

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты
Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

Қолжазба құқығында

Карлы Диана

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін

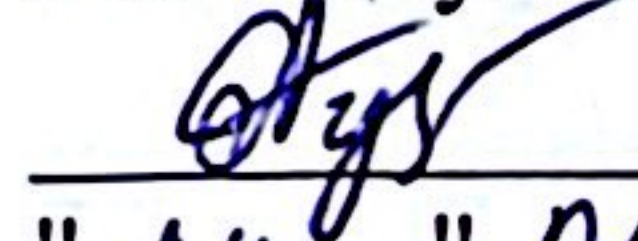
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы «Мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыш қоспалардың әсер ету тиімділігін арттыру»

Дайындау бағыты 7М07109- «Көмірсутек қосылыстарының химиялық инженериясы»

Ғылыми жетекші

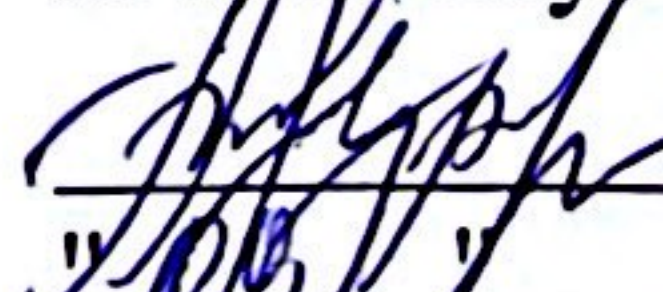
PhD қауымдаст. профессор

 Айткалиева Г.С.
" 04 " 06 2025 г.

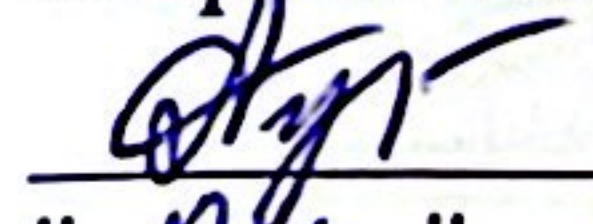
Рецензент

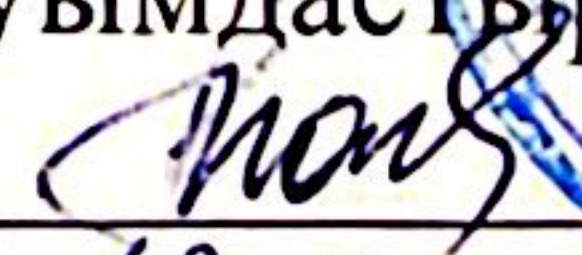
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ

аға оқытушысы, PhD

 Нурпеисова Ж.А.
" 06 " 06 2025 г.

Норма бақылаушы

 Айткалиева Г.С.
" 04 " 06 2025 г.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
"Химиялық және биохимиялық инженерия" кафедрасының
менгерушісі-х. ғ. к.,
қауымдастырылған профессор
 Р.А.Маңғазбаева
" 12 " 06 2025 г.

Алматы 2025

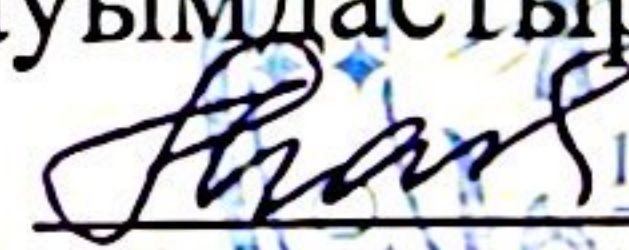
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

"Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті"
коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Қ. Тұрысов атындағы Геология және мұнай-газ ісі институты
Химиялық және биохимиялық инженерия кафедрасы

7М07109- «Көмірсутек қосылыстарының химиялық инженериясы»

"Химиялық және биохимиялық инженерия"
кафедрасының меңгерушісі
Х. Ғ. К., қауымдастырылған профессор

 Р.А.Манғазбаева
" 12 " 06 2025 г.



Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА

Магистрант Карлы Диана

Тақырыбы «Мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыш
Университет проректорының 2023 жылғы «04» __12__ № 548-П/Ө
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі "20" маусым 2025ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: диплом алдындағы тақырып бойынша әдебиеттерге шолу нәтижелері, теориялық мәліметтер жиыны

Магистрлік диссертацияда әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) Полимерлі қоюландырғыштардың құрылымдық ерекшеліктерін және олардың мотор майларындағы функционалдық рөлін ғылыми тұрғыда зерттеу;

б) Әртүрлі базалық майлардың (минералды, синтетикалық, гидрокрекингтік) физика-химиялық қасиеттерін салыстыру және олармен полимерлі қоюландырғыштардың үйлесімділігін бағалау;

в) ИҚ-спектроскопия, тұтқырлық өлшемдері, MRV және басқа да зертханалық әдістер арқылы май үлгілерінің құрылымын, тиімділігін және төмен температуралық қасиеттерін талдау;

г) Экономикалық тиімділік тұрғысынан ең оңтайлы рецептураны анықтап, полимерлі қоюландырғыштардың әсер ету тиімділігін арттыру бойынша нақты технологиялық ұсыныстар әзірлеу;

д) Қосымша.

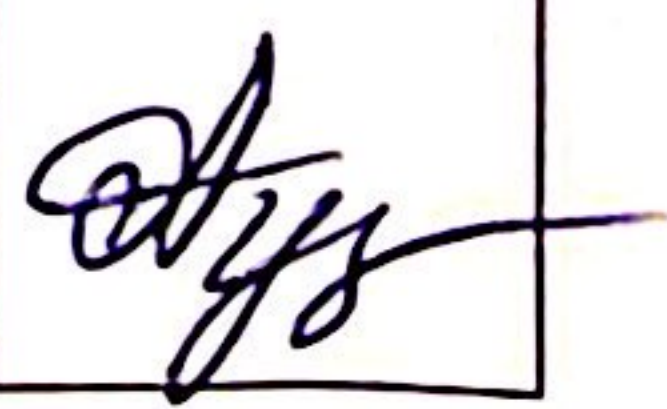
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 55 атау

Магистрлік диссертацияны дайындау

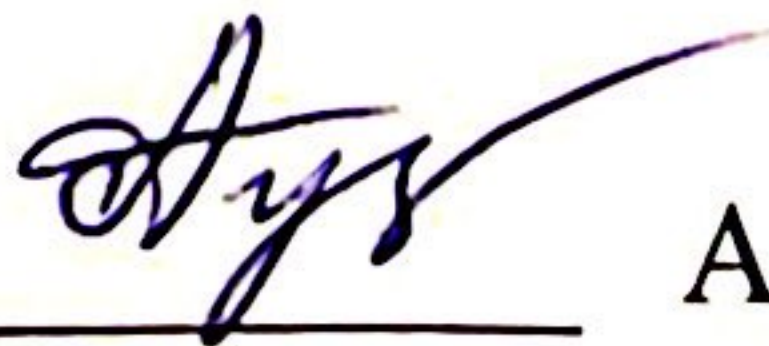
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылған мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
Тақырыптар бойынша әдеби шолу, мақалалар оқу, аудару	Қаңтар-мамыр 2024 ж	-
Лабораториялық жұмыстарды жасау, диссертациялық жұмыстың жазылу ретімен танысу, кірспе бөлім	Маусым-желтоқсан 2024ж	-
Жұмыс барысында қолданылған әдістерді диссертациялық жұмысқа енгізу	Қаңтар- Наурыз 2025 ж	-
Алынған нәтижелерді талқылау, диссертацилық жұмысқа енгізу	Наурыз- Мамыр 2025 ж	-

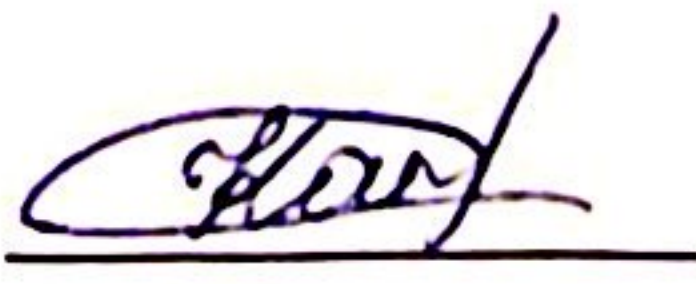
Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушысының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Норма бақылау	РНД, қауып. проф. Айткалиева Г.	05.06.25	

Ғылыми жетекші

 Айткалиева Г.С.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Карлы Д.К.

Күні "25" 26 2025ж.

АНДАТПА

Диссертациялық жұмыс 75 беттен, кіріспеден, 3 бөлімнен және қорытынды, 28 суреттен, 11 кестеден және 55 әдебиет көзінен тұрады.

Жұмыстың мақсаты: Диссертациялық жұмыста мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыш қоспалардың әсер ету тиімділігін арттыру жолдары зерттелді. Экономикалық тиімді әрі жоғары эксплуатациялық қасиеттерге ие мотор майының рецептурасын әзірлеу мақсатында, әртүрлі базалық майлар мен полимерлі қоюландырғыштардың өзара әрекеттесуін зерттеу.

Жұмыстың міндеттері:

- Синтетикалық және минералдық базалық майлар мен полимерлі қоюландырғышын пайдалану арқылы әртүрлі рецептураларды құрастыру;
- ИҚ-спектроскопия, тұтқырлық және термотұрақтылық әдістері арқылы алынған үлгілерді салыстырмалы талдау;
- Қоспалардың синергетикалық әсерін және олардың экономикалық тиімділігін анықтау;
- Нәтижелер негізінде мотор майының оңтайлы рецептурасын ұсыну.

Зерттеудің негізгі әдістері: Инфра-қызыл (ИҚ) спектроскопия, тұтқырлықты анықтау, төмен температуралық MRV сынағы, коррозиялық және тұнба түзілу сынақтары.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы: Әртүрлі типтегі базалық майлар мен полимерлі қоюландырғыштардың өзара әрекеттесу заңдылықтарын ИҚ-спектрлік әдіспен кешенді зерттеу арқылы олардың синергетикалық тиімділігіне баға берілді. Зерттеу нәтижелері мотор майларында қолданылатын қоюландырғыштардың мөлшерін оңтайландыруға және өнім сапасын арттыруға жол ашады.

Жұмыстың нәтижелері: 1–5 үлгілері бойынша жүргізілген зерттеу нәтижесінде қоюландырғыштардың, сондай-ақ силиконды антипендік присадкалардың бар-жоғы анықталып, олардың ИҚ-спектрлік шыңдары мен химиялық құрылымдарына сәйкес сәйкестіктері дәлелденді. Базалық майлардың ИҚ-спектрлік сипаттамалары синтетикалық майының ең қаныққан және термиялық тұрақты екенін көрсетті. Алынған нәтижелер негізінде синергетикалық тиімді қоспалар таңдалып, мотор майының оңтайлы рецептурасы ұсынылды.

КІЛТ СӨЗДЕР: МОТОР МАЙЫ, ПОЛИМЕРЛІ ҚОЮЛАНДЫРҒЫШ, БАЗАЛЫҚ МАЙЛАР, ИҚ-СПЕКТРОСКОПИЯ, ТҰТҚЫРЛЫҚ, СИНЕРГЕТИКАЛЫҚ ӘСЕР.

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа состоит из 75 страниц, включает введение, 3 раздела, заключение, 28 рисунков, 11 таблицы и список из 55 источников.

Цель работы: В диссертационной работе исследованы пути повышения эффективности действия полимерных загустителей, применяемых в моторных маслах. Целью исследования является разработка рецептуры моторного масла с высокими эксплуатационными характеристиками и экономической эффективностью на основе анализа взаимодействия различных базовых масел и полимерных загустителей.

Задачи работы:

- Сформировать рецептуры с использованием синтетических и минеральных базовых масел и полимерных загустителей;
- Провести сравнительный анализ полученных образцов с использованием методов ИК-спектроскопии, измерения вязкости и термостабильности;
- Определить синергетический эффект добавок и их экономическую целесообразность;
- На основе полученных данных предложить оптимальную рецептуру моторного масла.

Основные методы исследования: Инфракрасная спектроскопия (ИК), измерение вязкости, низкотемпературное испытание MRV, тесты на коррозию и образование отложений.

Научная новизна: Комплексное исследование закономерностей взаимодействия различных типов базовых масел с полимерными загустителями методом ИК-спектроскопии позволило оценить их синергетическую эффективность. Полученные результаты создают основу для оптимизации количества загустителей в моторных маслах и повышения качества продукции.

Результаты работы: В результате анализа образцов 1–5 определено наличие загустителей и силиконовых антипенных присадок, соответствие которых подтверждено по ИК-спектральным пикам и химическим структурам. Установлено, что синтетическое базовое масло обладает наибольшей насыщенностью и термической стабильностью. Разработана оптимальная рецептура моторного масла с высокой синергетической эффективностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Моторное масло, полимерный загуститель, базовые масла, ик-спектроскопия, вязкость, синергетический эффект.

ANNOTATION

This thesis consists of 75 pages, including an introduction, 3 chapters, conclusion, 28 figures, 11 tables, and 55 references.

The purpose of the work: The study investigates ways to enhance the performance efficiency of polymeric thickener additives used in motor oils. The main goal is to develop an economically efficient motor oil formulation with superior operational characteristics by analyzing the interactions between various base oils and polymeric thickeners.

Tasks of the work:

- To develop various formulations using synthetic and mineral base oils with polymeric thickeners;
- To conduct comparative analysis of samples using infrared spectroscopy, viscosity measurement, and thermal stability methods;
- To evaluate the synergistic effects and economic efficiency of the additives;
- To propose an optimal motor oil formulation based on the results.

The main research methods: Infrared (IR) spectroscopy, viscosity testing, low-temperature MRV testing, corrosion and sedimentation tests.

Scientific Novelty: A comprehensive investigation of the interaction between different base oil types and polymeric thickeners using IR spectroscopy allowed for evaluating their synergistic effectiveness. The findings provide a basis for optimizing the use of thickeners in motor oils and improving product quality.

Results of the work: Analysis of samples 1–5 confirmed the presence of thickeners and silicone antifoaming additives, as validated by IR spectral peaks and chemical structure correlations. It was found that synthetic base oil has the highest degree of saturation and thermal stability. As a result, an optimized motor oil formulation with high synergistic efficiency was proposed.

KEYWORDS: MOTOR OIL, POLYMERIC THICKENER, BASE OILS, IR SPECTROSCOPY, VISCOSITY, SYNERGISTIC EFFECT.

МАЗМҰНЫ

	КІРІСПЕ.....	9
	НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР.....	11
1	ӘДЕБИ ШОЛУ.....	12
1.1	Мотор майларының өнертабысы.....	12
1.2	Мотор майларындағы қоспалар.....	13
1.3	Қоспалардың түрлері.....	14
1.4	Мотор майларына арналған қоспалардың параметрлерін анықтау әдістері.....	15
1.5	Моторлы майлар: құрамы, функциялары және пайдалану қасиеттеріне қойылатын талаптар.....	16
1.6	Полимерлік тұтқырлық модификаторлары (ПТМ).....	17
1.7	Базалық майлардың жіктелуі.....	20
1.8	Базалық майлардың молекулалық қасиеттерінің полимерлердің мінез-құлқына әсері.....	21
1.9	Базалық май түрінің ПТМ-ның беріктігі мен тиімділігіне әсер етуіне арналған зерттеулерге шолу.....	22
1.10	Тұрақтылықты бағалау әдістері.....	23
1.11	Жартылай синтетикалық майларды қолданудың экономикалық аспектілері.....	25
2	ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУЛЕР.....	26
2.1	Материалдар.....	26
2.1.1	Базалық майлардың ИҚ-спектрлік талдауы.....	29
2.2	Үлгілерді дайындау әдістемесі: таза және аралас базалық майлардың құрамы	32
2.2.1	Полимерлі модификаторды дайындау	32
2.2.2	Мотор майларын дайындау.....	33
2.2.3	Майларды рецептура бойынша әзірлеу.....	33
2.3	Мотор майларының физика-химиялық сипаттамаларын зерттеу әдістемесі.....	35
2.3.1	Кинематикалық тұтқырлығын анықтау.....	35
2.3.2	Қоюландырғыш қоспаның тұтқырлығын анықтау.....	35
2.3.3	Мотор майларының кинематикалық тұтқырлығын анықтау.....	36
2.3.4	Тұтқырлық индекстін есептеу.....	37
2.3.5	Мотор майларының айқын тұтқырлығын анықтау (CCS).....	38
2.3.6	Қату температурасын анықтау.....	39
2.3.7	Мотор майларының булану шығыны.....	41
2.3.8	Мотор майларының сілтілік саны.....	42
2.3.9	Мотор майларының сульфат күлі	42
2.3.10	Мотор майларындағы механикалық қоспалар	43
2.3.11	Мотор майларындағы су құрамы	43
2.3.12	Мотор майларының тұтану температурасы.....	44

2.3.13	Мотор майларының элементтік құрамы.....	45
2.3.14	Мотор майларының коррозияға қарсы тұрақтылығы және тотығуға төзімділігі.....	46
3	ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛДАУ.....	49
3.1	Қоюландырғыш қоспаның тұтқырлығы.....	49
3.2	Мотор майларының тұтқырлығы.....	49
3.3	Майлардың ИҚ спектріндегі нәтижелері.....	51
3.4	Мотор майларының физика-химиялық көрсеткіштері.....	55
3.5	Тұнбаның индукциялық кезеңі және коррозияға қарсы тұрақтылықты бағалау әдістері.....	58
3.6	Өртүрлі құрамдағы үлгілердің MRV нәтижелерін талдау.....	62
	ҚОРЫТЫНДЫ.....	67
	ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	68
	А қосымшасы.....	71
	Б қосымшасы.....	72
	В қосымшасы.....	73
	Г қосымшасы.....	74
	Д қосымшасы.....	75

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда көлік құралдарының сенімділігі мен ұзақ мерзімді жұмысын қамтамасыз етуде мотор майларының сапасы басты рөл атқарады. Мотор майлары тек үйкелісті азайтып қоймай, қозғалтқыш бөліктерін тозудан қорғап, жылу тарату, тотығу өнімдерін бейтараптандыру және шөгінділерден тазарту секілді күрделі қызметтерді атқарады. Осы қасиеттердің барлығы май құрамындағы базалық компоненттер мен қоспаларға, соның ішінде полимерлі қоюландырғыштарға тікелей байланысты.

Полимерлі қоюландырғыштар мотор майының тұтқырлық-температуралық сипаттамаларын жақсартатын маңызды функционалдық компонент болып табылады. Олар майдың жұмыс температурасы жоғарылағанда тұтқырлықтың күрт төмендеуінің алдын алып, тиімді майлау режимін қамтамасыз етеді. Алайда бұл қоспалардың тиімділігі майдың базалық негізіне (минералды немесе синтетикалық) және қосымша антипендік, тотығуға қарсы және басқа да модификаторлармен өзара әсерлесуіне байланысты өзгереді.

Бүгінгі зерттеулер көрсеткендей, базалық майдың көмірсутектік құрылымы, оның ішінде қаныққандық дәрежесі, ароматикалық компоненттердің болуы және оттекті топтардың бар-жоғы полимерлі қоюландырғыштың еруіне, тұрақтылығына және әсер ету механизміне айтарлықтай ықпал етеді.

Өзектілігі: Бұл тақырыптың өзектілігі автомобиль және басқа салалардың қозғалтқыштардың жоғары өнімділігі мен беріктігін қамтамасыз етуге, тозуды азайтуға және энергия тиімділігін арттыруға үнемі ұмтылуымен байланысты. Бұл тұрғыда полимерлі қоюландырғыш қоспалардың тиімділігін жақсартуға бағытталған зерттеулер май өнеркәсібін дамыту стратегиясының ажырамас бөлігіне айналады.

Мақсаты: Зерттеудің негізгі мақсаты — әртүрлі рецептуралар негізінде дайындалған мотор майларында қолданылатын полимерлі қоюландырғыш қоспалардың әсер ету тиімділігін арттыру, әрі құрам жағынан оңтайлы және экономикалық тиімді шешімді анықтау.

Зерттеудің негізі міндеттері: Өзара әрекеттесу механизмдерін зерттеу: полимерлі қоюландырғыш қоспалардың негізгі майлар мен басқа қоспалар сияқты қозғалтқыш майларының негізгі компоненттерімен өзара әрекеттесу механизмдерін түсіну үшін іргелі зерттеулер жүргізу.

Құрамдар мен құрылымдарды оңтайландыру: майлармен үйлесімділігін, әртүрлі температура мен жүктеме режимдеріндегі тұрақтылықты жақсарту мақсатында полимерлі қоюландырғыш қоспалардың жаңа құрамдары мен құрылымдарын әзірлеу.

Физика-химиялық қасиеттерін зерттеу: маңызды болып табылатын көрсеткіштерді зертханалық түрде есептеу(тұтқырлығы , қату температурасы, жарқыл температурасы т.б.)

Қозғалтқыштардың жұмысына әсерін бағалау: жаңа қоспалардың

қозғалтқыштардың жұмысына әсерін кешенді талдау жүргізу, соның ішінде олардың үйкеліске, тозуға, жылу берілуіне және энергия тиімділігіне әсерін зерттеу.

Сапаны бағалау әдістерін дамыту: қозғалтқыштардың әртүрлі параметрлеріне және майлардың беріктігіне әсерін ескеретін полимерлі қоюландырғыш қоспалардың сапасын бағалаудың жаңа әдістері мен критерийлерін жасау.

