. На установці ВКО були випробувані композиції діалкілдітіофосфатів цинку різного складу, і в результаті було підбрано найбільш прийнятне співвідношення - 70% присадки Д-1 (Таблиця 4.3).

Таблиця 4.3 – Зміна фізико-хімічних показників мастила за умов ВКО у присутності 1 % мас. сумішей дітіофосфатів цинку

Зразок	В'язкість свіжого	В'язкість окисл.	рН свіжого	рН окисл.	D490	D640	Прир. в'язк.
70 Д-1/30 Д-2	28,56	28,63	5,18	5,21	0,027	0	0,2
50/50	30,03	30,38	4,96	4,04	0,082	0,013	1,2
30/70	28,28	28,62	5,51	5,36	0,089	0	1,2

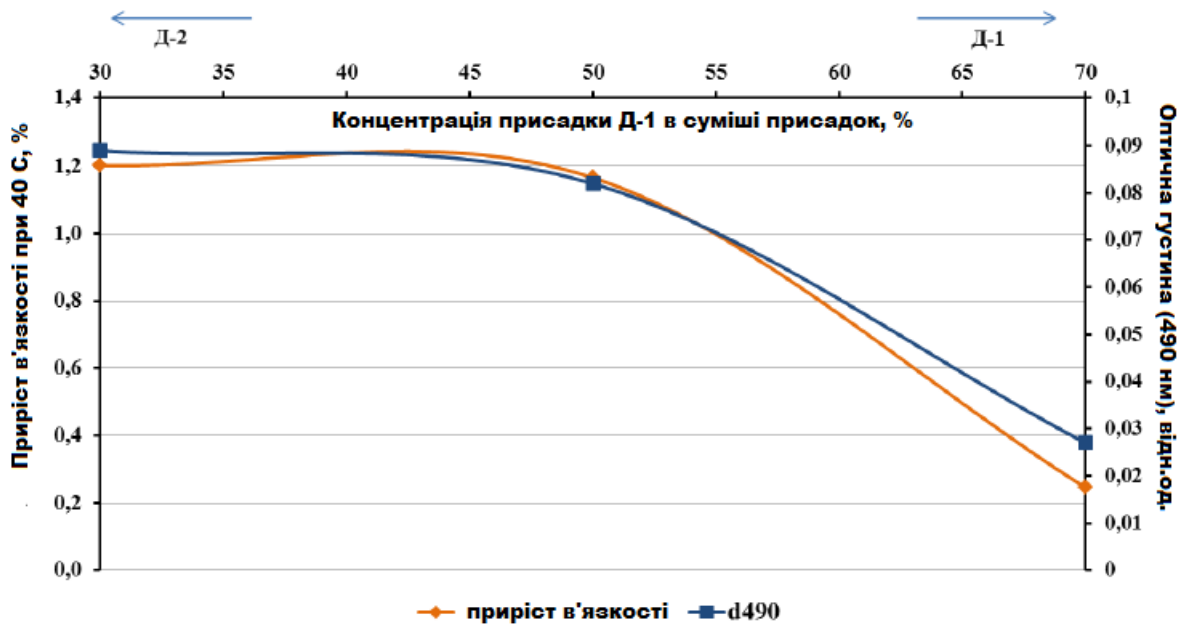


Рисунок 4.3 – Зміна фізико-хімічних показників мастила за умов ВКО у присутності 1 % мас. сумішей дітіофосфатів цинку

4.2. Оцінка якості експериментальної композиції, пакету присадок та закордонного товарного аналога

За підсумками проведених досліджень була сформована експериментальна композиція присадок (напівпакет), складена з детергентів, дисперсантів та антиокислювачів вітчизняного виробництва. Склад зразка мастила (в % мас.), що містить цю композицію, наведено нижче.

Присадка:

миюча В7130Д.0,7
 миюча ССК-300.1,6
 миюча НССК-30Д.1,7
 диспергуюча С5А марки «В».2,3
 диспергуюча С5АБ.2,8

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

антиокислювальна (концентрат) ДФ-11К.0,8
антиокислювальна ЦД-7.0,4
мастило базове компаундоване.До 100

Дана композиція доповнена низкою інших присадок, у тому числі зарубіжного виробництва (фенольний та амінний антиоксиданти, антикорозійна присадка), внаслідок чого було складено експериментальний пакет з величезним переважанням вітчизняних присадок, який вводився в базове масло в концентрації 11,3% мас. Його склад наведено далі, % мас:

ВФК	6,3
ССК	14,0
НСК	14,9
СВ	20,45
СБ»	25,0
Д-1	7,3
Д-2	3,15
Irganox L 135	2,7
Naugalube 680	2,7
Irgamet 39	0,5

Фізико-хімічні властивості мастила з цим пакетом присадок представлено у таблиці 45.