Осы зерттеу жобасы табысты жүзеге асқан жағдайда, алынған нәтижелер отандық және халықаралық майлау материалдары өндірісінде қолдануға жарамды жоғары тиімді, техникалық және экономикалық тұрғыдан теңгерілген мотор майларын жасауға мүмкіндік береді. Полимерлі қоюландырғыштардың әсер ету тиімділігін нақты ғылыми негізде анықтап, олардың базалық майлармен өзара үйлесімділігін оңтайландыру арқылы майлау жүйесінің қызмет мерзімі ұзарып, қозғалтқыштардың эксплуатациялық сенімділігі артады. Сонымен қатар, өндірістік шығындарды азайтып, импорттық қоспаларға тәуелділікті төмендету арқылы бұл жобаның экономикалық тиімділігі де айтарлықтай жоғары болады. Яғни, бұл бағыттағы зерттеу мен әзірлемелер Қазақстанның майлау технологиялары нарығын дамытуда стратегиялық маңызға ие.

Полимерлі қоюландырғыштардың базалық майлармен синергетикалық өзара әрекеттесуін ескере отырып жасалған рецептуралар энергияны үнемдеуге, экологиялық талаптарға сай өнім шығаруға және климаттық жағдайларға бейімделген майлау материалдарын өндіруге мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде елдегі көлік паркін техникалық қызмет көрсетуде сапалы әрі үнемді шешімдер ұсынуға негіз болады. Болашақта бұл зерттеулер нәтижесі негізінде өндірістік технологияларды масштабтауға және жаңа буындағы мотор майларын жасауға негіз қаланады.

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Диссертациялық жұмыста төмендегі стандарттарға сілтемелер қолданылды:

МемСТ 33—2016 Мұнай және мұнай өнімдері. Мөлдір және мөлдір емес сұйықтықтар. Кинематикалық және динамикалық тұтқырлықтарды анықтау.

МемСТ 25371-97 Мұнай өнімдері. Кинематикалық тұтқырлық бойынша тұтқырлық индексін есептеу

МемСТ20287—91 Мұнай өнімдері. Ағу және кату температурасын анықтау әдістері

ASTM D5293-20 Мотор майлары. Салқын қозғалтқыштың симуляторы арқылы минус 10 °С-тан минус 35 °С-қа дейінгі температурада мотор майлары мен негізгі компоненттердің көрінетін тұтқырлығын анықтаудың стандартты әдісі

ASTM D5800 Ноак әдісімен майлау майларының булану шығынын анықтаудың стандартты әдісі

МемСТ 11362 Мұнай өнімдері мен майлау материалдары. Бейтараптандыру саны. Потенциометриялық титрлеу әдісі

ASTM D2896 Хлор қышқылымен потенциометриялық титрлеу арқылы сілтілік санды анықтау

МемСТ 12417 Мұнай өнімдері. Сульфат күлін анықтау әдісі

МемСТ 6370 Мұнай, мұнай өнімдері және қоспалар механикалық қоспаларды анықтау әдісі

МемСТ 2477 Мұнай және мұнай өнімдері. Судың құрамын анықтау әдісі

МемСТ 4333 Мұнай өнімдері. Ашық тигельдегі тұтану және тұтану температурасын анықтау әдістері

ASTM D 892 Майлау майларының көбіктену сипаттамаларын сынаудың стандартты әдісі

ASTM D 4951 Индуктивті байланысқан плазмалық атомдық эмиссиялық спектрометрия әдісімен майлау майларындағы қоспа элементтерін анықтауға арналған стандартты сынақ әдісі

МемСТ 3900 Мұнай және мұнай өнімдері. Тығыздықты анықтау әдістері

ASTM D 1500 Мұнай өнімдерінің түсін анықтаудың стандартты әдісі (ASTM түс шкаласы бойынша)

МемСТ 11063-2020 Қоспалары бар моторлы майлар. Тұнбаның индукциялық кезеңі бойынша тұрақтылықты анықтау әдісі

МемСТ 20502-75 Майлар мен қоспалар. Коррозияны анықтау әдістері

ASTM D 4684 Қозғалтқыш майларының төмен температурада беріктік шегін және шартты тұтқырлығын анықтау әдісі бойынша стандартты сынақ әдістемесі

1 Әдеби шолу

1.1 Мотор майларының өнертабысы

Мотор майлары — іштен жану қозғалтқышының қозғалмалы бөлшектерін майлау үшін арнайы жасалған сұйықтықтар. Олардың негізгі міндеті — металл беттері арасындағы үйкелісті азайту, бөлшектердің тозуын төмендету, жылуды тарату, коррозиядан қорғау және ластануларды кетіру [1]. Мотор майын қолданбай қозғалтқышты пайдалану мүмкін емес, себебі тез қызып кету және үйкелетін бөлшектердің бұзылуы орын алады (1- сурет).



1-сурет – Мотор майлары

Мотор майының құрамы базалық май мен қоспалар пакетінен тұрады. Базалық май минералды, жартылай синтетикалық немесе толық синтетикалық шығу тегіне ие болуы мүмкін және өнімнің тұтқырлығы, тұтану температурасы мен тотығуға төзімділігі сияқты негізгі физика-химиялық қасиеттерін анықтайды [2]. Ал қоспалар, өз кезегінде, пайдалану сипаттамаларын жақсартады: жуғыш қасиеттерді арттырады, коррозиядан қорғауды қамтамасыз етеді, тұтқырлықты тұрақтандырады және көпіршіктенудің алдын алады [3].

Іштен жану қозғалтқыштарының алғашқы нұсқалары ХІХ ғасырдың екінші жартысында пайда болды. 1876 жылы Николаус Отто төрт тактілі іштен жану қозғалтқышын ойлап тапқаннан кейін, қозғалтқыштың тиімді жұмыс істеуі үшін арнайы майлаушы сұйықтықтарға сұраныс пайда болды [4]. Алғашқы кезде жануар майлары мен өсімдік майлары қолданылғанымен, олар жоғары температура мен қысым жағдайында тұрақсыз болып шықты.

Пенсильваниядағы алғашқы мұнай ұңғымасының ашылуы (1859 ж.) және мұнайды айдау технологиясының дамуы минералдық негіздегі майлардың пайда болуына әкелді. Бұл минералдық майлар алғашқы мотор майларының негізі болды [5].

XIX ғасырдың соңында алғашқы арнайы мотор майлары жасала бастады. Бұл майлар шикі мұнайдан тазарту арқылы алынған, салыстырмалы түрде төмен тұтқырлық пен термиялық тұрақтылыққа ие өнімдер болды [6].

Бастапқы мотор майлары:

- Үйкелісті азайту үшін жеткілікті тұтқырлық көрсетті;
- Жоғары температурада тотығуға бейім болды;

Шөгінділер мен көміртекті қалдықтардың пайда болуына жиі себеп болды [2].

Автомобиль өнеркәсібінің өркендеуімен мотор майларына қойылатын талаптар да күшейді. XX ғасырдың басында майларға қоспалар қоса басталды: мысалы, тұтқырлықты тұрақтандыратын, тотығуға қарсы тұратын және шөгінділердің алдын алатын қоспалар [7].

1920–1930 жылдары алғашқы муьтивискоздық майлар пайда болды. Бұлар температура өзгерістеріне бейімделе алатын, яғни суықта сұйық, ал ыстықта қою болатын майлар еді [8].

1940–1950 жылдары синтетикалық майлардың өнертабысы жүзеге асты. Әскери қажеттіліктер (мысалы, ұшақ қозғалтқыштарын майлау) синтетикалық негіздегі майларға жол ашты. Синтетикалық майлар жоғары температураға төзімділігімен және ұзақ қызмет ету мерзімімен ерекшеленді [9].

Бүгінде мотор майлары:

- Минералдық, синтетикалық немесе жартылай синтетикалық базалық майдан тұрады;
- Озық қоспалар пакетімен байытылған (антиоксиданттар, антифрикциялық агенттер, детергенттер, диспергаторлар) [10];
- SAE, API, ACEA сияқты стандарттар бойынша жіктеледі [11].

Қазіргі заманғы мотор майларына қойылатын талаптар:

- Жоғары отын үнемділігі,
- Төмен токсикология,
- Ұзақ қызмет ету мерзімі,
- Катализаторлық жүйелермен үйлесімділік [12].

Экологиялық талаптардың өсуіне байланысты төмен күлді, төмен фосфорлы және төмен күкіртті майлар (Low SAPS) танымал болуда [13].

1.2 Мотор майларындағы қоспалар

Мотор майының қоспалары – бұл негізгі майдың қасиеттерін жақсартатын химиялық қосылыстар. Майдың көптеген түрлерін өндіруші бір ғана негізгі майды қолданып бірақ әр түрлі көлмде қоспаларды қолданып бірнеше май түрін ала алады. Қоспа кей бір майлардың салмағы бойынша 5% дан 20% дейін құрайды [14].

Мотор майының қоспаларын жасау және өндіру тарихы соңғы онжылдықтарда қарқынды дамып келе жатқан инновациялар мен технологиялық жетістіктерге толы. Осы процестің негізгі кезеңдерін қарастырайық:

Ерте кезеңдер (XX ғасырдың басы):

XX ғасырдың басында автомобиль көлігінің пайда болуымен майлау материалдары қозғалтқыштардың сенімді және тиімді жұмысын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқаратыны белгілі болды. Алайда, сол кездегі майлар қарабайыр болды және қосымша қоспаларсыз тек негізгі минералды майлар болды [15].

Технологияларды дамыту (20-40 жылдар):

Дүниежүзілік соғыстар арасында және одан кейін майлау материалдары саласында айтарлықтай зерттеулер жүргізілді. Осы уақытта майлардың өнімділігін жақсартуға арналған антиоксиданттар мен тозуға қарсы қоспалар сияқты алғашқы қоспалар жасалды [16].

Соғыстан кейінгі кезең және инновация (1950-1970):

Соғыстан кейінгі кезең автомобиль өнеркәсібінің қарқынды өсуімен және жолдардағы автомобильдер санының өсуімен сипатталды. Бұл май өндірушілерді қосымша зерттеулер мен қоспалар инновацияларына ынталандырды [17].

Қазіргі дәуір (1980 - ші жылдар):

Қазіргі әлемде мотор майын өндірушілер қозғалтқыштардың максималды тиімділігі мен қорғалуын қамтамасыз етуге, сондай-ақ қатаң стандарттар мен сапа стандарттарын сақтауға бағытталған жаңа қоспаларды зерттеу мен әзірлеуді жалғастыруда [18].

Мотор майының қоспаларын жасау және өндіру тарихы заманауи қозғалтқыштардың сенімді және ұзақ жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін инновациялар мен жетілдіруге деген тұрақты ұмтылысты көрсетеді.

1.3 Қоспалардың түрлері

Май қоспалары негізінен қазіргі кезде ішкі жану қозғалтқыштарында мотор майын дұрыс майлау мен ұзақ уақыт пайдалану үшін өте маңызды болып табылады. Олардың кейбір түрлері болмаса май ластануы, ыдырауы, ағып кетуі немесе кез келген жұмыс температурасында қозғалтқыштың бөлшектерін дұрыс қорғауды қамтамасыз етпеуі мүмкін. Маңызды қоспаларға беріліс қорабында, автоматты беріліс қорабында қолданылатындар жатады. Ең маңызды қоспалардың қатарына тұтқырлықты және майлау қасиеттерін арттыратын, ластанушы заттардың құрамын төмендететін, химиялық бұзылуға жол бермейтін және тығыздықты жақсартатын, қоюлардыратын қоспалар жатады. Кейбір қоспалар майлау материалдарының қатты қысым мен температура, сондай-ақ ластанудың жоғары деңгейі сияқты ауыр жағдайларда жақсы жұмыс істеуіне мүмкіндік береді. Төменде қоспалардың негізгі түрлері және олардың функцияларының қысқаша сипаттамасы берілген:

Антиоксиданттар: жоғары температурада майдың тотығуын болдырмайды, шөгінділердің пайда болуын болдырмауға және майдың қызмет ету мерзімін ұзартуға көмектеседі [19].

Тозуға қарсы қоспалар (Anti-wear additives): үйкеліс пен тозуды азайту үшін металл беттерде қорғаныс қабатын құрайды [7].

Детергенты(Detergents): шөгінділердің пайда болуына жол бермей, қозғалтқыштың ішкі бөліктерін таза ұстайды [20].

Дисперсанттар(Dispersants): ластанудың ұсақ бөлшектерін тоқтата тұруға көмектеседі, олардың тұнбаға түсуіне және шламның пайда болуына жол бермейді [21].

Коррозияға қарсы қоспалар (Corrosion inhibitors): қозғалтқыштың металл бөліктерін коррозиядан қорғайды [22].

Тұтқырлық модификаторлары (Viscosity index improvers): әр түрлі температурада майдың тұрақты тұтқырлық сипаттамаларын қамтамасыз етеді [23].

Көбікке қарсы қоспалар(Antifoam agents): майдың көбіктенуіне жол бермейді, оның айналымы мен майлау қасиеттерін жақсартады [24].

Депрессаторлар (Pour point depressants): майдың қатаю температурасын төмендетіп, оның төмен температурада айналуын жақсартады [25].

Үйкеліске қарсы қоспалар (Friction modifiers): қозғалтқыштың қозғалатын бөліктері арасындағы үйкеліс коэффициентін төмендетіп, оның тиімділігін арттырады [26].

Әр түрлі қоспаларды қолдану мотор майларының өнімділігін едәуір жақсартуға және әртүрлі жағдайларда қозғалтқыштың сенімді жұмысын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

1.4 Мотор майларына арналған қоспалардың параметрлерін анықтау әдістері

Пайдалану тәжірибесі, зерттеу деректері қозғалтқыштардың пайдалану талаптарын қанағаттандыру үшін тек бір түрдегі қоспаларды пайдалану жеткіліксіз екенін көрсетеді. Қоспалардың кепілдендірілген деңгейіне жету үшін олардың құрамында функционалды топтар немесе қоспалар болуы керек, оларды алу кезінде әр түрлі қоспалардың құрамы қолданылады. Мұны болжамды пайдалану шарттары бойынша бастапқы деректерге сәйкес қоспалардың өзара әрекеттесуінің әртүрлі схемаларын таңдау кезінде алуға болады.

Мотор майларының қазіргі заманғы сынақтары оларда көрсетілген іс-шаралардың нақты көлемі мен құрамына байланысты зерттеу бағдарламаларында ерекшеленеді. Тәжірибеде мотор майларының қасиеттерін анықтау үшін келесі сынақ түрлері қолданылады [27]:

- Зертханалық;
- Моторлық.

Зертханалық сынақтар ретінде жіктелген сынақ түрлері мотор майларының физикалық-химиялық, кейбір функционалдық және басқа да қасиеттерін қамтитын әртүрлі қасиеттерін анықтауға бағытталған.

Моторлық сынақтарын сынақтардың механикалық түрлері ретінде жіктеуге болады, өйткені олар арнайы стендтерде, оларда орнатылған әртүрлі конструкциялар мен типтегі іштен жанатын қозғалтқыштарда жүргізіледі [27].

Зертханалық сынақтарды жүргізудің нәтижесі "сілтілік саны, қышқылдық саны, күл, жағармай композицияларының тұтану және қату температурасы, механикалық қоспалар мен судың құрамы, тұтқырлық сипаттамаларын" қамтитын анықталған көрсеткіштер болып табылады [27]. Сонымен қатар, "тазалық дәрежесі және физика-химиялық типтегі көрсеткіштерге қатысты басқа көрсеткіштер анықталады, тұтқырлық индексі" [27]. Осы сынақтарды өткізу үшін тиісті нормативтік-техникалық құжаттар әзірленді. Сынақтар кезінде анықталған көрсеткіштерді стандарттау өнімді технологиялық өндіру процесінде оларды бақылауды қолдауға ықпал етеді [27].

1.5 Моторлы майлар: құрамы, функциялары және пайдалану қасиеттеріне қойылатын талаптар

Моторлы май – іштен жанатын қозғалтқыштың қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін күрделі көпкомпонентті қоспа. Оның құрамы негізінен базалық майдан және арнайы қоспалардан тұрады. Әдетте қозғалтқыш майының 80–90 % үлесін базалық май құрайды, қалған бөлігі түрлі қоспаларға тиесілі болады [28]. Базалық май ретінде мұнайдан алынған минералды негіздер немесе синтетикалық жолмен алынған сұйық көмірсутектер пайдаланылады. Қоспалар (қосымшалар) майдың қасиеттерін жетілдіруге бағытталған: олар тотығуға қарсы, коррозияға қарсы, үйкеліс пен тозуды азайтатын, көбіктенуді басатын, диспергирлеуші және тұтқырлықты тұрақтандыратын функцияларды атқарады. Қозғалтқыш майы қозғалтқыштағы үйкелуші бөлшектердің арасындағы үйкелісті азайтып, тозуды болдырмауды негізгі функциясы ретінде орындайды [29]. Сонымен бірге май қозғалтқыш бөлшектерін салқындату (үйкеліс жылуын алып кету) және тазалау (ластарды ерітіп, шөгінділердің түзілуін тежейді) қызметтерін атқарады. Майдың тағы бір маңызды қызметі – қозғалтқыштың қозғалмалы бөліктері мен тығыздағыштар арасында жұқа майлы қабат түзіп, оларды герметизациялау (тығыздау), сондай-ақ коррозиядан қорғау болып табылады. Осылайша, сапалы мотор майы төмендегі талаптарға сай болуы тиіс:

- Жоғары майлау қабілеті және тозуға қарсы қорғаныс. Май қатты қысым мен температурада да үйкелісті тиімді азайтып, бөлшектердің қызмет мерзімін ұзартуы керек [30].
- Температураға тұрақты тұтқырлық. Қозғалтқыш суық кезде май өте қоюланып кетпеуі (оңай айналу үшін), ал қызған кезде тым сұйылып қалмауы қажет. Яғни, майдың тұтқырлығы температураға байланысты қатты өзгермейтін, жеткілікті жоғары тұтқырлық индексі (VI) болғаны абзал [29].
- Термиялық-тотығу тұрақтылық. Май жоғарғы температурада ұзақ уақыт жұмыс істегенде тотығып, қасиеттерін жоғалтпауы керек. Бұл үшін оның құрамында антиоксиданттық қоспалар болады, және майдың тотығу тұрақтылығы арнайы сынақтармен бағаланады (мысалы, жоғары температурадағы тазалық пен қышқыл санының өзгеруі) [31].

- Төмен температуралық қасиеттері. Қатты суықта қозғалтқышты іске қосқанда май қоюланып, сорғы арқылы айнала алмай қалмауы тиіс. Сондықтан майдың қайту температурасы төмен, суықта айдалуы жақсы болуы керек (CCS және MRV сынақтарында талап етілген мәндерден аспауы шарт) [31].
- Қайнау-тұтылу көрсеткіштері және буланғыштық. Майдың оңай ұшып кетпеуі үшін оның булану шығыны (Noack бойынша) төмен, тұтану температурасы жоғары болуы керек. Бұл қозғалтқыш майының шығынын азайтады және қауіпсіздігін арттырады.
- Химиялық тұрақтылық және бейтараптық. Май құрамындағы қоспалар қозғалтқыш материалдарымен үйлесімді болып, коррозия тудырмауы тиіс. Сонымен қатар, ұзақ пайдалану кезінде майдың қышқылдығы қатты өсіп кетпеуі керек.

Қазіргі заманғы қозғалтқыш майлары осы талаптардың барлығын қанағаттандыруы үшін құрамына түрлі қоспалар қосылған күрделі композиция ретінде өндіріледі [30]. Базалық май өзінің физика-химиялық қасиеттерімен майдың негізін қалыптастырса, қоспалар арқылы оның жұмыс барысында қажетті көрсеткіштері қамтамасыз етіледі. Мысалы, детергенттер мен диспергирлеуші қоспалар майдың тазалағыштық қабілетін арттырады, антиоксиданттар мен ингибиторлар тотығуға тұрақтылығын күшейтеді, ал арнайы полимерлі қоюлатқыш қоспалар тұтқырлықтың температураға тәуелділігін оңтайландырады.

1.6 Полимерлік тұтқырлық модификаторлары (ПТМ)

Майдың тұтқырлық көрсеткіштерін температураға байланысты тұрақтандыру үшін оған қосылатын аса маңызды қоспалардың бірі – полимерлік тұтқырлық модификаторлары (ПТМ) болып табылады [30]. Бұл қоспалар әдебиетте *viscosity index improver* (VII) немесе *viscosity modifier* (VM) деп аталады. Полимерлік қоюлатқыш қоспалар майдың тұтқырлығын арттыра отырып, оның жоғары температурадағы төмендеуін баяулатады және төмен температурада қажетті сұйықтығын сақтайды [29].

Полимерлі модификаторлардың қоюлау әсері олардың температураға байланысты көлемдік күйінің өзгерісіне негізделеді. Төмен температурада полимер тізбектері жиырылып, жинақы шар тәрізді оралым күйде болады, осы кезде олардың майдың тұтқырлығына әсері мардымсыз. Ал температура артқан кезде полимердің ерігіштігі жақсарып, оралымдары кеңейеді, тізбектер бойына базалық май молекулаларын сіңіріп, ісінеді [29]. Нәтижесінде, жоғары температурада майдың тұтқырлығы полимерсіз жағдаймен салыстырғанда көбірек артып, тұтқырлықтың температураға тәуелділігі теңгеріледі. Дәл осы құбылыс – полимер тізбектерінің температура жоғарылағанда кеңеюі – көп жылдар бойы VII әсерінің негізі деп саналып келді [29]. Дегенмен кейбір зерттеулер барлық полимерлер мұндай «оралым кеңею» механизмін бірдей көрсетпейтінін, әсіресе полярлы топтары бар сополимерлер үшін балама өзара әрекеттесу құбылыстары жүруі мүмкін екенін айтады [29]. Әйтсе де, жалпы

жағдайда, ПТМ қосылған майда жоғары температурадағы тұтқырлықтың төмендеуі айтарлықтай азаяды, оны сандық тұрғыда тұтқырлық индексі (VI) арқылы көрсету қабылданған [29].

Полимерлі қоюлатқыш қоспалардың кеңінен қолданылатын түрлері бірнеше топқа жіктеледі. Құрамында парафиндік көмірсутек тізбектері бар полимерлер – мысалы, этилен-пропилен сополимерлері (ОСР түрі) – арзан және көп қолданылатын VII болып табылады [29]. Этилен-пропилен сополимерлері (ОСР) – этилен ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$) және пропилен ($-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$) бірліктерінің араластыра радикалдық полимерленуінен түзілетін кездейсоқ немесе блоктық полимер. Стандартты мотор майларындағы VII ретінде негізгі рөл атқарады.

Сондай-ақ мұнайхимия өнеркәсібінде кең тараған полиизобутилен (PIB) де қарапайым қоюлатқыш ретінде белгілі. Полиизобутилен – изобутилен мономерінің ($-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)_2-$) полимерленуінен пайда болатын құрылымы қарапайым макромолекула.

Полиметакрилаттар (ПМА) – түрлі ұзындықтағы алкил-бүйір тізбектері бар метакрилат мономерлерінен алынған сополимерлер – тұтқырлық модификаторы ретінде маңызды орын алады [29]. Полиметакрилаттар – метилметакрилаттың (ММА) бірліктерінен алынатын полимерлер, олардың бүйір алкил тізбектері ($-\text{COO}-\text{R}$) ұзындығы мен тармақталу дәрежесі бойынша әртүрлі болады.

РМА түріндегі қосылымдар жоғары синтез икемділігімен және құрылымын мақсатты түрле өзгерту мүмкіндігімен ерекшеленеді: радикалдық сополимерлеу арқылы әртүрлі блоктық, тармақталған немесе жұлдызша тәрізді архитектурасы бар полиметакрилат қоюлатқыштары алынуы мүмкін [29].

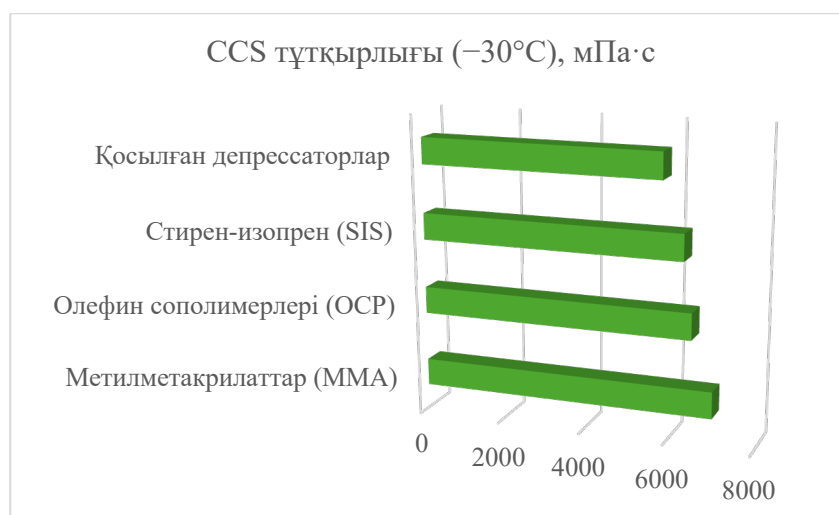
Полимерлік модификаторлардың тиімділігімен қатар олардың қозғалтқыштағы тұрақтылығы да өте маңызды көрсеткіш. Май айналу кезінде тар саңылаулар мен насостардан өткенде, жоғары жылдамдықтағы жылжу деформациялары әсерінен полимер тізбектері үзілумен бұзылып, тұтқырлықты жоғалтуы мүмкін. Мұндай механизмді механикалық қиратылу (*ығысу-деструкция*) деп атайды. Полимердің *ығысу-тұрақтылығын* бағалау үшін стандартты лабораториялық сынақтар қолданылады: дайын май үлгісін белгілі бір уақыт бойы жоғары жылдамдықтағы механикалық *ығысу-жүктемеге* ұшыратып, сыналғаннан кейінгі кинематикалық тұтқырлығын бастапқы мәнімен салыстырады. Тұтқырлықтың проценттік төмендеуі арқылы шайырлану тұрақтылық индексі (SSI) немесе тұтқырлықтың тұрақтылық коэффициенті есептеледі. SSI мөлшері неғұрлым аз болса (яғни тұтқырлық аз өзгерсе), полимердің берік екендігін білдіреді. Мысалы, сутектендірілген стирол-диен сополимерлері кейбір олефин сополимерлерімен салыстырғанда *ығысу-тұрақтылығы* жоғарырақ (SSI төмен) болатыны анықталған [32]. Полимердің молекулалық массасы артқан сайын қоюлау қабілеті өсетінімен бірге, *ығысу-тұрақтылығы* керісінше нашарлайтыны белгілі. Сондықтан заманауи ПТМ әзірлеуде молекулалық құрылымды

оңтайландыру – үлкен молекулалық тізбектерді тармақтау, «жұлдызша» тәрізді архитектураларды енгізу арқылы олардың тиімділігі мен тұрақтылығы арасындағы балансты жетілдіру негізгі бағыттардың бірі болып отыр [33](1-кесте).

Кесте 1 – Полимерлік тұтқырлық модификаторлары (ПТМ)

Полимер	Қайталанатын бірлік формуласы	Молекулалық масса (г/моль)	SSI (Ығысу Тұрақтылығының Индексі)	Артықшылықтары	Кемшіліктері
ОСР (этилен-пропилен сополимері)	$[-CH_2-CH_2-]_m [-CH_2-CH(CH_3)-]_n$	$\approx 200,000$	$\approx 60-70\%$	Арзан, қарапайым, жоғары t-де VI ұстайды	Shear-қа төзімділігі төмен
PIB (полиизобутилен)	$[-CH_2-C(CH_3)_2-]_q$	$50,000-300,000$	$\approx 65-75\%$	Төмен t-де жақсы айдау	Гель түзілу ықтималдығы жоғары
PMA (полиметакрилат)	$[-CH_2-C(CH_3)(COO-R)-]_p$ ($R = CH_3$ for PMMA)	$100,000-200,000$	$\approx 50-60\%$	Төмен t-де сұйықтық қасиеті жақсы, ВИ өсімі жоғары	Синтезі күрделі, қымбат
HSD (сутектендірілген стирол-диен)	$[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_x [-CH_2-CH(CH_3)-]_y$	$\approx 180,000$	$\leq 45\%$	Ең жоғары ығысу-тұрақтылық, термотұрақты	Синтезі күрделі, тазарту қиын
Star-PMA (жұлдызша PMA)	PMA базасына бірнеше тармақталған R-бөлімдер	$150,000-250,000$	$\approx 40-50\%$	Ығысу-тұрақтылық пен тиімділіктің жақсы балансы	Өте күрделі және шығынды синтез

Полимердің химиялық табиғаты мен молекулалық салмағы мұқият есептелуі тиіс, өйткені олардың артық немесе үйлесімсіз қолданылуы суық іске қосу талаптарын бұзуы мүмкін(2- сурет).



2-сурет – Полимерлі қоюландырғыштардың төмен температуралық тұтқырлыққа әсері

1.7 Базалық майлардың жіктелуі

Майдың базалық негізі ретінде пайдаланылатын майлар Американдық Мұнай Институты (API) қабылдаған классификация бойынша бес топқа бөлінеді [28].

I топ – дәстүрлі минералды базалық майлар, олар қарапайым селективті тазалау (еріткішпен тазалау) арқылы шикі мұнайдан алынады. I топ майларында қанықпаған көмірсутектер (ароматикалық қосылыстар) мөлшері жоғарылау (10 %-дан көп), күкірттің массалық үлесі 0,03 %-дан асады, ал тұтқырлық индексі шамамен 80–120 аралығында болады.

II топ базалық майлар – гидротазалау және гидрокрекинг процестері арқылы тереңірек тазартылған минералды майлар; олардың құрамында қаныққан көмірсутектер $\geq 90\%$, күкірт $\leq 0,03\%$, тұтқырлық индексі 80–120 шамасында. Қазіргі таңда моторлық майлардың көбісі I және II топтағы арзан минералды базалардан өндіріледі.

III топ базалық майлар да мұнайдан өндіріледі, бірақ аса терең гидрокрекинг және гидроизомеризация әдістерімен алынатын өте жоғары тазалықтағы өнім. III топ майларының қаныққан көмірсутек үлесі өте жоғары ($\approx 99\%$), күкірт мөлшері өте аз, ал тұтқырлық индексі ≥ 120 болып келеді. Сондықтан көптеген елдерде III топ майлары синтетикалық деп маркетингтеледі, яғни қасиеттері жағынан толық синтетикаға жақын.

IV топ – шынайы синтетикалық базалық майлар, олар мұнай фракцияларын полимерлеу арқылы алынатын полиальфа-олефиндер (PAO). PAO негіздері аса таза, біртектілігі жоғары, химиялық тұрақтылығы керемет және тұтқырлық индексі өте жоғары ($VI \sim 140\text{--}150$).

V топ базалық майларға жоғарыдағы I–IV топтарға кірмейтін барлық басқа май негіздері жатады [28]. Оларға түрлі синтетикалық эфирлер, полигликольдер, өсімдік майлары және т.б. арнайы сұйықтықтар кіреді. V топтың кей өкілдері (мысалы, диэфирлер) өте жоғары тұтқырлық индексіне

және төмен температуралық қасиеттерге ие, бірақ кейбір физико-химиялық көрсеткіштері бойынша (мысалы, буланғыштығы, биодырағыштығы) өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Минералды және синтетикалық базалық майларды мақсатқа сай араластыру арқылы жартылай синтетикалық майлар алынады. API анықтамасы бойынша, V топтан басқа кез келген екі немесе одан көп топтың базаларын араластыруға болады. Жартылай синтетикалық майларда, әдетте, III немесе IV топтың белгілі бір үлесі (мысалы, 20–50 %) I–II топ минералды майларымен қосылып, дайын өнімге қажетті қасиеттер жиынтығын береді. Мұндай қоспалар жоғары сапалы толық синтетикаға ұқсас өнімді экономикалық тиімді жолмен алуға мүмкіндік береді.

1.8 Базалық майлардың молекулалық қасиеттерінің полимерлердің мінез-құлқына әсері

Базалық майдың химиялық табиғаты мен қасиеттері қосылатын полимерлік қоюлатқыштың тиімділігіне және тұрақтылығына едәуір ықпал етеді. Полимерлер – макромолекулалық қосылыстар болғандықтан, еріткіш ретіндегі майдың полярлығы, молекулалық құрылымы мен еріткіштік қабілеті олардың ерігіштік дәрежесін, оралым күйін айқындайды. Соңғы зерттеулер көрсеткендей, базалық май полярлығының өзгерісі полимер тізбегінің температураға байланысты кеңею механизмінің іске асу/аспауына тікелей әсер етеді [33].

Мысалы, салыстырмалы түрде полярлығы жоғары синтетикалық негізде (диэфир типті еріткіште) поли(бутилметакрилат) тәрізді қоюлатқыш полимер жоғары температурада тұтқырлықты айтарлықтай арттырмайды – өйткені бұл ортада полимердің бастапқы ерігіштігі өте жақсы, температура көтерілгенде оның оралымы қосымша кеңеймейді. Ал полярлығы төмен ортада (парафиндік көмірсутекті негізде) сол полимер температура артқан сайын майдың тұтқырлығын айқын көтереді, яғни классикалық оралым-кеңею моделі байқалады [33].

Демек, полимердің тиімді жұмыс істеу механизмі таңдалған базалық майдың табиғатына тәуелді: кей жағдайларда полимер тізбегі температураға сезімтал түрде көлемін өзгертіп тұтқырлықты реттесе, басқа жағдайда полимер тізбектерінің өзара ассоциациялануы немесе агрегатталуы сияқты құбылыстар басым болуы мүмкін [34].

Полимерлі ПТМ тиімділігінің маңызды көрсеткіштерінің бірі – оның белгілі бір базалық майдағы қоюлау қуаты. Бұл көрсеткіш полимер ерітіндісінің тұтқырлығын салыстырмалы концентрация бойынша сипаттайтын ішкі тұтқырлық шамасымен байланысты. Khalafvandi және авторлар тобының жұмысы түрлі топтағы (API I, II, III) майларда әртүрлі полимерлердің ішкі тұтқырлығын өлшеп, полимердің эффективті өлшемі оның сол ортадағы ерігіштігіне тәуелді болатынын көрсетті [31]. Яғни базалық май неғұрлым «жұмсақ еріткіш» болып (полимермен жақсы үйлесіп), макромолекуланы толық жайып жібере алса, полимердің сол ортадағы тиімді

көлемі үлкен болады да, қоюлау әсері күштірек білінеді. Ал егер майдың табиғаты полимерге сай келмей, ерігіштігі шектеулі болса, полимер оралымы толық жазылмай, жиырылған күйде қалып, тұтқырлыққа әсері төмендеуі мүмкін.

1.9 Базалық май түрінің ПТМ-ның беріктігі мен тиімділігіне әсер етуіне арналған зерттеулерге шолу

Базалық май табиғатының полимерлік модификаторлардың жұмыс тиімділігіне әсері түрлі зерттеулерде тәжірибелік жолмен зерделенген. Соңғы 5 жылдағы еңбектерде бұл мәселе қазіргі жоғары сапалы майлар талаптары тұрғысынан қарастырылуда. Мысалы, Khalafvandi және әріптестері бірнеше танымал VII полимерлерін (этилен-пропилен сополимері, жұлдызша құрылымды стирол-изопрен сополимері, ди-блок стирол-изопрен сополимерлері) API I, II және III топтағы үш түрлі базалық майда сынап, ішкі тұтқырлық пен полимер мөлшерінің база еріткіштік қасиеттеріне тәуелділігін зерттеген [28]. Нәтижелер полимердің эффективті көлемі (ерігендегі оралым мөлшері) базалық майдың химиялық қасиеттеріне байланысты өзгеретінін дәлелдеді. Яғни, жоғарыда айтылғандай, полимер бір майда толық жазылып, үлкен оралым құраса – ол ортада тұтқырлыққа ықпалы күшті, ал басқа базада жиырылған күйде қалса – қоюлау тиімділігі төмен болады. Бұл тәжірибелік түрде расталған маңызды тұжырым, себебі бұрыннан теориялық тұрғыда болжанған полимер–еріткіш (база) арасындағы өзара әсердің нақты майлар мысалында көрсетілуі болып табылады.

Базалық май түрінің ПТМ қасиеттеріне әсерін бағалаған тағы бір жұмыс – Zhang және авторлар ұжымы (2023) жүргізген зерттеу [29]. Олар синтетикалық негіздерге жататын CTL (coal-to-liquid) базалық майын пайдаланып, оған әртүрлі полимерлі қоюлатқыштарды қосып сынаған. Зерттеу көрсеткендей, CTL тәрізді парафиндік негізі жоғары сапалы майда сутектендірілген стирол-диен (HSD) полимерлері өзін өте тиімді көрсеткен: ОСР-пен салыстырғанда HSD қосылған майдың тұтқырлық индексі әлдеқайда жоғары болып, қоюлау қабілеті күшті болған [29]. Сонымен бірге HSD полимерлері ығысу-тұрақтылық сынағында ОСР-ға қарағанда майдың тұтқырлығын аз жоғалтқан, яғни беріктігі жоғары екені байқалған (SSI көрсеткіші төмен). Бұл айырмашылық базалық май мен полимер арасындағы молекулалық үйлесімділікке байланысты екені түсіндірілді: инфрақызыл микроскопия нәтижелері HSD полимерінің CTL майында біркелкі таралып, өзара әрекеттесуінің минералды 150N майына қарағанда тиімдірек екенін көрсетті [29]. Аталған еңбекте авторлар CTL базасында дайындалған 0W-20 майын сынап, оның суықта жаңғыш тұтқырлығы (CCS –35 °C) дәстүрлі минералды негіздегі ұқсас майдан төмен болып, суық іске қосуды жақсартатынын айтады [29]. Бұл – базалық май түрін жетілдіру арқылы полимерлік қоспаның да әсерін күшейтуге болатынының дәлелі.

Минералды, жартылай синтетикалық және толық синтетикалық майлардың пайдалану тиімділігін салыстырған жұмыстар да бар. Мысалы,

қозғалтқыштағы тозу қарқынына жүргізілген бір зерттеуде синтетикалық май жартылай синтетикаға қарағанда, ал жартылай синтетика минералды майға қарағанда бөлшектерді тозудан жақсы қорғағаны анықталды [30]. Бұл жанама болса да, синтетикалық базаның тұрақтылығы мен қоспалардың тиімділігі жоғары екенін көрсетеді.

Жалпы, әдебиеттерде келісілген пікір – базалық май неғұрлым сапалы болса (тазалығы жоғары, VI жоғары), оған қосылған полимерлік қоспа соғұрлым тиімді жұмыс істейді және ұзақ тұрақтылығын сақтайды [31]. Яғни, толық синтетикалық майлар аз мөлшерде полимер қосса да қажетті VI деңгейіне жетуі мүмкін, әрі мұндай майларда полимерлердің бұзылуы баяу жүреді. Керісінше, арзан минералды базада мол полимер қосуды талап етеді және оның қызмет барысында тезірек қасиет жоғалтатындығы байқалуы ықтимал. Бұл айырмашылықтарды ескеріп, қазіргі зерттеулер полимер құрылымын ғана емес, оған сай келетін базалық май түрін де онтайлы таңдау мәселесіне көңіл бөлуде [32].

1.10 Тұрақтылықты бағалау әдістері

Майдың қасиеттерін кешенді бағалау үшін әртүрлі стандартты әдістемелер қолданылады. Вискозиметрия – майдың тұтқырлығын белгілі температураларда өлшеу – ең негізгі сынақтардың бірі. Қозғалтқыш майлары үшін кинематикалық тұтқырлық әдетте +40 °C және +100 °C-та анықталып, осы екі мән бойынша тұтқырлық индексі (VI) есептеледі [33]. Вискозиметриялық көрсеткіштер майдың тиісті SAE классына (мысалы, 5W-30, 10W-40 және т.б.) сай келуін тексеруге мүмкіндік береді. Жоғарыда атап өткендей, полимерлік қоюлатқыштардың тиімділігі майдың VI көрсеткіші арқылы жанама бағаланады – полимерсіз және полимерлі майдың 40 °C, 100 °C-тағы тұтқырлықтарын салыстырып, VI өсімі анықталады [33]. Сонымен қатар, viscometry әдістерімен ұзақ пайдалану не қартаю процестерінен кейінгі тұтқырлық өзгерістері де бақыланады.

Майдың төмен температуралық тұрақтылығын бағалау үшін имитациялық сынақтар жүргізіледі. Солардың бірі – Cold Cranking Simulator (CCS) аппаратымен өлшенетін динамикалық тұтқырлық. CCS сынағы белгіленген төмен температурада (мысалы, –30 °C немесе –35 °C, майдың W индексіне байланысты) майдың стартер арқылы қозғалтқышты айналдыру кезіндегі қарсыласуын моделдейді [34]. Қатысты стандарттарға (мысалы, ASTM D5293) сай, майдың CCS тұтқырлығы белгілі шектен аспауы керек, әйтпесе суықта қозғалтқышты оталдыру қиынға соғады.

MRV (Mini Rotary Viscometer) сынағы да төмен температуралық қасиетті тексереді – өте суық жағдайда майдың сорғылануға қабілетін (pumpability) анықтайды. MRV нәтижесінде тұтқырлық пен мүмкін болатын gelation құбылыстары тексеріліп, майдың ең төмен жұмыс температурасы белгіленеді. Полимерлі қоюлатқыштар кейде өте суықта мөлдір емес гель түзіп, май ағымын қиындатуы мүмкін, сондықтан CCS және

MRV тесттері полимер қосылған майлар үшін аса маңызды бағалау әдістері. Төмен температуралық тұтқырлық автомобильдің суық мезгілде сенімді іске қосылуына тікелей әсер етеді. Қыста немесе қатты суық ауа райында қозғалтқышты оталдырғанда май тез арада барлық үйкеліс аймақтарына жетуі керек. Егер май суықта қоюланып қаттыласса, стартер қозғалтқышты бұрап жіберуге қиналады, цилиндр-поршень топтары “құрғақ үйкелісте” қалады және қатты тозу орын алады. Сондықтан, мотор майларына SAE J300 стандарты бойынша төмен температуралық тұтқырлыққа қатысты қатаң талаптар қойылады (әрбір “W” санаты үшін белгілі CCS/MRV шектері анықталған). Мысалы, SAE 0W майлар -35°C -та, 5W -30°C -та, 10W -25°C -та тиісті максималды CCS мәнінен аспауы тиіс. Сол сияқты, MRV сынағы майдың ең төмен жұмыс температурасын шектейді. Жалпы, төмен температуралық жақсы қасиеттер майдың қысқы пайдаланудағы сенімділігін, қозғалтқыштың қорғалуын қамтамасыз етеді.