Таблиця 4.4 – Фізико-хімічні властивості мастила з розробленим пакетом присадок

Показники	Вимоги ТУ	Фактичне значення	Метод випробувань
В'язкість кінематична, мм ² /с, при 100°С	12,5-16,3	14,01	ДСТУ 33
при 40 °С	-	90,84	
Індекс в'язкості	120 н.м.	158	ДСТУ 25371
В'язкість динамічна, мПа*с, за мінус 25°С	7000 н.б.	500	ASTM D 5293
В'язкість динамічна, мПа*с, за мінус 30°С	60000 н.б.	25,193	ASTM D 4684
Лужне число, мг КОН/г	8,5 н.м.	8,71	ДСТУ 11362

Зольність сульфатна, % (мас.)	1,5 н.б.	1,34	ДСТУ 12417
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	205 н.н.	222	ДСТУ 4333
Температура застигання, °С	-35 н.в.	-41	ДСТУ 20287
Масова частка води, % (мас.)	сліди н.б.	відс	ДСТУ 2477
Масова частка механічних домішок, %	0,015 н.б.	0,008	ДСТУ 6370
Корозійність на пластинах із міді марки М1К за ДСТУ 859 (100 °С, 3 год), бал	-	1а	ДСТУ 2917
Випаровування за Ноаск, %	15 не більше	12,1	ASTM D 5800
Вміст активних елементів, % (мас.)			
Кальцій	н.н.	0,36	ДСТУ 13538
Цинк	-	0,13	
Фосфор	0,12 н.б.	0,12	ДСТУ 9827
Щільність при 20 °С, кг/м ³	н.н.	867	ДСТУ 3900
Схильність до піноутворення, см ³			
при 24°С	10/0	10	
при 94°С	50/0	20	ДСТУ 23652
при 24°С після 94°С	10/0	5	

Проведено їх порівняльну оцінку із закордонним товарним пакетом, у ході якої з'ясувалося, що експериментальний пакет незначно поступається закордонному (таблиця 4.5).

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5 – Експериментальна композиція, пакет та товарний аналог у базі олії SL в умовах високотемпературного каталітичного окиснення

Зразок	Оптична густина, відн. од.		Приріст в'язкості, %
	при довжині хвилі 490 нм	при довжині хвилі 640 нм	
1	2,47	2,56	19,9
2	2,49	2,66	22,6
3	2,25	2,34	16,6

1 - композиція з вітчизняних мийно-диспергуючих присадок; 2 - повний експериментальний пакет (11,3% мас. в основі); 3 - закордонний товарний пакет OLOA 54000 (10,7% мас. в основі).

Серед ряду продуктів забруднення моторного мастила в бензиновому двигуні (таких, як продукти окислення та термодеструкції мастила та палива) важливе значення має вода, що є одним із продуктів згоряння палива, а також надходить із зовнішньої атмосфери. Ця вода може брати участь у різних процесах, у тому числі й в утворенні різних кислот. В умовах роботи бензинового двигуна з атмосферного повітря утворюються оксиди азоту з різними ступенями окислення [14; 15]. В результаті взаємодії води та оксидів азоту утворюється суміш азотної та азотистої кислот.

Для спрощення лабораторного моделювання забруднення використовували розведену азотну кислоту як сильнішу з цих двох кислот. Розведення її водою дозволяє оцінити сумарний вплив одразу двох забруднювачів. Результати експерименту на установці ВКО наведено у таблиці 4.6.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.6 – Експериментальна композиція, пакет та товарний аналог у базі мастила SL за умов ВКО у присутності 0,1 н азотної кислоти

Зразок	Оптична густина, відн. од.		Приріст в'язкості, %
	при довжині хвилі 490 нм	при довжині хвилі 640 нм	
1	2,68	3,12	14,3
2	3,35	3,97	26,3
3	2,40	2,51	22,4

1 - композиція з вітчизняних МДП в основі; 2 - повний експериментальний пакет (11,3% мас. в основі); 3 - закордонний товарний пакет OLOA 54000 (10,7% мас. в основі).