Майдың термо-тотығу тұрақтылығын анықтау үшін жеделдетілген картаю сынақтары қолданылады. Лабораториялық жағдайда май үлгілерін жоғары температурада және оттегі әсерінде белгілі бір уақыт бойы ұстап, кейін оның қасиеттерінің өзгерісі өлшенеді (тұтқырлығының өсуі, қышқыл санының артуы, шөгінді түзілуі т.б.). Мысалы, Дифференциалды сканирлеу калориметриясы (PDSC) әдісі майдың тотығу индукциялық кезеңін анықтауға мүмкіндік береді – бұл антиоксиданттық қордың мөлшерін сипаттайды. Сондай-ақ, стандартты двигательдік тесттер (Seq III F, Seq III H және т.б.) майдың жоғары температурада жұмыс істеу тұрақтылығын кешенді бағалайды. Әдебиетте көрсетілгендей, синтетикалық базалық майларға негізделген майлар термо-тотықтыру сынақтарында ұзақ уақыт тұрақтылығын сақтап, тотығу өнімдері аз түзілетінін көрсетті [35]. Полимерлік қоспалардың мұндай ортада бұзылуы да бақыланып, олардың жұмыс ресурсы бағаланады.

Бұл сынақтардан соң майдың 100°C -тағы кинематикалық тұтқырлығы өлшеніп, бастапқымен салыстырылады. Мысалы, көпмаңызды майдың тұтқырлығы циклдік ығысудан кейін белгілі бір пайыздан артық төмендесе, ол өз категориясында тұрақтылық талаптарына сай емес деп есептеледі [36]. Зерттеу нәтижелерінде әртүрлі полимерлердің ығысуы-сынақтан кейінгі тұтқырлықты ұстап қалу қабілеті түрліше болатыны көрсетіледі. Сол арқылы полимердің молекулалық құрылымы мен беріктігінің рөлі анықталады. Мысалы, жоғарыда сөз болған Zhang және әріптестерінің жұмысына сәйкес, HSD полимерімен дайындалған май ығысу-сынақтан кейін OCP полимерлі майға қарағанда тұтқырлығын едәуір жақсы сақтағаны байқалған [29]. Мұндай мәліметтер полимер түрлерін іріктеуде және олардың мөлшерін дұрыс таңдауда маңызды болып табылады.

Жалпы, майдың қызметтік тұрақтылығын кешенді бағалау үшін аталған әдістермен қатар, буланғыштық (Noack), көбіктену тесті, сүзгілеу қабілеті, бейметалл бөлшектерге әсері сияқты қосымша сынақтар да орындалады. Алайда олардың барлығы белгілі дәрежеде майдың негізі мен

қоспаларының қасиеттеріне тәуелді болғанымен, тұтқырлықтың температуралық тұрақтылығы және механикалық тұрақтылығы негізгі көрсеткіштер ретінде қарастырылады. Сондықтан май құрамындағы полимерлік модификатордың тиімділігін арттыру мәселесі осы аталған вискозиметриялық, төмен температуралық және ығысу-тұрақтылық сынақ нәтижелерін жақсартумен тікелей байланысты. Булану шығыны неғұрлым төмен болса, майдың жоғары температуралық тұрақтылығы соғұрлым жоғары деп саналады. Қозғалтқыштың қызған жерлерінде (айналу картер желдеткіші арқылы) май булары ұшып кетеді, бұл біріншіден, майдың шығысына әкеледі, екіншіден, қалған майдың қоюлануына (тұтқырлығының артуына) себеп болады. Сондай-ақ, буланған май буы жану камерасына түсіп, жануы мүмкін, бұл қосымша түтін мен зиянды шығарындылар түзеді. Сондықтан, халықаралық стандарттар мотор майларының Noack булануын шектейді (мысалы, ACEA стандарттарында A3/B4 майлары үшін $Noack \leq 13\%$). Булану шығыны төмен майлар қозғалтқыш майының ұзақ қызмет етуіне ықпал етеді, өйткені олардың фракциялық құрамының тұрақтылығы жоғары, қысқа уақыт ішінде қоюланып кетпейді. Сонымен қатар, буланғыштығы төмен майлар жанармай шығынын аздап оң әсер етуі мүмкін және катализатор мен бөлшек сүзгілерінің қызмет мерзімін ұзартады (үнемі май буының жануынан пайда болатын күл азаяды).

1.11 Жартылай синтетикалық майларды қолданудың экономикалық аспектілері

Толық синтетикалық майлар жоғары сапалы болғанымен, олардың өндірістік өзіндік құны минералды майларға қарағанда едәуір жоғары. Осы себепті нарықта минералды және синтетикалық базалар қоспасынан тұратын жартылай синтетикалық майлар кең таралған. Мұндай майлар салыстырмалы түрде қолжетімді бағада тұтынушыларға сапасы жақын синтетикалық май алуға мүмкіндік береді [32]. 2020–2021 жылдардағы жаһандық нарық талдаулары бойынша, жартылай синтетикалық майлар ең үлкен нарық үлесін иеленген сегмент болып табылады – бұл олардың бағасы мен сапасы арасындағы оңтайлы тепе-теңдік тапқанын көрсетеді [32]. Мысалы, толық минералды май ең арзан болғанымен, оның қызмет мерзімі қысқалау және экстремал жағдайларда тұрақтылығы төмен; ал толық синтетика керісінше өте тұрақты және ұзақ қызмет етеді, бірақ бағасы қымбат. Жартылай синтетикалық майлар осы екеуінің аралығында орналасып, экономикалық тиімділігімен көпшілік сұранысын қанағаттандырады [32].

2 Эксперименттік зерттеулер

2.1 Материалдар

Жұмыста төрт түрлі базалық май қолданылды: екі жоғары тұтқырлық индексіне ие гидрокренингтелген майлар (синетикалық) және екі дәстүрлі ерітінділік тазартылған майлар (минералды), олардың негізгі сипаттамалары:

1 Синетикалық май I – API классификациясы бойынша III топқа жатады – яғни құрамында қаныққан көмірсутектер $>90\%$, күкірт $<0,03\%$ және тұтқырлық индексі 120-дан жоғары. Парафиндік негізді, терең гидро тазартылған базалық май, кинематикалық тұтқырлығы $\sim 19,8 \text{ мм}^2/\text{с}$ (40°C -де) және $\sim 4,3 \text{ мм}^2/\text{с}$ (100°C -де). Бұл майдың тұтқырлық индексі өте жоғары (VI ≈ 123), яғни температура өзгергенде тұтқырлығының тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Майдың құрамы негізінен қаныққан көмірсутектерден тұрады (ароматикалық қосылыстар үлесі $\sim 0\%$), күкірттің массалық үлесі өте төмен ($<0,03\%$). Сондықтан Синетикалық май I майы тотығу мен жылулық бұзылуға жоғары төзімділік көрсетеді. Температуралық қасиеттері де оңтайлы: қату температурасы $\sim -18^\circ\text{C}$, яғни суықта жақсы сұйықтық сақтайды, ал тұтану (жарқ ету) температурасы шамамен 227°C – бұл жоғары жылу тұрақтылығын көрсетеді. Синетикалық май I майының буланғыштығы орташа деңгейде: Noack бойынша булану шығыны $\sim 15\%$ (250°C , 1 сағ), бұл оның жеңіл фракциялы болуымен түсіндіріледі. Жалпы, Синетикалық май I – термототығу тұрақтылығы өте жоғары, қату нүктесі төмен, тұтқырлық индексі зор базалық май.

2 Синтетикалық май II – құрамдық жағынан алғанда Синтетикалық май I-ке ұқсас гидрокрекинг негізді май, бірақ тұтқырлығы жоғарырақ. 40°C -та кинематикалық тұтқырлығы $\sim 36,0 \text{ мм}^2/\text{с}$, ал 100°C -та $\sim 6,3 \text{ мм}^2/\text{с}$. Тұтқырлық индексі ~ 125 , яғни бұл май да III топқа жататын жоғары индексті базалық май болып табылады. Синтетикалық май II құрамында да ароматикалық қосылыстар жоқтың қасы ($\approx 0\%$) және күкірт өте аз мөлшерде, сол себепті тотығуға төзімділігі өте жоғары. Синтетикалық май II майының қату нүктесі $-15 \dots -18^\circ\text{C}$ шамасында, яғни суықта қатпайды. Жарқ ету температурасы $\sim 238^\circ\text{C}$ -қа тең, бұл ауырлау фракция болғандықтан Синтетикалық май I-тен де жоғары (жылулық тұрақтылығы жоғары). Синтетикалық май II буланғыштығы төмен: Noack бойынша бар-жоғы $\sim 8\%$, яғни жоғары температурада ұшпа жоғалтулары аз. Қорытындылай келе, Синтетикалық май II – жоғары тұтқырлық индексі мен тотығу тұрақтылығы бар, ауыр классқа жататын синтеттік базалық май. Құрамындағы қаныққан көмірсутектердің басымдылығы бұл майға ұзақ мерзімді термоокислительді тұрақтылық береді.

3 Минералды май I – минералдық негіздегі ерітінділік гафинациядан өткен жеңіл базалық май. API классификациясы бойынша I топқа жатады, яғни құрамында белгілі мөлшерде ароматикалық қосылыстар мен гетероатомдар бар май. Минералды май I майының кинематикалық тұтқырлығы 40°C -та $\sim 30 \text{ мм}^2/\text{с}$, 100°C -та $\sim 5,2 \text{ мм}^2/\text{с}$, тұтқырлық индексі шамамен 95. VI көрсеткіші салыстырмалы түрде төмен болғандықтан, температура өзгергенде

тұтқырлығы Синтетикалық топ майларына қарағанда көбірек өзгереді. Минералды май I -нің қату температурасы -12°C шамасында, ал ашық тигельдегі тұтану температурасы $\geq 210^{\circ}\text{C}$ – бұл оның құрамы жеңіл болғанымен, жеткілікті жылу тұрақтылығы барын көрсетеді. Алайда, буланғыштық көрсеткіші жоғарырақ: 250°C -тағы Noack булануы $\sim 18\%$ дейін жетуі мүмкін. Минералды май I майының химиялық құрамы: күкірттің массалық үлесі $\sim 0,55\%$, қанықпаған және ароматикалық көмірсутектер үлесі $\sim 10-15\%$ шамасында деп бағаланады (топ I анықтамасына сай). Мұндай құрам оның термо-тотығу тұрақтылығын төмендетеді – яғни тотығу процесінде шлак пен лак түзуге бейімділігі жоғарырақ болады. Дегенмен, белгілі мөлшердегі ароматикалық компоненттер майдың кейбір қоспалармен үйлесімділігін арттырып, тығыздау қасиеттерін жақсартуы мүмкін. Минералды май I жалпы алғанда орташа тұтқырлық, қалыпты температуралық қасиеттері бар, бірақ жоғары жылдамдықтағы тотығу тұрақтылығы Синтетикалық топ майларынан төмен базалық май.

4 Минералды май II – вакуумды дистилляттың ауыр фракцияларынан алынған, ерітіндімен тазартылған жоғары тұтқыр май. Бұл май да API I тобына кіреді және көбіне Heavy Neutral санатына жатқызылады. 100°C -тағы кинематикалық тұтқырлығы шамамен $18-19 \text{ мм}^2/\text{с}$, яғни Минералды май I-тен бірнеше есе қойылтылған (40°C -та шамамен $200-220 \text{ мм}^2/\text{с}$). Тұтқырлық индексі $\sim 90-95$ шамасында – ауыр фракция үшін бұл қалыпты көрсеткіш, яғни температураға сезімталдығы белгілі деңгейде бар. Минералды май II майының қату температурасы -15°C төңірегінде, тиісінше құрамындағы парафиндік көмірсутектердің болуына қарамастан жақсы төментемпературалық қасиет көрсетеді. Жарқ ету температурасы өте жоғары ($\geq 250^{\circ}\text{C}$), бұл оның құрамындағы ауыр молекулалардың басымдығын білдіреді. Ауыр нейтралды майдың буланғыштығы өте төмен – Noack булану шығыны небәрі $\sim 5\%$ мөлшерінде, яғни жоғары температурада ұшпа жоғалтулар ең аз болады. Минералды май II -дің химиялық құрамы ароматикалық және шайыр тектес қосылыстарға байырақ: күкірттің массалық үлесі $\sim 0,9-1,0\%$ дейін жетеді, бұл гидротазартудан өтпеген ауыр қалдықтық майға тән. Сондықтан термоокислительді тұрақтылығы төмен – жоғары температурада бұл май базасында тотыққыш өнімдер (шайыр, лак) тезірек түзілуі мүмкін. Минералды май II көбінесе тұтқырлықты арттыру үшін немесе ауыр майлы композицияларды жасау үшін қолданылады, себебі оның табиғи қоюландыру қабілеті жоғары. Бірақ оны қолданғанда антиоксиданттық қоспалар қосу маңызды, өйткені таза күйінде тотығуға төзімділігі шектеулі.

Сонымен қатар жұмыста қолданылған базалық майлардың тұтқырлық көрсеткіштері мен тұтқырлық индекстерін алдын-ала есептеп алынған болатын, есептеу барысында қажет етілетін болған соң (2-кесте).

Кесте 2 – Базалық майлардың физика-химиялық қасиеттері

Базалық майлар	Кинематикалық тұтқырлық, мм ² /с - 100°С	Кинематикалық тұтқырлық, мм ² /с-40°С	Тұтқырлық индексі VI	Тығыздығы 20°С, г/см ³
Синтетикалық май I	4,783	20,08	169	828,6
Синтетикалық май II	6,111	36,09	116	847,9
Минералды май I	5,152	30,81	93	867,6
Минералды май II	26,01	352,3	97	891,3

Майлардың модификаторы ретінде мотор майларына көпдәрежелі тұтқырлық қасиетін беру үшін полимерлі қоспа қолданылады. Химиялық табиғаты бойынша бұл – этилен-пропилен сополимері (ЕРМ түріндегі эластомер). Полимер қатты аморфты түрде жеткізіледі, түсі мөлдір, майда толық ериді. ПТМ құрамындағы этилен мономерінің үлесі ~45–48% құрайды (қалғаны пропилен тізбектері). Мұндай құрам полимердің кристалданбай, төмен температураларда да эластикалы қалпын сақтауын қамтамасыз етеді – яғни присадка суық климатта тиімді жұмыс істейді.

Муни тұтқырлығы (ML 1+4, 100°С) осы полимер үшін 8–10 бірлікті құрайды, бұл салыстырмалы төмен молекулалық массалы полимер екендігін көрсетеді. Төмен Муни тұтқырлығы полимердің майға оңай еріп, араласуын жеңілдетеді әрі механикалық қиыршықтануға төзімділігін арттырады. ПТМ присадкасының қоюландыру қабілеті стандартты негіз майда ~4,9 мм²/с (100°С, кинематикалық тұтқырлық өсімі) деңгейінде. Яғни белгілі бір концентрацияда бұл полимер базалық майдың 100°С-тағы тұтқырлығын шамамен 5 сSt-қа арттырады. Полимердің тиімді қоюландыруы оның молекулалық тізбектерінің температураға байланысты көлем өзгерту қасиетіне негізделген. Төмен температурада ЕРМ полимерінің оралым тізбегі жиырылып, майдың тұтқырлығына әсері аз болады, ал температура көтерілгенде тізбек жазылып, ерітіндіде көп көлем алады – нәтижесінде майдың жоғарғы температурадағы тұтқырлығын салыстырмалы арттырады. Осылайша, ПТМ қосылған майдың тұтқырлық температуралық қисығы дәлірек көлбеулікке (жоғары VI мәніне) ие болады.

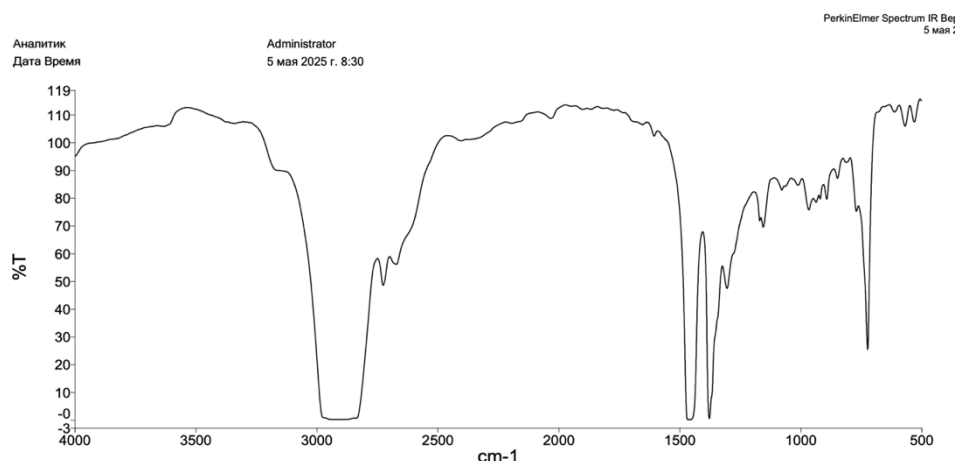
ПТМ полимерінің ығысуға тұрақтылық индексі (SSI) ≈22–23% деңгейінде анықталған. Бұл көрсеткіш – көп дәрежелі майдың жұмыс барысында тұтқырлықтың тұрақтылығын бағалайды (SSI неғұрлым төмен болса, полимер тізбегі механикалық ығысуға соғұрлым төзімді деген сөз). 22% шамасындағы SSI практикалық тұрғыда жақсы нәтижеге жатады: мысалы, 30

сағаттық жабық циклді механизмде айналдырғанда (Kurt Orbahn тесті), бұл полимердің тұтқырлықты жоғалту үлесі ~22% болады. Төмен молекулалық салмақты полимерлер өте жоғары мол.салмақты полимерлерге қарағанда shear-деструкцияға төзімдірек келетіні белгілі, алайда оларды қажетті тұтқырлықты қамтамасыз ету үшін көбірек мөлшерде қосуға тура келеді. ПТМ осы тепе-теңдікті оптималды ұстайтын присадка түрі: ол аз мөлшерде қосылып жеткілікті қоюландыру береді әрі ығысуға аса берік.

ПТМ кез келген мұнай негізді базалық майлармен жақсы араласады. Қаныққан көмірсутектен тұратын полимер болғандықтан, парафиндік және нафтендік негіз майларда ерігіштігі жоғары. Тіпті күкіртсіз өте тазартылған майларда (API II–III топтары) да бұл ОСР полимері толық үйлесімді. Тар молекулалық-массалық таралуы және оптималданып таңдалған химиялық құрамы арқасында, ПТМ присадкасы төмен температураларда тұтқырлықтың шамадан тыс өсуіне немесе полимердің шөгуіне жол бермейді. Яғни, құрамында осы модификатор бар майлар суықта қатып қалмай, талап етілген деңгейде сорғыштық қабілетін сақтайды. ПТМ полимерінің тағы бір ерекшелігі – онда күл және ұшпа заттар өте аз (күл <0,04%, ұшпа ≤0,4%), сондықтан дайын майдың тазалығына кері әсер етпейді. Присадканың әсер ету механизмі – жоғарыда айтылғандай, полимер тізбегінің кеңеюі арқылы майдың тұтқырлық индексін көтеру және нәтижесінде кең температура аралығында майдың біркелкі тұтқырлығын қамтамасыз ету. Осы модификаторды енгізу арқылы алынған майлардың қасиеттері көпдәрежелі мотор майларының талаптарына сай келеді (мысалы, SAE 10W-40, 5W-30 және т.б. стандарттар).

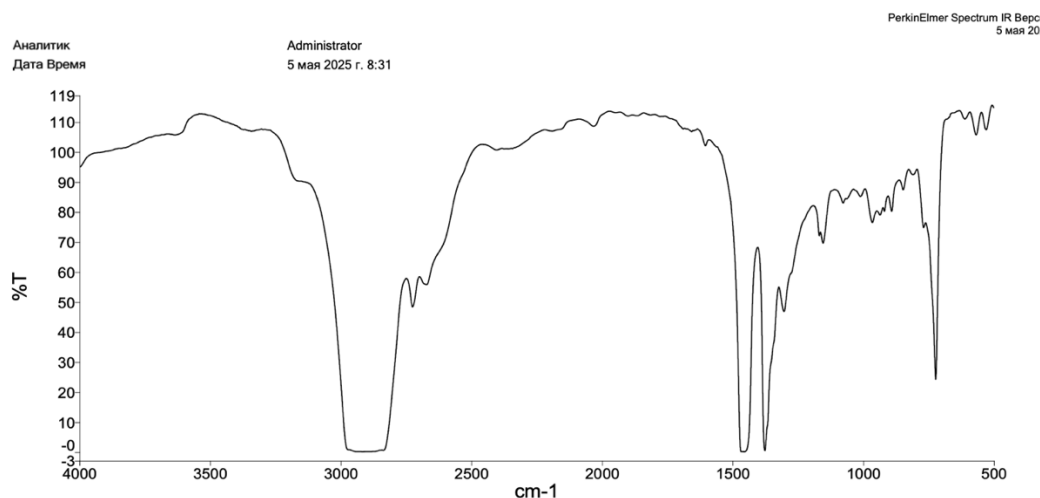
2.1.1 Базалық майлардың ИҚ-спектрлік талдауы

Синтетикалық май I ИҚ-спектрінде $\sim 2950\text{--}2850\text{ см}^{-1}$ (C–H созылу) және $\sim 1460, 1375\text{ см}^{-1}$ (CH_2/CH_3 бендингі) жолақтары анық көрінеді. Бұл толығымен қаныққан алкандық құрылымды көрсетеді. Артық шудың болмауы және 1600 см^{-1} айналасындағы жолақтардың жоқтығы Синтетикалық май I майында ароматикалық ($\text{C}=\text{C}$) топтардың іс жүзінде болмағанын білдіреді (3-сурет).



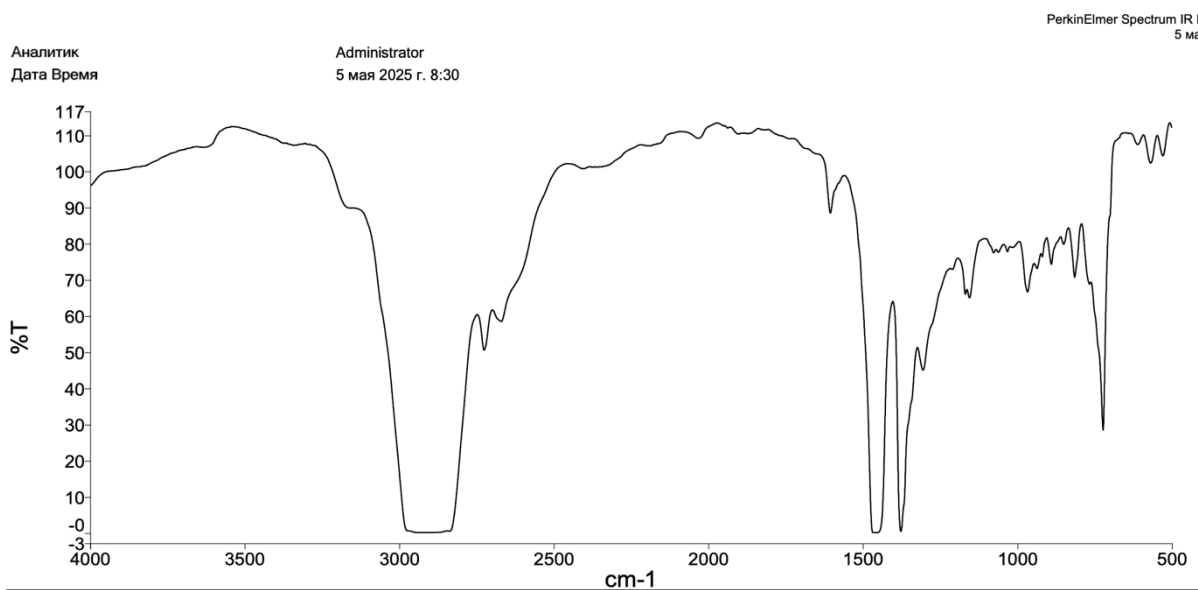
3-сурет – Синтетикалық май I ИҚ спектрі

Синтетикалық май II Синтетикалық май I -ге ұқсас жоғары қаныққан парафинді құрамға ие. Оның ИК-спектрінде де $2950\text{--}2850\text{ см}^{-1}$ және $1460, 1375\text{ см}^{-1}$ жиіліктеріндегі C–H жолақтары басты болып табылады. Синтетикалық май II спектрінде де 1600 см^{-1} айналасында мағыналы шың байқалмайды, яғни ароматиктер жоқ (4-сурет).



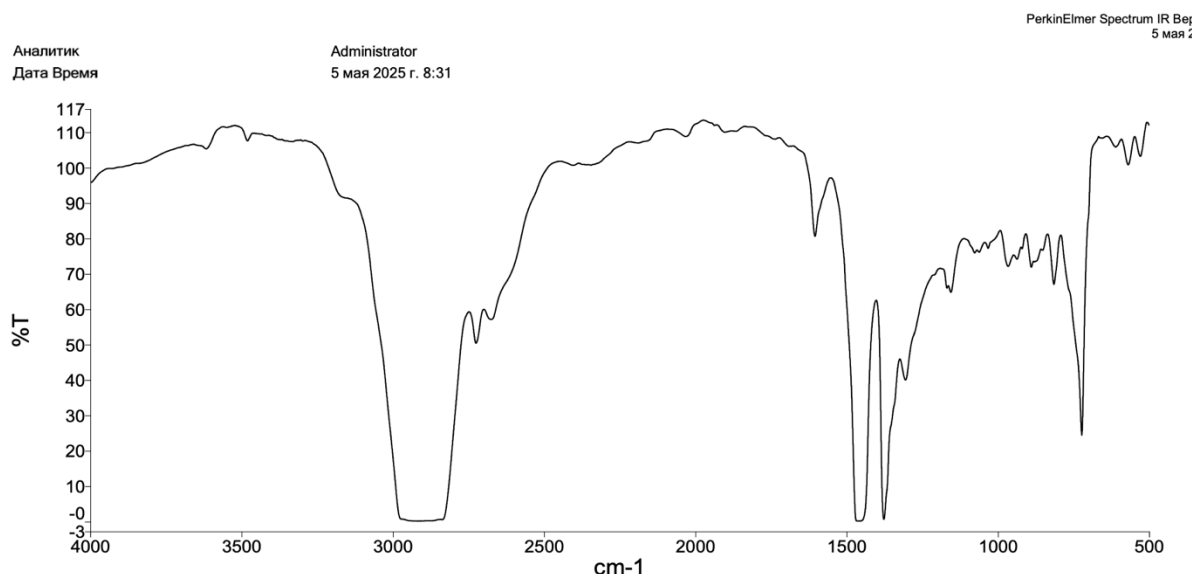
4-сурет – Синтетикалық май II ИҚ спектрі

Минералды май I бұл майдың спектрінде $2950\text{--}2850\text{ см}^{-1}$ және $1460, 1375\text{ см}^{-1}$ жолақтары сақталады (қаныққан СН топтары). Минералды май I майы — топографиялық артықшылығы жағынан аралас парафин-циклдық құрылым болуы мүмкін, сондықтан 1600 см^{-1} (ароматикалық C=C) және $700\text{--}900\text{ см}^{-1}$ (ароматикалық C–H) жолақтары әлсіз де болса байқалуы мүмкін. Бұл оның құрамында аз да болса қанықпаған немесе ароматикалық компоненттердің бар екенін көрсетеді (5-сурет).



5-сурет – Минералды май I ИҚ спектрі

Минералды май II бұл ауыр базалық майда $2950\text{--}2850\text{ см}^{-1}$ және 1460 , 1375 см^{-1} жиіліктегі C–H жолақтары басты. Алайда Минералды май II майында Минералды май I -ге қарағанда ароматикалық немесе циклдік құрылымдардың үлесі жоғары болуы мүмкін: сондықтан $\sim 1600\text{ см}^{-1}$ және $700\text{--}900\text{ см}^{-1}$ аймақтарында әлсіз шыңдар көрінуі ықтимал. Бұл қанықпаған құрамның көп болуына ишаралайды (6-сурет).



6-сурет – Минералды май II ИҚ спектрі

Мұқият қайта өңделген базалық майларда (әсіресе синтетикалық майларында) оттекті топтар (карбонил, спирт, т.б.) сирек кездеседі. ИҚ-спектрде $\sim 1710\text{ см}^{-1}$ айналасындағы шыңның болмауы ол жерде карбонил тобының (C=O) болмағанын білдіреді. Яғни Синтетикалық май I/II және Минералды май I /II майларында елеулі оттекті қоспалар жоқ. Егер $\sim 1715\text{--}1740\text{ см}^{-1}$ диапазонда әлдебір шың байқалса, ол кетон немесе альдегид топтарын көрсетуі мүмкін, бірақ талданған үлгілерде мұндай айқын шыңдар анықталмаған.

Базалық майдың құрылымдық құрамына байланысты полимер қоюландырғыштың ерігіштігі мен әрекеттесуі өзгереді. Ароматикалық көмірсутектері басым майлар ерігіштігі жоғары болып, талшықты қоюландырғыштарды жақсы ерітеді. Зерттеулер көрсеткендей, ароматикалық құрамы бай майларда (анилиндік нүктесі төмен) полимер қоюландырғыш қажеттілігі азаяды. Ал қаныққан парафинді синтетикалық майларында ерігіштік төмен (анилиндік нүктесі жоғары), сондықтан қоюландырғышты көбірек салу қажет болады. Яғни Минералды май I және әсіресе Минералды май II майларының полимер ерітетін қасиеті жоғары, бұл майларда қоюландырғыш аз қажет екенін білдіреді. Синтетикалық майларының ерігіштігі төмен болғандықтан, оларда полимер қоюландырғыштың толығымен тарауы үшін көлемі көбірек болуы мүмкін.

Қаныққан парафинді құрамдағы майлар термиялық тұрақтылығы жоғары болумен ерекшеленеді. Ғылыми деректерге сәйкес, қанықпаған

ароматикалық компоненттер тотығып, лак түзеді. Сондықтан Синтетикалық май I пен Синтетикалық май II сияқты гидрокрекингпен алынған жоғары қаныққан майлар Минералды май I, II сияқты орташа қаныққан майларға қарағанда тұрақты келеді.

Салыстырмалы талдау нәтижесінде Синтетикалық май I және Синтетикалық май II майлары ең тұрақты, қаныққан құрамға ие екені анықталды. Олардың ИК-спектрінде анық байқалатын $\sim 2900\text{--}2850\text{ см}^{-1}$ және 1460 см^{-1} топтары толығымен қаныққан алкандық тізбектерге сәйкес келеді, әрі 1600 см^{-1} шамасындағы ароматикалық шыңдардың болмауы ароматикалық қоспалардың жоқтығын дәлелдейді. Минералды май I және Минералды май II майларында кейбір қанықпаған тізбектер мен ароматикалық құрылымдарды көрсетуі мүмкін шағын шыңдар көрініп, бұл олардың қанықпаған компоненті бар екенін білдіреді. Полимер қоюландырғыштар тұрғысынан қарағанда, ароматикалық минералды майлары ерігіштігі жоғары болғанымен, жалпы құрылымдық көрініс және термиялық тұрақтылық критерийлері бойынша Синтетикалық II майы үздік болып шығады.

2.2 Үлгілерді дайындау әдістемесі: таза және аралас базалық майлардың құрамы

Бұл зерттеуде дайындалған мотор майлары әртүрлі базалық майлар мен полимерлік қоюлатқыштың қатысуымен төрт түрлі рецептура негізінде әзірленді. Зерттеудің мақсаты – әртүрлі негіздердегі полимерлік қоспаның тиімділігін салыстыру, соның ішінде тұтқырлықтың температуралық тұрақтылығы мен ығысуға беріктігін бағалау.

2.2.1 Полимерлі модификаторды дайындау

Мотор майларын дайындауда ең алдымен маңызды компоненті негізінде полимерлі қоюландырғыш қоспа жасалады. Оның басты компоненті полимерлі қоспа (7-сурет).



7-сурет – Полимерлі қоспа

Қоюландырғыш қоспаны дайындау үшін 1500гр 7% ертіндіге есептелді. Ол үшін 1395 гр негізгі майға 105гр қатты полимерлі қоспа салынып, 130°C температурада қыздырылып 4 сағат араластырғышта дайындалды. Температура 130°C-тан төмен болмауы тиіс. Дайын болған қоюландырғышты бөлме температурасына дейін салқындатып, басқа ыдысқа құйып аламыз.

2.2.2 Мотор майларын дайындау

Дайын болған қоюландырғыш қоспамызды мотор майларын дайындау үшін қолданамыз. Берілген стандартқа сәйкес рецептура бойынша мотор майын 5 түрлі қатынаста дайындаймыз (қосымша А-Д).

Бекітілген рецептура бойынша майдың қоспалары мен негізгі майларын таразы арқылы есептеп, дайындаймыз. Майды араластырғыш астында 1 сағат бойы 50°C температурада қыздырып дайындаймыз. Дайын болған майды, бөлме температурасында суытып арнайы ыдыстарға құямыз (8-сурет).



8-сурет – Мотор майын дайындау процесі

2.2.3 Майларды рецептура бойынша әзірлеу

1 үлгі – жартылай синтетикалық май. Бұл рецептура үш түрлі базалық майдың қоспасынан тұрады: Минералды май I (API I тобы), Синтетикалық май I және Синтетикалық май II (екеуі де API III тобы). Құрамы бойынша 25% Минералды май I, 46,015% Синтетикалық май I және 20% Синтетикалық май II майларынан құралған. Бұл аралас база жартылай синтетикалық ретінде сипатталады. Жоғары тазартылған синтетикалық майлары мен арзан минералды майының үйлесімі нәтижесінде тұтқырлық көрсеткіші мен тотығуға тұрақтылығы бойынша теңгерімді жүйе жасалды. Бұл негізге 1,48% массалық үлесте этилен-пропилен сополимері ПТМ қосылды. Сонымен қатар депрессорлық және көпфункционалды қоспалар енгізілді.

2 үлгі – толық минералдық май. Бұл үлгі тек Минералды май I майына негізделген. 90,82% үлесте Минералды май I қолданылған және полимерлік қоюлатқыш ретінде ПТМ сол мөлшерде (1,48%) енгізілді. Минералдық майдың салыстырмалы түрде төмен тотығу тұрақтылығы мен тұтқырлық индекcін ескере отырып, бұл жүйе жартылай синтетикалық және синтетикалық базалармен салыстырғанда полимердің тиімділігіне шектеу қоюы мүмкін [37]. Алайда, Минералды май I құрамындағы ароматикалық компоненттердің бар болуы полимердің еру қабілетін жақсартады [38].

3 үлгі – толық синтетикалық май (Синтетикалық май негізіндегі). Бұл рецептурада тек жоғары тазартылған Синтетикалық май I және Синтетикалық май II майлары пайдаланылды: сәйкесінше 46,015% және 20%. Бұл жүйе API III тобына жататын синтетикалық май ретінде сипатталады. Полимерлік қоюлатқыш осы жүйеде де 1,48% мөлшерде қолданылды. Синтетикалық майларының термо- және тотығу тұрақтылығы өте жоғары болғандықтан, бұл негізде полимердің толық тиімділігі жүзеге асады деп күтілуде. Бұл майдың қасиеттері көпдәрежелі синтетикалық майлардың талаптарына сәйкес келеді [39].

4 үлгі – Минералды май негізіндегі ауыр минералдық база. Бұл жүйеде Минералды май I және Минералды май II майлары бірге қолданылған. Қоюлатқыш қоспа 1,48% мөлшерде енгізілген. Минералды май II – жоғары тұтқырлықты май, сондықтан бұл үлгі жалпы алғанда ауырлау базалық негіз болып табылады. Мұндай жүйе көбінесе ауыр жүктемелі немесе индустриалдық майларда қолданылады, бірақ полимерлік қоюлатқыштың салыстырмалы әсері бұл жағдайда әлсіз болуы мүмкін [40].

5 үлгі – қоюлатқышсыз жүйе. Бұл үлгі Минералды май I және Синтетикалық топтардағы майлардың қоспасынан құралғанымен, құрамында полимерлік қоюлатқыш жоқ. Бұл үлгі салыстыру үшін дайындалған – яғни полимерлік модификатордың нақты әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл жүйеде тұтқырлықтың температураға тәуелділігі, CCS және MRV көрсеткіштері және басқа параметрлер қоюлатқышпен байытылған майлармен салыстырылды.

Барлық үлгілерде көпфункционалды пакеттік қоспалар, көбікке қарсы және депрессорлы қоспалар мөлшері бірдей деңгейде сақталған. Бұл сынақ нәтижелерін салыстыруда полимерлік қоюлатқыштың тікелей әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Әрбір дайындалған май үлгісінде 100°C-тағы кинематикалық тұтқырлық, сілтілік саны (ASTM D2896), металдар мөлшері (Ca, Zn, P) бақылауға алынған.

Бұл тәжірибелік базалар көмегімен әртүрлі комбинациялардағы базалық майлар мен полимерлік қоспалардың өзара әрекеті, тұтқырлықтың өзгерісі және ығысу тұрақтылығы зерттеліп, көпдәрежелі майларды әзірлеудің тиімді жолдары қарастырылды.

2.3 Мотор майларының физика-химиялық сипаттамаларын зерттеу әдістемесі

2.3.1 Кинематикалық тұтқырлығын анықтау

Кинематикалық тұтқырлық ГОСТ 33-2016 “Кинематикалық және динамикалық тұтқырлықты анықтау” бойынша анықталды. Осы стандарт мұнайдың кинематикалық тұтқырлығын, сондай-ақ мөлдір және мөлдір емес сұйық мұнай өнімдерін калибрленген шыны капиллярлық вискозиметр және мұнайдың кинематикалық тұтқырлығын, сондай-ақ тығыздық пен динамикалық тұтқырлықпен өлшенген Штабингер вискозиметріндегі мөлдір және мөлдір емес сұйық мұнай өнімдерін анықтаудың есептік әдісі арқылы ауырлық күшінің әсерінен сұйықтықтың белгілі бір көлемінің шығу уақытын өлшеу арқылы анықтау әдісін белгілейді.

Тұтқырлық – сұйықтықтың ағуға қарсы ішкі кедергісі, яғни оның “қоюлығы”. Мотор майының тұтқырлығы әдетте кинематикалық тұтқырлық ретінде 40°C және 100°C-та өлшенеді (мм²/с бірлігінде). Тұтқырлық сұйықтық қабаттарының бір-біріне үйкеліс дәрежесін сипаттайды: май неғұрлым тұтқыр болса, соғұрлым ағымы баяу әрі “қалың” болады.

Әдістің мәні белгілі және үнемі бақыланатын температурада ауырлық күшінің әсерінен сыналатын сұйықтықтың белгілі бір көлемінің секундтарында калибрленген шыны вискозиметрмен жарамдылық мерзімін өлшеу болып табылады. Кинематикалық тұтқырлық-бұл вискозиметр тұрақтысына өлшенген жарамдылық уақытының көбейтіндісі.

Вискозиметрді шыны қолмен жасалатын, автоматты түрде есептейтін деп бөлеміз. Шыны калибрленген вискозиметр өлшеу диапазоны бойынша мөлдір, мөлдір емес сұйықтық бойынша топтарға бөлінеді. Автоматты вискозиметрді Штабингер вискозиметрі, Cannon CAV 4.2 вискозиметрлері арқылы анықтадық.

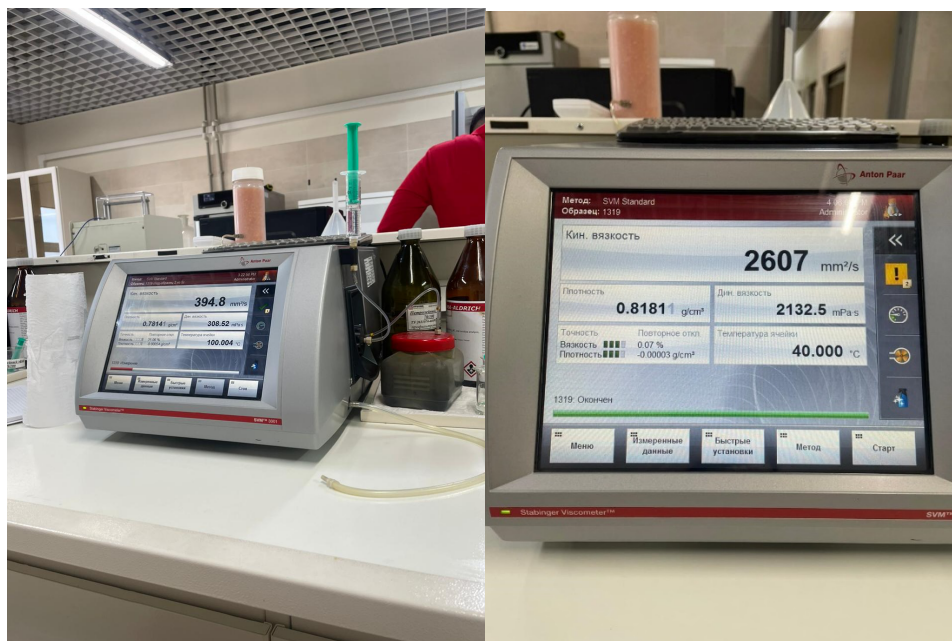
Тұтқырлықты анықтау үшін сынаманы аламыз, міндетті түрде оны қоспалардан тазартып, сүзіп алу қажет. Егерде құрамында парафиндер болған жағдайда және майымыз қатты тұтқыр болғанда оны 50°C-тан 200°C-қа дейін қыздырып аламыз. Егер көпіршіктер болса ультрадыбыстық ванна арқылы кетіреміз.

Егерде майдың құрамында су болған жағдайда сусыз натрий сульфатымен немесе күйдірілген ірі кристалды ас тұзымен немесе кальций хлоридімен кептіріліп, қағаз сүзгісі арқылы сүзіледі.

2.3.2 Қоюландырғыш қоспаның тұтқырлығын анықтау

Қоюландырғыш қоспаның тұтқырлығы Штабингер SVM 3001 вискозиметрінде анықталған болатын. Қоспаның 40°C және 100°C кинематикалық тұтқырлығын анықтаған болатынбыз, қондырғы автоматты болған соң тығыздығы мен динамикалық тұтқырлығын автоматты түрде есептеп береді. Алдымен шприцке қоюландырғыш қоспаны ауа өткізбей

құямыз, оны вискозиметрге түтік арқылы жібереміз. Аппаратты 40°C және 100°C та тұтқұрлықты есептеуге бағдарлама қоямыз, аппарат сигнал берген соң шприцтан қоспаны 1мл ден жіберіп отырамыз, керекті мөлшерде қоспаны аппарат алғанда автоматты түрде есептеп шығады (9-сурет).



9-сурет – Штабингер SVM 3001 вискозиметрі

2.3.3 Мотор майларының кинематикалық тұтқырлығын анықтау

Рецептура бойынша дайын болған мотор майларының тұтқырлығын автоматты Cannon CAV 4.2 вискозиметрінде (10-сурет) анықталды. Майымызды фильтр арқылы сүзіп, ультрадыбыстық ванна (11-сурет) арқылы көпіршіктерін кетіріп вискозиметрге 40°C және 100°C-тағы тұтқырлықтарын анықтау мақсатында саламыз. Процесс шамамен 30 минуттай жүреді, автоматты болған соң өздігінен жуылады.