Лабораторні методи випробувань не повністю моделюють реальні умови експлуатації моторного мастила в двигуні. Для підтвердження відповідності підбраної рецептури мастила вимогам експлуатаційної категорії Б5 Асоціації Автомобільних Інженерів (AAI) було проведено моторні випробування мастила за методом ВАЗ 04-11 при температурі 150°C протягом 72 годин (Таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 – Результати моторно-стендових випробувань експериментального пакета присадок

Показники	Одиниці вимірювання	Вимоги Категорії Б5	Результат
Приріст в'язкості за 40 °С	%	не більше 150	135,8
Пригорання поршневих кілець	-	не допускається	нема
Рухливість поршневих кілець	бал	не більше 1,0	0,5
Відкладення на спідниці поршня	бал	не більше 0,5	0,0
Відкладення на перемичках	бал	не більше 1,5	0,63
Зношування кулачків розподільного валу	мкм	не більше 15	4,8

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

Таким чином, за аналізованими параметрами зразок мастила відповідає вимогам категорії B5 AAI, що корелює з вимогами SL по API.

Однак через те, що в ході лабораторних досліджень було виявлено перевагу закордонного товарного пакета над експериментальним пакетом, для підвищення рівня антиокислювальних властивостей вітчизняного пакета до рівня закордонного аналога збільшили вміст антиокислювальних присадок з проведенням додаткових лабораторних досліджень (Таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 – Поліпшення складу пакету присадок для моторного мастила категорії SL за API

Зразок	Зміна в'язкості, %	Зменшення рН, %	Оптична густина 490 нм, відн.од.	Оптична густина 640 нм, відн.од.
Пакет + Naugalube	-28,5	81,0	2,185	1,178
Пакет + Д-1 (0,3%)	-31,6	76,8	2,129	1,241
Пакет + Д-2 (0,3%)	-28,9	41,5	2,119	0,651
Пакет + (Д-1 0,2% + Д-2 0,1%)	-29,5	27,1	2,174	0,671

Найкращі результати показала композиція з додаванням суміші двох дітіофосфатних присадок.

Для порівняння отриманого пакету із зарубіжним аналогом була проведена оцінка в стандартних умовах ВКО, а також в умовах ВКО у присутності розведеної азотної кислоти в загущеній основі (Таблиці 4.9, 4.10).

									Арк.
									X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ				

Таблиця 4.9 – Експериментальний та товарний пакет у загущеній базі в умовах ВКО

Зразок	Зміна в'язкості, %	Зменшення рН, %	Оптична густина 490 нм, відн.од.	Оптична густина 640 нм, відн.од.
Експериментальний пакет	-39,3	76,7	2,15	1,13
Пакет OLOA 54000	-13,6	67,3	2,30	0,97
Пакет + (Д-1 + Д-2)	-29,5	27,1	2,17	0,67

Таблиця 4.10 - Вихідний, покращений та товарний пакет присадок у загущеній базі в умовах ВКО та нітрування

Зразок	Оптична густина при 640 нм	Приріст в'язкості
Пакет оптимізований	1,58	-29,1
Пакет вихідний	3,41	-35,9
OLOA 54000	2,86	-21,3

Таким чином, збільшення вмісту обох діалкілдітіофосфатів цинку у складі пакета дозволяє максимально наблизити його за антиокислювальними властивостями до зарубіжного товарного пакету, а по диспергуючих навіть перевершити його.

Миючі властивості на установках ПЗВ та «похила канавка»

Для оцінки миючих властивостей експериментальних зразків, досліджених раніше, були проведені випробування на лабораторній установці «похила канавка» та установці ПЗВ з електродвигуном, що імітує рух поршня в циліндрі згідно з ДСТУ 5726-2013.

Результати випробувань наведено в Таблиці 4.11 та на Рисунку 4.4.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.11 – Результати оцінки миючих властивостей експериментальних зразків на установках ПЗВ та «похила канавка»

Зразок	Миючі властивості на установці НК		Миючі властивості по ПЗВ, бали
	Бали	Маса лака, мг	
База+напівпакет	4,0	6,6	2,0
База+пакет експериментальний	3,5	3,5	0,5
База+OLOA 54000	3,5	3,6	0,5
База+пакет експ.+ (Д1+Д2)	3,0	3,3	0,0