10-сурет – Cannon CAV 4.2 вискозиметрі



11-сурет – Ультрадыбыстық ванна

2.3.4 Тұтқырлық индекстің есептеу

Тұтқырлық индекстің ГОСТ 25371-97 “Кинематикалық тұтқырлық бойынша тұтқырлық индексі есептеу” анықталды. Осы стандарт 40°C және 100°C температурада кинематикалық тұтқырлыққа байланысты мұнай өнімдерінің және онымен байланысты өнімдердің тұтқырлық индексі есептеудің екі әдісін қарастырады. Ол А және В әдістері.

А әдісі -тұтқырлық индексі 0-ден 100-ге дейін;

В әдісі -тұтқырлық индексі 100 және одан жоғары.

Кинематикалық тұтқырлығы 100°C температурада 2-ден 70 мм/с²-ге дейінгі мұнай өнімдері үшін стандарт бойынша берілген кестедегі мәндер қолданылады. 100°C температурада кинематикалық тұтқырлығы 70 мм/с²-ден жоғары мұнай өнімдерінің тұтқырлық индексі есептеу үшін формулалар қолданылады.

А әдісі (тұтқырлық индексі 0-ден 100-ге дейін қоса алғанда мұнай өнімдері үшін)

Егер мұнай өнімдерінің кинематикалық тұтқырлығы 100°C-тан төмен немесе 70 мм/с²-қа тең болса, L және D сәйкес мәндер кестеге сәйкес анықталады. Егер кестедегі мәндер болмаса, бірақ кесте ауқымында болса, олар сызықтық интерполяция әдісімен есептеледі.

Егер мұнай өнімдерінің кинематикалық тұтқырлығы 100°C-тан 70 мм/с²-тан жоғары болса, L және D 1-ші формулалар бойынша есептеледі:

$$L = 0,8353Y^2 + 14,67Y - 216, \quad (1)$$

$$D = 0,6669Y^2 + 2,82Y - 119,$$

мұндағы

L - тұтқырлық индексі 0 мұнай өнімінің 40°C кезіндегі кинематикалық тұтқырлығы, оның кинематикалық тұтқырлығы 100°C кезінде сыналған мұнай өнімімен бірдей, мм/с²;

Y – тұтқырлық индексі анықтау қажет мұнай өнімінің 100 °C кезінде

кинематикалық тұтқырлығы ($D=L-H$), мм/с²;

H - тұтқырлық индексі 100 мұнай өнімінің 40°C кезінде кинематикалық тұтқырлығы, сыналған мұнай өнімімен бірдей кинематикалық тұтқырлығы 100°C, мм/с².

Мұнай өнімінің тұтқырлық индексі VI 2-ші формулалар арқылы есептеледі:

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100;$$
$$VI = \frac{L-U}{D} \cdot 100,$$
(2)

мұндағы U – тұтқырлық индексін анықтау қажет мұнай өнімінің 40 °C кезіндегі кинематикалық тұтқырлығы ($D=L-H$), мм/с².

100 °C температурада кинематикалық тұтқырлығы 2 мм/с²-тан төмен сынақ өнімдері үшін L, D және H мәндері 3-ші формулалар арқылы есептеледі:

$$L = Y(1,5215 + 0,7092Y);$$
$$D = Y(0,17129 + 0,11441Y);$$
$$H = Y(1,35017 + 0,59482Y).$$
(3)

B әдісі (тұтқырлық индексі 100 және одан жоғары мұнай өнімдері үшін)

B әдісінде тұтқырлық индексі VI 4-ші формулалар арқылы есептеледі:

$$VI = \{[(\text{antilog } N) - 1] / 0,00715\} + 100;$$
$$N = (\log H - \log U) / \log Y,$$
(4)

мұндағы U және Y - сыналған мұнай өнімдері үшін сәйкесінше 40°C және 100°C температурадағы кинематикалық тұтқырлық;

H - тұтқырлық индексі 100 мұнай өнімінің 40°C кезінде кинематикалық тұтқырлығы, сыналған мұнай өнімі сияқты 100°C кезінде кинематикалық тұтқырлығы бірдей. H мәні кесте бойынша анықталады.

$$H = 0,1684Y^2 + 11,85Y - 97.$$
(5)

Мұнай өнімінің кинематикалық тұтқырлығы 100°C температурада 70 мм/с² жоғары болса, H 5-ші формула бойынша есептеледі.

2.3.5 Мотор майларының айқын тұтқырлығын анықтау (CCS)

Мотор майларының (CCS) аппаратындағы тұтқырлығын ASTM D5293-20 “Салқын қозғалтқыштың симуляторы арқылы минус 10 °C-тан минус 35 °C-қа дейінгі температурада мотор майлары мен негізгі компоненттердің көрінетін тұтқырлығын анықтаудың стандартты әдісі” арқылы анықталды.

Электр қозғалтқышы статордың ішіне орнатылған роторды басқарады. Ротор мен CCS статоры арасындағы кеңістік маймен толтырылған. Сынақ температурасы статордың ішкі қабырғасының жанында өлшенеді және статор арқылы салқындатқыштың бақыланатын ағыны арқылы сақталады. Ротор

жылдамдығы май тұтқырлығының функциясы болып табылады. Зерттелетін майдың тұтқырлығы калибрлеу қисығы мен ротордың өлшенген жылдамдығынан анықталады.

Осы әдіс бойынша сыналған кезде CCS қолданылады: қолмен, жартылай автоматты және автоматты .

Біздің зерттеулерімізде автоматты CCS аппараты қолданылды (12-сурет). 60см³ ыдысқа 55см³ дейін сынама құйылады, нұсқаулықты енгізіп керекті температураны енгізгенде автомат жүзеге асады. Автомат толық тоқтағанда экраннан нәтижелерді аламыз.



12-сурет – Автоматты CCS аппараты

2.3.6 Қату температурасын анықтау

Мотор майларының қату температурасын ГОСТ 20287 “Қату температурасын анықтау әдістері” арқылы анықталды. Қату температурасы – белгілі бір стандарттық сынақта майдың сұйық күйін жоғалтып, ағу қабілетінен айырылатын ең төмен температурасы. ASTM D97 стандарты бойынша анықталатын бұл көрсеткіште сынама салқындаған кезде әр 3°C сайын түтік аударылады – май қозғалмай қалған ең жоғарғы температура оның қату нүктесі болып табылады. Қату температурасы май құрамындағы парафиндік балауыздардың кристалдану басталуы мен құрылуымен тығыз байланысты: парафин мөлшері көп майлар жоғарырақ температурада қатып қалады.

Қату температурасы майдың суық ортада қолданылу шегін көрсетеді. Қату температурасы неғұрлым төмен болса, майды сондай төмен сыртқы температураларға дейін қолдануға болады. Мысалы, қату нүктесі -60°C майлар арктикалық жағдайларда да сұйық қалпын сақтайды, ал қату нүктесі -20°C майларды қатты аязда қолдану қауіпті – олар тұтқырланып, сорғыға

тартылмай қалады.

Ең алдымен сынама алу- ГОСТ 2517 бойынша. Егер сынамада су болса натрий сульфаты, натрий хлориді арқылы сусыздандырып алу. Қатты қоспалар болған жағдайда фильтр қағазы арқылы тазаланады.

Сынаманы сфералық түбі бар шыны түтік, биіктігі (160 ± 10) мм, ішкі диаметрі (20 ± 1) мм. түтіктің сыртқы бүйір бетінде түбінен 30 мм қашықтықта өшпейтін сақина белгісі бар пробиркаға құямыз. Пробирканың ішкі диаметріне сәйкес келетін қыртысты немесе резеңке, термометрдің ортасында тесік бар тығынды кигіземіз. Тин-3, ТН-8 типті ГОСТ 400 бойынша, ТН-6 ТУ 92.887017 сәйкес келетін термометрлерді тығынға саламыз. Сынама мен термометрі бар пробирканы қыздырғыш су моншасына (13-сурет) салып, $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$ температураға дейін қыздырып, өнім ваннаның температурасына жеткенше ұстайды.



13-сурет – Қыздырғыш су моншасы.

Содан соң сынаманы моншадан шығарып бөлме температурасында $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$ температураға дейін түскенін күтеміз. Қату температурасын анықтау үшін салқындатқыш сұйықтығы бар салқындатқыш монша (14-сурет) керек, моншаның температурасын қойғанда керекті температурадан 5°C төмен қоямыз. Пробирканың сыртынан биіктігі (130 ± 10) мм, ішкі диаметрі (40 ± 2) мм ойыс немесе сфералық түбі бар шыны муфтаны кигіземіз. Муфтаның ішінде олеум, күкірт қышқылы немесе басқа кептіргішті $0,5-1,0\text{ см}^3$ салып қою қажет.

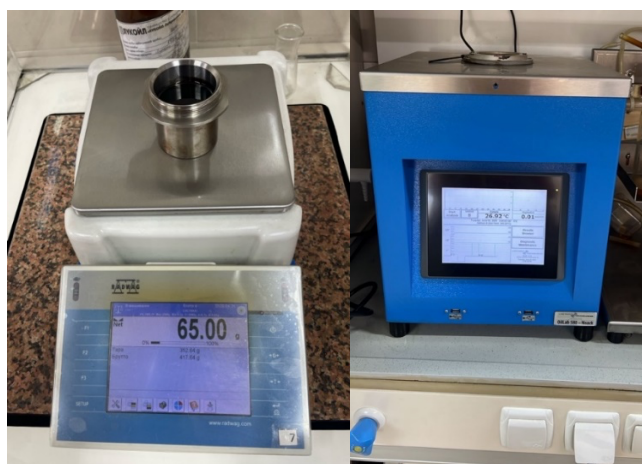


14-сурет – Салқындатқыш монша

Сынама керекті температураға түскенде оны салқындатқыш моншаға салып керекті температурға түскенін бақылаймыз. Сынама қажетті температураға енгенде оның қатуын анықтау үшін пробирканы 45° ке қисатып моншадан шығармай 1 минут ұстау керек. Содан соң муфтаны ақырын моншадан шығарып, сыртын сүртіп ішіндегі сұйықтық қозғалды ма, қатты қарау қажет. Егер қозғалған болса қайтадан оны қыздырып, салқындатып басқа температурада бақылау керек, алдыңғы температурдан 4°C жоғары температурада қарау қажет.

2.3.7 Мотор майларының булану шығыны

Булану шығыны, көбінесе Noack тесті деп аталады (ASTM D5800), – жоғары температурада (әдетте 250°C, 1 сағат ішінде) майдың ұшып жоғалтқан пайыздық массасын өлшейтін көрсеткіш. Мотор майларының булану шығынын анықтау үшін “ASTM D5800 Ноак әдісімен майлау майларының булану шығынын анықтаудың стандартты әдісі” қолданылады.



15-сурет – Мотор майларының булану шығынын анықтау аппараты OILLAB 580-Noack

Булану шығыны неғұрлым төмен болса, майдың жоғары температуралық тұрақтылығы соғұрлым жоғары деп саналады. Қозғалтқыштың қызған жерлерінде (айналу картер желдеткіші арқылы) май булары ұшып кетеді, бұл біріншіден, майдың шығысына әкеледі, екіншіден, қалған майдың қоюлануына (тұтқырлығының артуына) себеп болады. Сондай-ақ, буланған май буы жану камерасына түсіп, жануы мүмкін, бұл қосымша түтін мен зиянды шығарындылар түзеді. Бұл әдіс арнайы аппаратта (15-сурет) жоғары температура май өнімін қыздырып, қаншалықы көлемде булануға негізделген. Арнайы тигельдерге 65 гр май құйылып, аппарат температурасы 248°C жеткенде тигель аппаратқа салынып 1 сағат көлемінде қыздырылады, әдіс біткен соң тигель суығанша күтіп, біткен соң қалған массамызды өлшеп формула арқылы есептеп булану шығымын табамыз.

2.3.8 Мотор майларының сілтілік саны

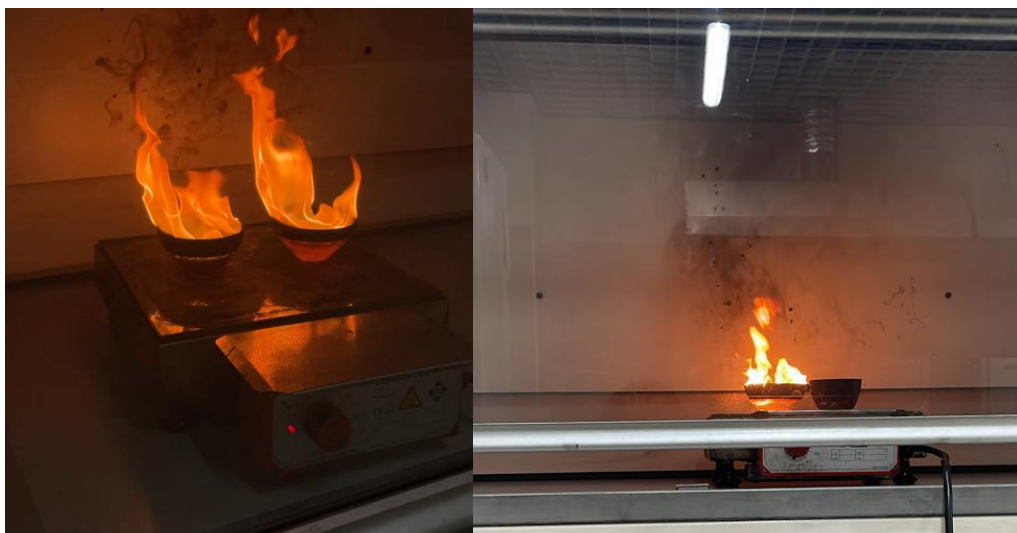
Жалпы негіз саны – май құрамындағы негізтік (сілтілік) заттардың эквивалентті мөлшерін көрсететін көрсеткіш. Ол әдетте мг КОН/г бірлігінде өрнектеледі, яғни 1 грамм майды бейтараптандыруға жұмсалатын калий гидроксидінің миллиграммымен есептеледі. Жаңа мотор майларында TBN мәні 6–10 мг КОН/г (жеңіл автокөлік майларында) және 10–15 мг КОН/г (дизельдік ауыр жүк көлігі майларында) шамасында болады. TBN анықтау ASTM D2896 немесе D4739 стандартты титрлеу әдістерімен жүргізіледі.

Мотор майларының сілтілік санын анықтау үшін “МемСТ 11362 Мұнай өнімдері мен майлау материалдары. Бейтараптандыру саны. Потенциометриялық титрлеу әдісі” және “ASTM D2896 Хлор қышқылымен потенциометриялық титрлеу арқылы сілтілік санды анықтау” әдістерін қолданылады.

Әдістің мәні 1 г майға КОН/г қосу арқылы титрлеуге негізделген. Екі әдістің айырмашылығы қолданылатын ертінділерінде. Дайын электрод көмегімен жүзеге асатын әдіс түрлері, ешқандай түс өзгерісінсіз.

2.3.9 Мотор майларының сульфат күлі

Қозғалтқыш майларындағы сульфат күлін анықтау олардың өнімділік қасиеттерін және қозғалтқыш пен шығару жүйесіне әсерін бағалау үшін өте маңызды. Сульфат күлі металдар сияқты қоспалардағы Бейорганикалық қосылыстардан түзіледі [41]. Қозғалтқыш майы жанған кезде күл бөлшектері қозғалтқыш элементтеріне түсіп, поршеньдерде, клапандарда және ұшқындарда шөгінділер тудыруы мүмкін [42]. Сонымен қатар, жоғары күл күйе сүзгілерінің бітелуіне және каталитикалық түрлендіргіштердің тиімділігінің төмендеуіне ықпал етеді [43].



16-сурет – Мотор майларының сульфат күлін анықтау әдісі

Сульфат күлін анықтау “МемСТ 12417 Мұнай өнімдері. Сульфат күлін анықтау әдісі” әдісі арқылы жасалады (16-сурет). Бұл әдіс оның құрамындағы қоспаларға негізделген болып табылады.

2.3.10 Мотор майларындағы механикалық қоспалар

Мотор майларындағы механикалық қоспалардың құрамын анықтау өнімнің тазалығын және оның қозғалтқыштың сенімді жұмысын қамтамасыз ету қабілетін бағалау үшін қажет. Механикалық қоспаларға жұмыс кезінде пайда болатын немесе сыртынан майға түсетін шаң, металл, масштабтау сияқты қатты заттар жатады [44]. Мұндай бөлшектердің болуы бөлшектердің абразивті тозуына, майлау тиімділігінің төмендеуіне және қозғалтқыштың тез тозуына әкелуі мүмкін [45]. Механикалық қоспаларды бақылау майдың жұмыс сипаттамаларының тұрақтылығын, қозғалтқышты зақымданудан қорғауды және оның ресурсын ұзартуды қамтамасыз етеді [46].

Мотор майларындағы механикалық қоспаларды МемСТ 6370 Мұнай, мұнай өнімдері және қоспалар механикалық қоспаларды анықтау әдісі арқылы анықтаймыз.

2.3.11 Мотор майларындағы су құрамы

Мотор майларындағы судың массалық үлесін анықтау олардың сапасын бағалау және қозғалтқыш жұмысындағы мүмкін ақаулардың алдын алу үшін қажет. Су конденсация, салқындатқыш сұйықтықтың ағуы немесе жоғары ылғалдылық жағдайында жұмыс істеу арқылы майға енуі мүмкін [47]. Оның болуы майдың майлау қасиеттерін нашарлатады, металл бөлшектерінің коррозиясын тездетеді, тотығу процестерін белсендіреді және майдың қызмет ету мерзімін қысқартады [48]. Суды үнемі бақылау майдың өнімділігін сақтауға, қозғалтқышты зақымданудан қорғауға және оның қызмет ету мерзімін ұзартуға көмектеседі [49].



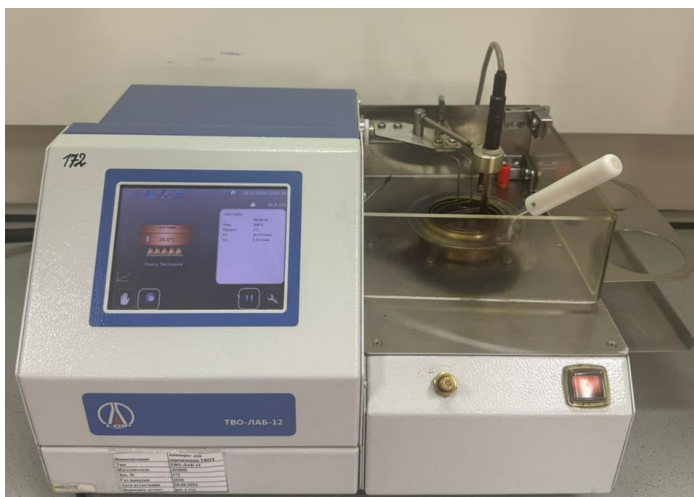
17-сурет – Мотор майларының су құрамын анықтау әдісі

Судың құрамы МемСТ 2477 Мұнай және мұнай өнімдері. Судың құрамын анықтау әдісі арқылы анықталады (17-сурет).

2.3.12 Мотор майларының тұтану температурасы

Тұтану температурасы (ағылш. Flash Point) – ашық тигельде қыздырылған май буының ауада қысқа уақыттық тұтануын (жалт етуін) тудыратын ең төмен температура. ASTM D92 (ашық тигель) немесе D93 (жабық тигель) стандарттары бойынша анықталатын бұл көрсеткіш майдың ең оңай тұтанғыш фракцияларының мөлшеріне тәуелді. Тұтану температурасы – қауіпсіздік және ұшқыштық сипаттама: белгілі температурадан асқанда майдың булары тұтанып, өртену қаупі туады.

Ашық тигельдегі жарқыл температурасы мотор майларының өрт қауіпсіздігі мен өнімділігін бағалау үшін қолданылады. Бұл параметр майдың булары ауамен ашық жалыннан жанатын жанғыш қоспаны құрайтын минималды температураны көрсетеді. [50] деректерге сәйкес, жарқыл температурасын бақылау майдың термиялық тұрақтылығын анықтау және жоғары температура мен жүктеме жағдайында оның өздігінен тұтануын болдырмау үшін қажет. Бұл майлардың қауіпсіз жұмыс істеуін, тасымалдануын және сақталуын қамтамасыз ету үшін маңызды. [51] тұтану температурасы мұнай өнімдерінің өрт қауіптілігінің негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылатынын көрсетеді. Бұл параметрдің жоғары мәндері майдың төтенше температурада тұрақтылықты сақтау қабілетін көрсетеді, бұл өрт қаупін азайтады. [52] жаңа мотор майларын әзірлеу және сынау кезінде жарқыл температурасын анықтау қажет екенін атап өтті. Бұл көрсеткіш өнімнің сапасын бағалауға, оны аналогтармен салыстыруға және қолданудың ең қауіпсіз және тұрақты нұсқаларын таңдауға көмектеседі.



18-сурет – Мотор майларының тұтану температурасын анықтау аппараты ТВО–ЛАБ-12

Тұтану температурасын зертханалық жағдайда МемСТ 4333 Мұнай өнімдері. Ашық тигельдегі тұтану және тұтану температурасын анықтау әдістері арқылы анықталады (18-сурет).