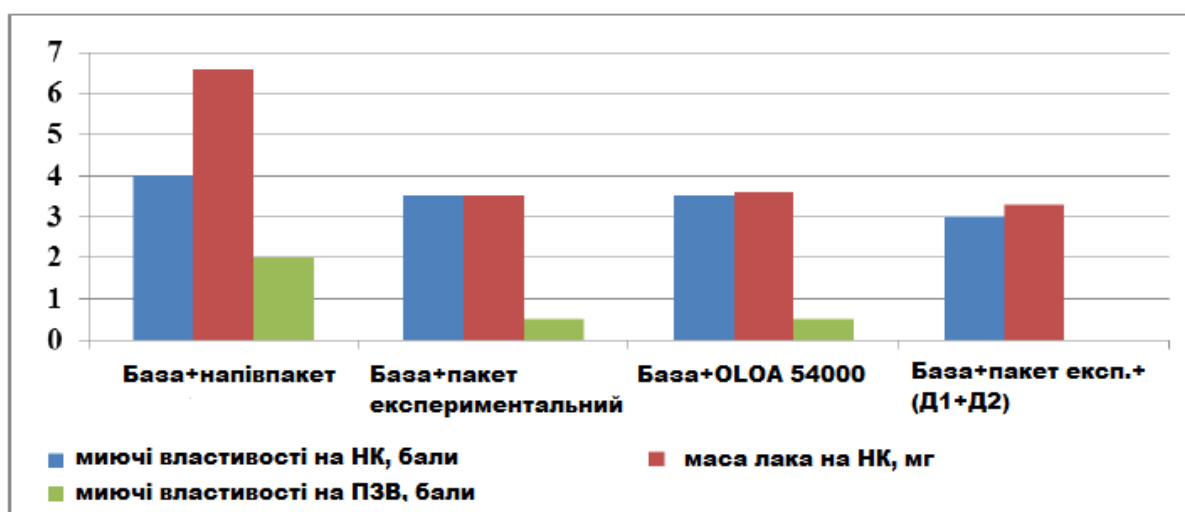


Рисунок 4.4 – Результати оцінки миючих властивостей експериментальних зразків на установках ПЗВ та «похила канавка»

З результатів випробувань випливає, що метод оцінки миючих властивостей на установці «похила канавка» в цілому корелює з методом ПЗВ, а суміш, що містить оптимізований пакет присадок, має дещо кращі миючі властивості, ніж вихідний та зарубіжний товарні пакети.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		X

ВИСНОВКИ

Основні підсумки роботи полягають у наступному. Для підвищення надійності роботи високофорсованих бензинових двигунів з використанням моторного мастила, що містить вітчизняні компоненти, вирішено такі завдання:

1. Проведено порівняльну оцінку ефективності дії присадок (сульфонатів кальцію різної лужності та високолузних фенолятів) вітчизняного та зарубіжного виробництва в базовому мастилі, в результаті якої встановлено, що зразки вітчизняних детергентів практично не поступаються зарубіжним аналогам за мийно-диспергуючими властивостями.

2. В ході експериментально дослідження антиокислювальних і диспергуючих властивостей у поєднаннях вітчизняних присадок (сукцинімідів різного складу, суміші сукцинімідів з фенолятом, діалкілдітіофосфатів різної будови) у базовому мастилі та в присутності забруднювачів розроблені композиції, близькі за ефективністю дії до іноземного товарного пакету, але такі, що поступаються за антиокислювальними властивостями.

3. Запропонована загущуюча присадка SV 260, як така, що має найбільш високу загущуючу здатність, термоокислювальну і механічну стабільність, яка забезпечує достатні низькотемпературні властивості загущеного частково синтетичного базового мастила, як основи моторного мастила SAE 10W-40.

4. Запропоновано пакет присадок для моторного мастила категорії SL по API, для високофорсованих бензинових двигунів із залученням вітчизняних компонентів, підтверджено та рекомендовано виробнику пакета збільшити вміст дітіофосфатів цинку Д-1 та Д-2 відповідно на 0,2 % та 0,1 % мас. по відношенню до початкового розробленого пакету, що дозволило значно наблизити ефективність його дії до закордонного товарного аналога.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Кириченко В.І., Сіренко Г.О., Бойченко С.В. Сучасні паливно-мастильні матеріали: стан та поступ розвитку. Ч.1. Паливні матеріали: Монографія. [За ред. Г.О. Сіренка]. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2016. – 208 с.

2. Кириченко В.І., Сіренко Г.О., Кириченко В.В. Сучасні паливно-мастильні матеріали: стан та поступ розвитку. Ч.2. Мастильні матеріали: Монографія. [За ред. Г.О. Сіренка]. – Івано-Франківськ: Вид. Супрун В.П., 2017. – 288 с.

3. Проблеми хімотології. Монографія – матеріали V-ої Міжн. НТ конф.(жовтень 2014 р.). – Київ, Вид-во НАУ, 2014 р. – 370 с.