2.3.13 Мотор майларының элементтік құрамы

Мотор майының элементтік құрамы деп оның құрамындағы химиялық элементтердің (әдетте, қоспалар мен ластанулар арқылы енген металл элементтерінің) концентрациясын айтады. Элементтік құрамды талдау көбінесе атомдық-спектроскопиялық әдістермен (мысалы, индуктивті байланысқан плазма – ICP, немесе рентген-флуоресценттік спектроскопия – XRF) жүргізіледі. Жаңа майдың элементтік құрамына оның қосымшалары енгізген металл элементтері және базалық майдағы табиғи гетероэлементтер кіреді. Мысалы, көптеген мотор майларының қоспалар пакетінде кальций (Ca) немесе магний (Mg) – детергенттер, мырыш (Zn) және фосфор (P) – қарсы тозу қоспалары (мысалы, ZDDP – цинк диалкилдитиофосфаты), бор (B) – тозуға қарсы және тотығуға қарсы қоспалар, молибден (Mo) – үйкеліс төмендеткіш қоспа, т.б. кездеседі. Сондай-ақ, күкірт (S) кейбір базалық майларда немесе қоспаларда болады. Пайдаланылған майда темір (Fe), мыс (Cu), қорғасын (Pb), алюминий (Al) сияқты тозу металлдары және күйе (C) мен кремний (Si, шаң құрамында) сияқты ластанушылар пайда болады. Элементтік құрамды талдау – майдың қоспалық құрамын тексеру және пайдаланылған май арқылы қозғалтқыштың тозу диагнозын жасау үшін кең қолданылатын тәсіл [53].



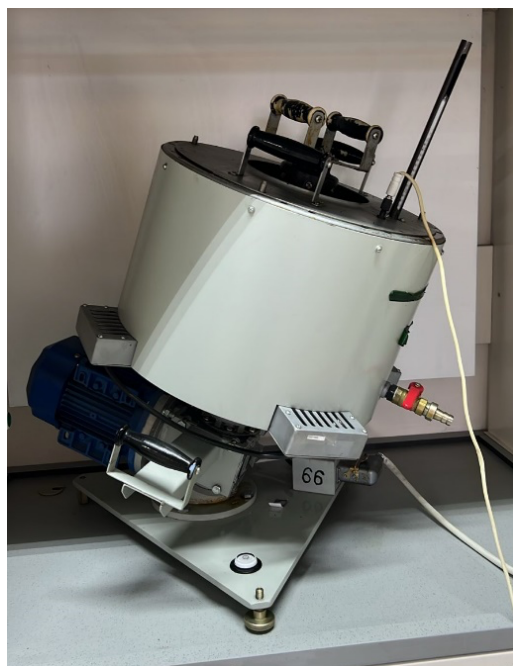
19-сурет – Мотор майларының элементтік құрамын анықтау аппараты ICP

Мотор майларының элементтік құрамын зертханалық жағдайда анықтау үшін “ASTM D 4951 Индуктивті байланысқан плазмалық атомдық эмиссиялық спектрометрия әдісімен майлау майларындағы қоспа элементтерін анықтауға арналған стандартты сынақ әдісі” сүйенеміз.

2.3.14 Мотор майларының коррозияға қарсы тұрақтылығы және тотығуға төзімділігі

Мотор майларының коррозияға қарсы тұрақтылығы мен тотығуға төзімділігі – майдың жұмыс кезінде металл бөлшектерді коррозиядан қорғау және май құрамының тұрақты қалуын қамтамасыз ету қабілетін сипаттайтын маңызды физика-химиялық көрсеткіштер. Бұл қасиеттер қозғалтқыштың сенімділігі мен ұзақмерзімділігі үшін шешуші рөл атқарады.

Коррозияға қарсы тұрақтылықты бағалау үшін МемСТ 20502–75 «Мұнай және мұнай өнімдері. Қара металдарға коррозиялық әсерін анықтау әдісі» қолданылады. Бұл әдісте зерттелетін майда белгілі бір уақыт бойы стандартты болат үлгілері ұсталынған соң, олардың бетінде тот, қара дақ немесе коррозиялық бұзылу іздерінің пайда болу-болмауы тексеріледі. Бұл көрсеткіш майдың қоспалары мен оның металл бетімен әрекеттесу қабілеті туралы түсінік береді. Бұл әдіс ДК-НАМИ-М1-66 аппаратында жасалады (20-сурет).



20-сурет – Коррозияға қарсы тұрақтылықты анықтау аппараты ДК-НАМИ-М1-66

Тотығуға төзімділік МемСТ 11063–2014 «Мұнай өнімдері. Тотығуға төзімділікті анықтау әдісі» бойынша бағаланады. Әдістің мәні – майды белгілі бір температурада және қысыммен оттегі әсерінде қартаюға ұшыратып, тотығу өнімдерінің (қышқыл саны, тұтқырлықтың өзгеруі, шөгінділер) мөлшерін бақылау. Бұл зерттеу антиоксиданттық қасиеттердің тиімділігін, полимерлердің термиялық бұзылуға төзімділігін және майдың ұзақ жұмыс барысындағы тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс ДК-НАМИ-М1-48 аппаратында жасалады (21-сурет).



21-сурет – Тотығуға төзімділік анықтау аппараты ДК-НАМИ-М1-48

Полимерлік қоюландырғыш қоспалар мотор майларының тотығуға төзімділігіне жанама түрде әсер етеді. Олар майдың жоғары температурада қою күйде қалуын қамтамасыз ете отырып, тотығу процесін баяулатуы мүмкін. Алайда, егер қоспа дұрыс таңдалмаса немесе база маймен нашар үйлессе, ол керісінше, полимердің деструкциясы арқылы тотығуды жылдамдатуы ықтимал. Сондықтан коррозия мен тотығуға қарсы көрсеткіштерді бағалау – мотор майларының сапасын арттыруда және полимерлік қоспалардың тиімділігін негіздеуде аса маңызды.

Алайда бұл полимерлік қосымшалар майдың тотығу және коррозия тұрақтылығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Полимерлі қоюландырғыштың химиялық табиғаты инертті (ол тек көміртек-сутек тізбегінен тұрады), сондықтан оның өзінен коррозия туғызатын реактивті топтар бөлінбейді. Дегенмен, жұмыс кезінде және жоғары температурада ұзын полимер тізбектері механикалық және термиялық деструкцияға ұшырайды. Әсіресе сызықтық құрылымды полимерлер пайдалану барысында тізбектері үзіліп, төмен молекулалы фрагменттерге ажырайды, яғни полимер белгілі бір дәрежеде «қорытылып» майды сұйылтады. Бұл құбылыс майдың тұтқырлығын уақыт өте төмендетеді (май «жұқарады»), ал бір мезгілде майдың негізі тотығып, керісінше қоюлана бастайды. Сөйтіп, май жұмыс процесінде бір жағынан полимер қоспасын жоғалтып тұтқырлығын кемітсе, екінші жағынан тотығу есебінен тұтқырлығын арттырады. Полимер тізбектерінің үзілуі – қайтымсыз процесс, сондықтан қоюландырғыш қоспа мөлшері артық болса да майдың тотығу тұрақтылығын толық сақтап қала алмайды. Зерттеулер көрсеткендей, қарапайым сызықтық олефин сополимерлері механикалық және химиялық тұрақтылығы жағынан шектеулі – жұмыс кезінде олар құрылымы бұзылып, тотығуға икем келеді. Полимер тізбегі үзілгенде радикалдық тотығу реакциялары да жүріп, шағын мөлшерде болса да қосымша тотығу өнімдерін (шайырлар, көмірсутек радикалдары) түзуі мүмкін. Бұл құбылыстар майдың жалпы тотығу төзімділігін біршама төмендетуі ықтимал. Дегенмен, заманауи қоюландырғыш полимерлердің сапасы айтарлықтай жетілдірілген. Мысалы, этилен-пропилен олефин сополимерлері жоғары термо-тотығу тұрақтылығымен және майға жақсы ерігіштігімен ерекшеленеді, сондықтан көп қолданылуда. Сондай-ақ кейбір қоюландырғыштар тармақталған (жұлдызша тәрізді) құрылымға ие болып, механикалық бұзылуға төзімдірек келеді. Мұндай тұрақты полимерлерді қолдану полимердің бұзылуынан туатын жағымсыз әсерлерді азайтады.

3 Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

3.1 Қоюландырғыш қоспаның тұтқырлығы

7% -дық қоюландырғыш қоспаның кинематикалық тұтқырлығын автоматты Штабингер SVM 3001 вискозиметрінде 40°C және 100°C температура үшін анықтағандағы нәтижелер (3-кесте):

Кесте 3 – Қоюландырғыш қоспаның тұтқырлығы

Параметр:	Кинематикалық тұтқырлық, мм ² /с	Динамикалық тұтқырлығы, мПа*с	Тығыздығы, г/см ³
Қоюландырғыш қоспа 40°C	2607	2132,5	0,81811
Қоюландырғыш қоспа 100°C	295,8	231,32	0,78207

Кинематикалық тұтқырлығын тапқан соң, осы мән негізінде оның тұтқырлық индексін *VI* табамыз:

Стандартқа сәйкес кинематикалық тұтқырлықтың мәні 100°C температурада кинематикалық тұтқырлығы 70 мм/с² жоғары болған соң формула арқылы есептедік.

$$VI = \left\{ \frac{[(\text{antilog}N) - 1]}{0.00715} \right\} + 100;$$

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log Y}$$

$$H = 0.1684Y^2 + 11.85Y - 97 = 0.1684 * 295.8^2 + 11.85 * 295.8 - 97 = 18142.83 \text{ мм/с}^2$$

$$N = \frac{\log (18142,83) - \log (2607)}{\log (295,8)} = 0.340981$$

$$VI = \left\{ \frac{[(\text{antilog}(0.340981)) - 1]}{0.00715} \right\} + 100 = 266.81 \approx 267$$

$$VI = 267$$

3.2 Мотор майларының тұтқырлығы

Мотор майларының тұтқырлығын автоматты Cannon CAV 4.2 вискозиметрінде (10-сурет) анықталды. 40°C және 100°C температурадағы нәтижелері кестеде берілген (4-кесте).

Кесте 4 – Мотор майларының тұтқырлығы

Сынама	1	2	3	4	5
Кинематикалық тұтқырлық, мм ² /с - 40°C	84,80	101,2	94,46	149,3	32,43
Кинематикалық тұтқырлық, мм ² /с-100°C	13,27	14,52	14,66	19,10	5,773

Мотор майларының тұтқырлық индексі

1-сынама үшін:

$$t = 40^{\circ}\text{C} , v = 84.80 \text{ мм}^2/\text{с}$$

$$t = 100^{\circ}\text{C} , v = 13.27 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Стандартқа сәйкес L, D, H мәнін кестеден аламыз:

$$L = 240.269 \quad D = 115.059 \quad H = 125.179$$

$$VI = \left\{ \frac{[(\text{antilog} N) - 1]}{0.00715} \right\} + 100;$$

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log Y}$$

$$N = \frac{\log (125.179) - \log (84.80)}{\log (13.27)} = 0.150628$$

$$VI = \left\{ \frac{[(\text{antilog}(0.150628)) - 1]}{0.00715} \right\} + 100 = 157.9 \approx 158$$

$$VI = 158$$

2-сынама үшін:

$$t = 40^{\circ}\text{C} , v = 101.2 \text{ мм}^2/\text{с}$$

$$t = 100^{\circ}\text{C} , v = 14.52 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Стандартқа сәйкес L, D, H мәнін кестеден аламыз:

$$L = 280.28 \quad D = 137.579 \quad H = 142.7$$

$$VI = \left\{ \frac{[(\text{antilog} N) - 1]}{0.00715} \right\} + 100;$$

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log Y}$$

$$N = \frac{\log (142.7) - \log (101.2)}{\log (14.52)} = 0.12844$$

$$VI = \left\{ \frac{[(\text{antilog}(0.12844)) - 1]}{0.00715} \right\} + 100 = 148$$

$$VI = 148$$

-25°C температурада мотор майының айқын тұтқырлығын суық қозғалтқыштың іске қосылуын имитациялайтын құралдың көмегімен анықталды (5-кесте).

Кесте 5– Мотор майларының -25°C температурада айқын тұтқырлығы

Сынама, CCS	Температура, °C	Тұтқырлығы, мПа*с
1	-25	4839 4838
2	-25	8865 8941
3	-25	4385 4390
4	-25	14015 14005
5	-25	3452 3448

Әр түрлі рецептурадағы өзгерістерге байланысты, сынама үлгілерінің қату температурасының нәтижелері бір-бірінен ерекшеленеді. Мотор майларының қату температурасын нәтижелері (6-7-кесте):

Кесте 6 – 1 үлгі сынамасының қату температурасы

№	Қату температурасы, °C	Нәтиже
1	-35	Ауытқу
2	-39	Ауытқу -
3	-41	Ауытқу -
4	-43	Қатты +

Кесте 7 – 2 сынамасының қату температурасы

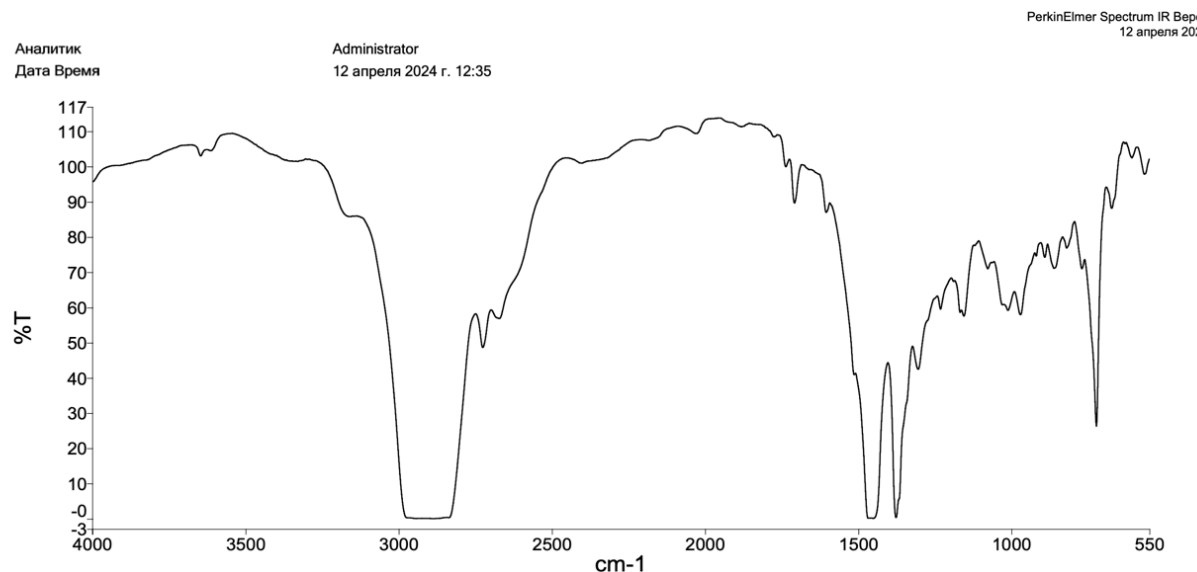
№	Қату температурасы, °C	Нәтиже
1	-37	Ауытқу -
2	-39	Ауытқу -
3	-41	Қатты +

Бұл жердегі қату температурасы бір-бірінен ерекшелену себебі, полимерлі қоспаның базалық майда еруі және олардың өзара үйлесімділігі болып табылады.

3.3 Майлардың ИҚ спектріндегі нәтижелері

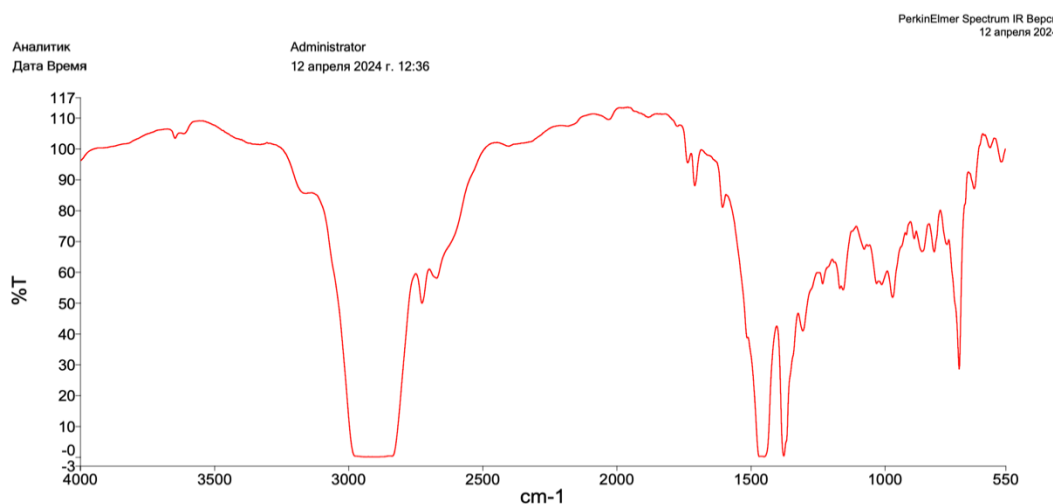
Қоспалары бар мотор майларының ИҚ спектрінде базалық майлардың да, рецептураға кіретін әртүрлі функционалды қоспалардың да болуын

көрсететін тән сіңіру жолақтары байқалады (22-26 суреттер).



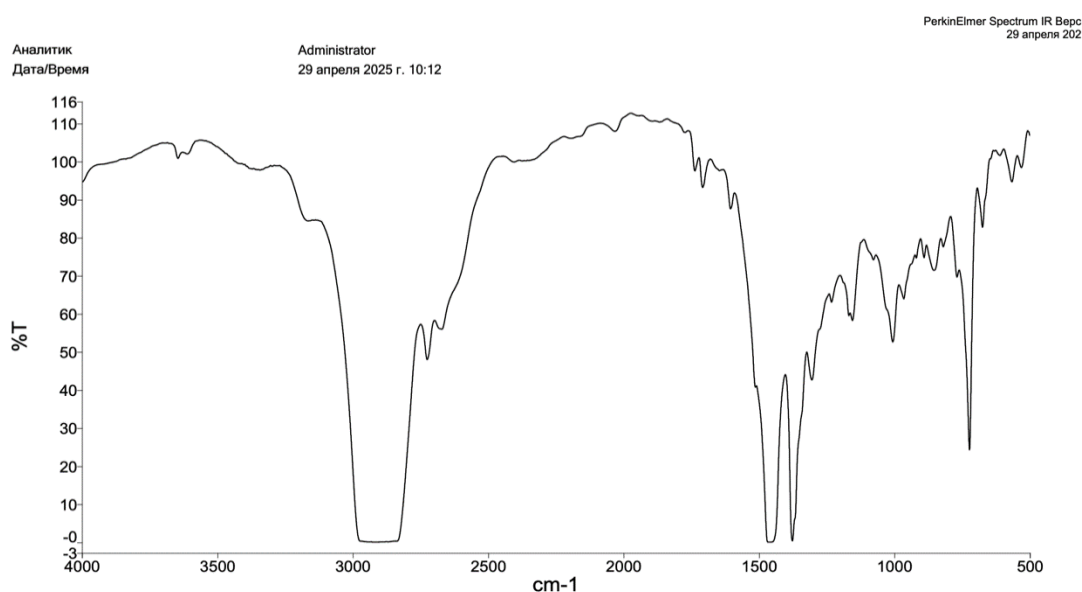
22-сурет– 1-үлгісінің ИК-спектрі

1 сынама үлгісінің (22-сурет) ИК-спектрінде 2920 және 2850 см^{-1} (C–H созылмалы) және 1460 см^{-1} (–CH₂– топтарының иіlmелі) шыңдары байқалады. Сондай-ақ 1560 см^{-1} (N–H) және 1630 см^{-1} (C=O) шыңдары анықталды. Бұл толқын сандары полиурейалық қалыңдатқыштағы карбамид топтарына тән екенін көрсетеді [54]. Атап айтқанда, N–H байланысының сіңірілуі (1560 см^{-1}) және карбамидтік C=O топтарының шыңы (1630 см^{-1}) полиурейаның присос (thickener) қатысқанын дәлелдейді [54]. Ал 1370 см^{-1} шыңы байқалмайды, демек литий сабынының болмағын білдіреді. Нәтижесінде 1 сынама үлгісінде полиурейя қалыңдатқышы және минералды негізді май бар деп қорытынды жасауға болады.



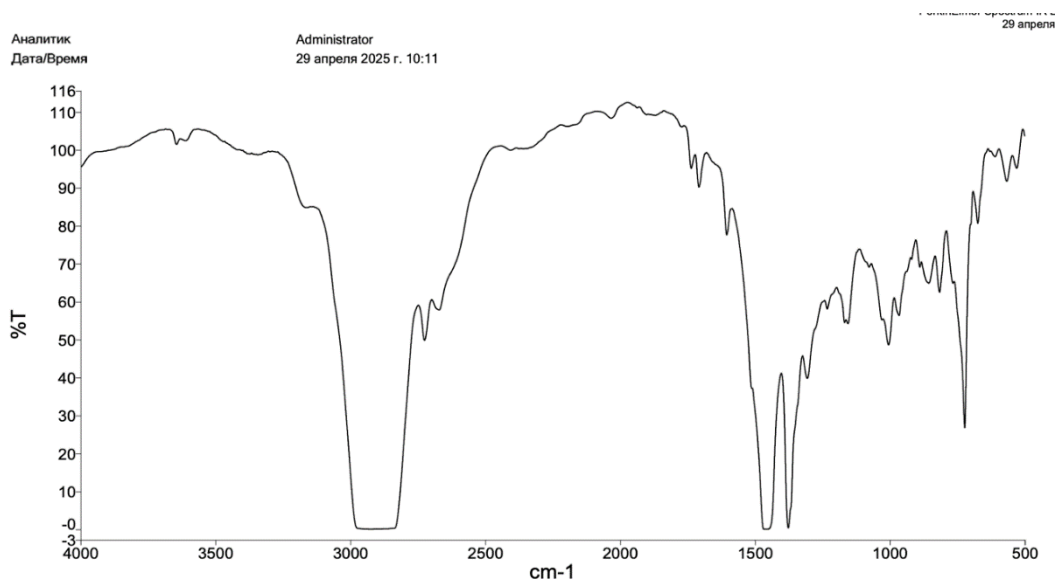
23-сурет– 2-үлгісінің ИК-спектрі

2 сынама үлгісінің (23-сурет) спектрінде де 2920 және 2850 см^{-1} (C–H), 1560 және 1630 см^{-1} (N–H, C=O) шыңдары айқын. 1 сынама үлгісінен айырмашылығы – 1257 см^{-1} және $1000\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ аралығындағы қосымша шыңдардың болуы. 1257 см^{-1} шыңы Si–(CH₃) топтарына, ал $1000\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ диапазоны силикондық (Si–O–Si) тіректеріне сәйкес келеді [54]. Сонымен қатар 802 см^{-1} шыңы Si–CH₃ байланысты симметриялық тербелісін білдіреді [54]. Осы спектрлік белгілер 2 сынама үлгісінде полиуретанды қалыңдатқышқа қосымша силикондық антипендік присадканың (силоксандік негіздегі) бар екенін көрсетеді [54]. Базалық майға қатысты $1730\text{--}1740\text{ см}^{-1}$ шыңы анықталмады, яғни синтетикалық эфир жоқ, демек минералды май қолданылған деп есептеледі.