4. Сіренко Г.О., Кириченко В.І., Сулима І.В. Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів: [монографічний підручник (спеціальний курс лекцій)] [за ред. Г. О. Сіренка] / Г. О. Сіренко, В. І. Кириченко, І. В. Сулима. – Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2017 – 508с.

5. Андрієшин М. П. Газ природний, палива та оливи: Монографія / М. П. Андрієшин, Я. С. Марчук, С. В. Бойченко. – Одеса : Астропринт, 2010. – 232 с.

6. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення / Упорядник В. Я. Чабанний. – Кіровоград : Центрально-Українське видавництво, 2008. – 500 с.

7. Хімотологія та інженерне забезпечення використання газу і паливно-мастильних матеріалів: Навч. посіб. / С. В. Бойченко, Л.М. Черняк, І.А. Любінін [та ін.]. – К. : НАУ, 2014. – 276 с.

8. Кириченко В. І. Мастильні матеріали із технічних олій: Технологічні та трибологічні аспекти / В. І. Кириченко, С. В. Бойченко, Л М. Кириченко // Науково-техн. журнал НАУ Наукоємні технології. – Київ: НАУ. – 2012. – No 3.– С. 45-51.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Електронний ресурс <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/sostoyanie-i-tendencii-rynka-motornyh-masel-ukrainy>

10. Електронний ресурс <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/rynok-smazochnyh-materialov-v-ukraine-ne-smazhesh-ne-poedesh>

11. Електронний ресурс <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=26003725>

12. Жири тваринні і рослинні та олії: ДСТУ ISO 660:2009; 662:2004; 3960:2001; 3961:2004; 5509:2002; 6800:2001; 6884:2002; 6886:2003; 8534:2004; 15267: 2008; Олії ДСТУ 2575-94; 4350-2004; 4455:2005; 4568:2006; 4569:2006; 4633:2006; 5062:2008. – К. : Держспоживстандарт України. – Т. 1, кн. 2. – С. 124-127. – (Національні стандарти України).

13. Законодавча база ДНАОП: Державні стандарти. Електронний ресурс <https://dnaop.com/398/2464/page-13/>

14. Chemistry and Technology of Fuels and Oils/ Scientific Journal
Електронний ресурс <https://www.springer.com/journal/10553>

15. Сіренко Г. О. Властивості мастильних наноплівочок під час надвисоких тисків: Монографія / Г. О. Сіренко, В. І. Кириченко, О. В. Кузишин – За редакцією Г. О. Сіренка. – Івано-Франківськ: ПП Петраш К. Т., 2015. – 336 с

16. Кириченко В. І. Композиційні мастильні матеріали із технічних олій: нанотехнології одержання і використання /В.І. Кириченко // Проблеми трибології. Міжн. наук-техн. журнал. –Хмельницький :ХНУ, 2012, No 2. – С. 67-73.

17. Кириченко В. І. Композиційні мастильні біоматеріали із технічних олій: трибохімічні аспекти їх ефективного використання / В. І. Кириченко // Вісник Хмельницького національного ун-ту. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – No 3. – С. 71-78.

18. Кириченко В. И. Комплексная переработка технических растительных масел: Концепция, методы и технологии / В. И. Кириченко, С.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В. Бойченко, Л.М. Кириченко, В. П. Нездоровин // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – научно-техн. журнал НАН Украины, – К.: 2013.- №4 – С. 31-40.

19. S. Salmani, S. S. Ashraf Taleh, “Review of Biodiesel Production Processes and Study of Effective Parameters (In Persian)”, 5th National Conference on New Research in Chemistry and Chemical Engineering, Tehran Iran, January 24, IRCCE05_077, 2019.

20. H. Roshan Ravesh, H. Sadrnia, M. Khojastehpour, “Ensurement of Accuracy of New Engine Oil before Use through Oil Analysis (In Persian)”, 4th National Conference on Mechanical and Electrical Engineering Science and Technology of Iran, Tehran, Iran, March 11, DMECONF04_013, 2019.

21. H. R. Eskandari, R. Tavasoli, “Effect of Vegetable Engine Oil on Reducing Fuel Consumption and Environmental Hazards (In Persian)”, National Conference Celebrating Successful Managers in the Year of Resistance Economy, Action and Practice, Tehran, Iran, February 16, EMOGHAVEMAT01_004, 2017.

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						Х
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					МРТАМ 22. 21205. 000 ПЗ	Арк.
						X
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		