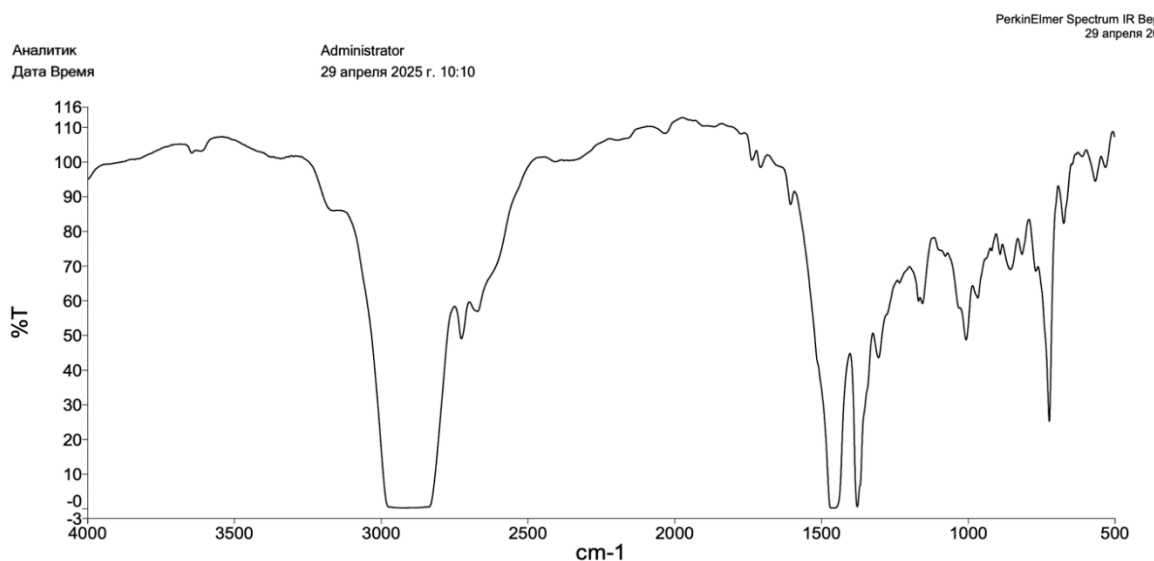
24-сурет– 3-үлгісінің ИК-спектрі

3 сынама үлгісінде 2920 , 2850 см^{-1} (C–H) және 1460 см^{-1} (CH₂) шыңдары бар (24-сурет). 1560 см^{-1} және 1630 см^{-1} шыңдары полиуретанға тән болса, қосымша 1730 см^{-1} шамасындағы елеулі шың байқалса, ол синтетикалық эфирлі майға (эстерге) тән болуы мүмкін [54]. Мысалы, 1730 см^{-1} шыңы полиальфаолефиндік синтетикалық май құрамындағы эфир топтарының C=O байланысын көрсетеді [55]. Егер осы диапазонда шың байқалса, 3 сынама үлгісі синтетикалық негізді майдан дайындалған деп түсіндіріледі [55]. Егер 1730 см^{-1} шың жоқ болса, базалық май минералды деп қабылданады. 3 сынама спектрінде 1370 см^{-1} шыңы байқалмағандықтан литий сабыны да жоқ. Бұл үлгіде әрі полиуретан қалыңдатқыш, әрі синтетикалық май бар болуы мүмкін.



25-сурет— 4-үлгісінің ИК-спектрі

4 сынама үлгісінің спектрінде 2920 , 2850 см^{-1} (C–H) және 1460 см^{-1} (CH₂) шыңдары бар (25-сурет). 1370 см^{-1} шыңы литий карбоксилаты – литий сабынға (кабоксилат тобына) тән [54]. Бұл 4 сынама үлгісінде литий негізді қалыңдатқыштың болғанын көрсетеді. Сонымен бірге $1540\text{--}1450\text{ см}^{-1}$ аралығындағы қосымша карбоксилат шыңдарының болуы да литий сабынының сипаттамасы. N–H және 1630 см^{-1} шыңдары полиурейда байқалмады, демек қалыңдатқыш ретінде тек литий сабыны қызмет ететінін меңзейді. $1250\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ және 800 см^{-1} шыңдары жоқ болғандықтан силикондық антипендік присадка да кездеспейді. Базалық майда 1730 см^{-1} шыңы анықталмаса, бұл минералды майды, ал егер байқалса – синтетикалық эфирлі май барын білдіреді [55]. Қазіргі жағдайда 1730 см^{-1} жоқ болғандықтан 4 сынама үлгісі минералды майлы литий сабыны қалыңдатқышынан құралған деп қорытындылауға болады.



26-сурет— 5-үлгісінің ИК-спектрі

5 сынама үлгісінің ИК спектрінде 2920 , 2850 см^{-1} (C–H) және 1460 см^{-1} (CH_2) шыңдары бар (26-сурет). 1370 см^{-1} шыңы литий карбоксилатына сәйкес келеді [54], яғни литий негізді қалыңдатқыш бар. Қосымша 1257 см^{-1} және $1000\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ шыңдары силикондық $\text{Si}-(\text{CH}_3)_3$ тобы мен $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ тіректерінің болуын көрсетеді [1]. 802 см^{-1} шыңы $\text{Si}-\text{CH}_3$ байланысына тән [55], бұл антипендік (силоксан) присадканың қолданылғанын дәлелдейді. Сонымен қатар 1730 см^{-1} шыңына ($\text{C}=\text{O}$) мән берілсе, ол синтетикалық эфирлі майдың қолданылуын білдіреді [55], егер ондай шың жоқ болса, минералды май екенін көрсетеді. 5 сынама спектрінде 1730 см^{-1} анықталмаса, базалық май минералды, ал егер байқалса – синтетикалық болуы ықтимал.

Жоғарыдағы ИҚ-спектрлік талдау нәтижелеріне сүйенсек, үлгілер арасындағы басты айырмашылықты қалыңдатқыш түрі, антипендік присадканың бар-жоғы және базалық май түрі анықтайды. Полиурей қалыңдатқышы бар үлгілерде (мысалы 1, 2, 3) 1560 см^{-1} (N–H) және 1630 см^{-1} (карбамидтік $\text{C}=\text{O}$) шыңдары айқын көрінеді [54]. Ал литий сабын қалыңдатқышы бар үлгілерде (4, 5) карбоксилат топтарына тән 1370 см^{-1} (және қосымша $1540\text{--}1460\text{ см}^{-1}$) шыңдары байқалды [72]. Антипендік силикондық присадка болғанда спектрде $1250\text{--}1260\text{ см}^{-1}$ ($\text{Si}-\text{CH}_3$) және $1000\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ ($\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$) диапазондарында шыңдар, сондай-ақ 800 см^{-1} ($\text{Si}-\text{CH}_3$) шыңы көрінеді [54], мұндай белгі 2 және 5 үлгілерінен анықталды. Базалық май синтетикалық эфирлі болғанда $\text{C}=\text{O}$ топтарының шыңы $\sim 1730\text{ см}^{-1}$ пайда болатыны белгілі [55]. 1730 см^{-1} шыңы байқалған үлгілерде (мұнда тек 3 үлгісінде болуы мүмкін) синтетикалық эфирлі май қолданылған деп есептеледі, ал басқаларында минералды май негізді деп қабылданады. Осылайша спектрлік шыңдарды нақты рецептура элементтерімен сәйкестендіру арқылы полиурейлық немесе литий сапыны қалыңдатқышын, силикондық антипендік присадканың, сондай-ақ синтетикалық немесе минералды базалық майдың бар-жоғын дәл анықтауға болады [54,55].

3.4 Мотор майларының физика-химиялық көрсеткіштері

Жасалған жұмыстың нәтижелеріне сүйене отырып, әр түрлі базалық майларды пайдалана отырып полимермен біріктіргенде физика-химиялық қасиеттеріне әсері байқалды. Соның ішінде базалық майлардың өзгерісі оның кинематикалық көрсеткіштеріне әсері бар (8-кесте).

Кесте 8 – Мотор майларының 1-ші және 2-ші үлгілеріне жасалған көрсеткіш нәтижелері

Көрсеткіштердің атаулары	1-үлгі	2-үлгі	НҚ
Кинематикалық тұтқырлық $100\text{ }^{\circ}\text{C}\text{ мм}^2/\text{с}$	13,27	14,52	13,5-16,3
Минус 25°C температурада айқын тұтқырлығы (CCS), $\text{мПа}\cdot\text{с}$	4839	8903	7000 жоғары емес

8-кестенің жалғасы

Тұтқырлық индексі	158	148	120 кем емес
Ноак әдісі арқылы булану шығыны, %	8,9	9,7	15,0 жоғары емес
Сілтілік саны, мг КОН 1г майға	9,4	8,8	5,5 кем емес
Сілтілік саны, мг КОН 1г майға	9,9	9,5	6,5 кем емес
Сульфат күлінің массалық көрсеткіші, %	1,37	1,41	1,6 жоғары емес
Механикалық қоспалардың массалық көрсеткіштері, %	болмайды	болмайды	0,015 аспау
Судың массалық көрсеткіші, %	іздер	іздер	іздер
Қату температурасы, °С	-43	-41	-35 жоғары емес
Ашық тигельдегі тұтану температурасы, °С	231	248	205 кем емес
Майдың көбіктенуі тұрақтылығы, см ³ 1. 24 °С 2. 93 °С 3. 93°С тен кейінгі 24 °С	1. 0/0 2. 10/0 3. 0/0	1. 0/0 2. 20/0 3. 0/0	1. 10/0 2. 50/0 4. 10/0
Кальцийдің массалық үлесі, %	0,299	0,304	-
Цинктің массалық үлесі, %	0,113	0,123	-
Фосфордың массалық үлесі, %	0,102	0,115	0,12
20 °С тығыздығы, кг/м ³	861,9	865,5	-
15 °С тығыздығы, кг/м ³	865,1	868,6	-
ASTM түс шкаласы	2,0	2,0	3,0

Кинематикалық тұтқырлық көрсеткіштері әртүрлі базалық майларда бірдей концентрациядағы полимер қолданылған жағдайдың өзінде өзгеше болды. Бұл өзгерістер майдың молекулалық массасына, көмірсутек типіне (парафиндік, нафтендік, ароматикалық) және оның полимермен өзара

әрекеттесу қабілетіне тікелей тәуелді екенін көрсетті (9-кесте).

Кесте 9 –Мотор майларының 3-4-ші және 5-ші үлгілеріне жасалған көрсеткіш нәтижелері

Көрсеткіштердің атаулары	3 үлгі	4 үлгі	5 үлгі
Кинематикалық тұтқырлық 100 °C мм ² /с	14,66	19.10	5,773
Минус 25°C температурада айқын тұтқырлығы (CCS), мПа*с	4388	14010	3450
Тұтқырлық индексі	162	146	121
Ноак әдісі арқылы булану шығыны , %	8.5	9,9	6,8
Сілтілік саны , мг КОН 1г майға	9.3	9,5	8,0
Сілтілік саны, мг КОН 1г майға	10.0	10,3	9,9
Сульфат күлінің массалық көрсеткіші, %	1.21	1.43	1.33
Механикалық қоспалардың массалық көрсеткіштері , %	болмайды	болмайды	болмайды
Судың массалық көрсеткіші, %	іздер	Іздер	Іздер
Қату температурасы, °C	- 43	-32	-29
Ашық тигельдегі тұтану температурасы , °C	235	242	225
Майдың көбіктенуі тұрақтылығы, см ³ 4. 24 °C 5. 93 °C 6. 93°C тен кейінгі 24 °C	1. 0/0 2. 10/0 3. 0/0	1. 0/0 2. 10/0 3. 0/0	1. 0/0 2. 10/0 3. 0/0
Кальцийдің массалық үлесі, %	0.309	0.314	0,347
Цинктің массалық үлесі, %	0.110	0.108	0,117
Фосфордың массалық үлесі, %	0.0986	0.113	0,110
20 °C тығыздығы, кг/м ³	854,3	880,2	862,3
15 °C тығыздығы, кг/м ³	857,4	883,5	865,5
ASTM түс шкаласы	1,5	2,5	1,5

3.5 Тұнбаның индукциялық кезеңі және коррозияға қарсы тұрақтылықты бағалау әдістері

Мотор майларының тотығуға төзімділігін бағалау үшін тұнба түзілу тұрақтылығының индукциялық периоды көрсеткіші қолданылады. Бұл көрсеткіш МемСТ 11063 стандарты бойынша анықталады – майдың белгілі бір уақыт ішінде тотығу нәтижесінде 0,5 % асатын тұнба түзбей төтеп беру уақыты. Тұнбаның индукциялық кезеңі неғұрлым ұзақ болса, майдың тотығуға қарсы тұрақтылығы соғұрлым жоғары деп саналады. Ал коррозияға қарсы тұрақтылық МемСТ 20502 стандартына сай анықталады, яғни майдың металл беттерінде коррозия туғызу бейімділігі арнайы сынақтар арқылы өлшенеді. Бұл сынақ барысында метал пластиналар майға батырылып, жоғары температурада ұсталады да, салмақ жоғалтуды немесе бетінің зақымдануын өлшейді. Осы көрсеткіш майдың құрамындағы қоспалардың коррозиялық белсенділігін көрсетеді – мәні төмен болғаны (немесе салмақ жоғалтуы аз, коррозия белгілері жоқ болуы) майдың коррозияға қарсы қасиеті жақсы екенін білдіреді.

Майға қосылатын полимерлі қоюландырғыштар (вязкость индексін жақсартқыш қоспалар) – жоғары молекулалық массаға ие полимерлер, олар майдың тұтқырлық-температура сипаттамасын жақсарту үшін қолданылады. Алайда бұл полимерлердің тиімді жұмыс істеуі үшін базалық маймен толық ерігіштігі және химиялық үйлесімділігі қажет. Полимер мен майдың химиялық табиғаты ұқсас болған жағдайда ғана қоспа майда толық ериді және тұрақты әсер береді. Егер базалық майдың құрылымы полимерге «жат» болса (мысалы, полярлығы немесе құрамы тым өзгеше), полимер ерімей тұнба түзуі немесе тіпті өзара әрекеттесіп, тұрақсыз өнімдер түзуі мүмкін.

Үйлесімділік болған жағдайда, полимер қоспасы базалық маймен біртектес ерітінді құрайды да, жұмыс барысында бөлініп шықпайды. Синергетикалық үйлесімділік деп полимердің майдың қасиеттерін күшейтіп, өзі де тұрақты қалуын айтады. Мұндай жағдайда полимер тотығу процесінде өзі қосымша тұнба немесе қышқыл өнімдер түзбейді, сондықтан майдың тотығуға төзімділігі жоғары болып қалады. Керісінше, үйлесімсіздік немесе полимердің термототықтырғыш тұрақтылығы нашар болса, қызу кезінде полимердің макромолекулалары үзіледі. Нәтижесінде майдың тұтқырлығы төмендеп, тотығу өнімдері – қышқылдар мен көміртекті шөгінділер көбейеді. Полимердің термиялық ыдырауы тұнба түзілуін арттырады және пайда болған қышқыл қосылыстар майдың коррозиялық белсенділігін күшейтуі мүмкін. Сондықтан қоюландырғыш қоспаның базалық майда жақсы еруі және жоғары термототығу тұрақтылығы майдың ұзақ уақыт тұнба түзбей қызмет етуі мен металл беттерінің коррозиядан қорғалуына үлкен әсер етеді.

Зерттеуге ұсынылған 5 түрлі май үлгілері (1, 2, 3, 4 және 5) құрамындағы базалық майлар және полимерлі қоюландырғыштың бар-жоғы жағынан

ерекшеленеді. Төменде осы әрбір рецептураның Тұнбаның индукциялық кезеңі мен коррозияға қарсы тұрақтылық нәтижелері салыстырмалы талданады (10,11-кесте).

Кесте 10 – МемСТ 20502 бойынша коррозияға түскен май үлгілерінің нәтижелері

Үлгі	Пластиналардың массасы дейін	Пластиналардың массасы кейін	Қорғасын пластинасының массасының жоғалуы
1	5,0534	5,0522	1,2
2	5,5712	5,5705	0,7
3	7,3211	7,3199	1,2
4	7,2357	7,2348	0.9
5	4,8238	4,8235	0,3

Кесте 11 – МемСТ 11063 бойынша тотығуға түскен май үлгілерінің нәтижелері

Үлгі	фильтр мен шөгіндісі бар стаканың массасы, гр	таза фильтр бар стаканның массасы, гр	тотыққан май массасы, гр	Тотыққан майдағы тұнбаның массалық үлесі, гр
1	33,8297	33,8295	4,25	0,005
2	32,2551	33,2518	4,28	0,008
3	33,4958	33,4965	4,84	0
4	33.7648	33,7645	4,86	0,006
5	32,7467	32,7442	4,71	0,05

3 үлгі– Бұл үлгі ең жоғары ИПО тұрақтылығын көрсетті, яғни ең ұзақ уақыт бойы тұнба түзбеген. Мұның себебі – базалық майдың құрамында тек гидротазаланған жоғары тұтқырлық индексіндегі майлар болуы. Мұндай II-топтағы майларда күкірт пен қанықпаған көмірсутектер аз, термиялық-тотығу тұрақтылығы өте жақсы. Тотығу кезінде II-топ майлары негізінен еріген күйдегі жеңіл және ауыр оттекті қосылыстар түзеді де, қатты шөгінді (лай) түзуі минималды болады. Сондықтан 3 үлгі майының тотығуға индукциялық периоды ұзақ, тұнба түзілу шегі кеш жетті. Полимерлі қоюландырғыш бұл

базада толық еріп, тұрақты болды, өйткені химиялық құрамы бойынша ол да көмірсутек тектес және негізінде оңай ериді. Нәтижесінде, 3 үлгісінің тотығуға төзімділігі мен коррозияға қарсы қасиеті өте жоғары: металл пластиналарда байқалатын коррозия деңгейі ең төмен болды. Базада күкірттің аз болуы және тотығу кезінде қышқылдар түзілмеуі коррозияны іс жүзінде болдырмады.

1 және 5 – бұл екі майдың құрамында базалық негіз бірдей дистилляттық майлар қоспасы. 1 үлгісіне полимерлі қоюландырғыш қосылған, ал 5 – дәл сол құрам, бірақ қоюландырғышсыз эталон. Эксперимент нәтижелері 1 мен 5 майларының ИПО көрсеткіштері шамалас жоғары деңгейде болғанын көрсетті, яғни полимер қоспасы дұрыс таңдалған және осы базаға үйлесімді болған: минералды майы-I құрамындағы белгілі мөлшердегі ароматикалық құрылымдар полимердің еруін жеңілдетті, ал синтетикалық май компоненттері тотығу тұрақтылығын қамтамасыз етті. 1 майының индукциялық периоды 5-ке жақын, айырмасы мардымсыз ғана болған (қоюландырғыштың аздап тотығуы әсерінен болымсыз төмен болуы мүмкін). Демек, полимер синергетикалық әсер көрсетіп, майдың тұтқырлық қасиеттерін жақсартқанмен (тұтқырлық индексін көтеріп), тотығуға төзімділігін нашарлатпаған. Екі үлгінің де коррозияға қарсы тұрақтылығы жақсы деңгейде болды – базалық май қоспасындағы аз мөлшердегі күкірттік қосылыстар болмаса, тотығу кезінде айтарлықтай қышқыл өнімдер түзілген жоқ. Полимері бар 1 үлгіде коррозия көрсеткіші полимерсіз 5 деңгейімен бірдей деуге болады. Бұл оның құрамында қоюландырғыш қоспа болғанына қарамастан, металл беттерінде қосымша коррозия тудырмағын көрсетеді. Яғни 1 үлгіде полимер дұрыс ерігендіктен, майдың қорғаныш қасиеттеріне кері әсер етпеген.

2 – тек қана жеңіл минералды май-I топтағы I базалық майынан тұратын бұл үлгіде полимерлі қоюландырғыштың тиімділігі айтарлықтай төмен болды. Біріншіден, топ I базалық майы – құрамында ароматикалық және қанықпаған компоненттері бар, күкірт мөлшері жоғарылау дәстүрлі минералды май. Мұндай майлар гидротазаланбағандықтан тотығуға бейім келеді. Тотығу барысында топ I майларында тұрақсыз радикалдар жылдам түзіліп, шайырлы заттар мен ерімейтін шөгінділер көп түзеді. Шын мәнінде, топ I майлардың тотығу өнімдерінің ең қиын түрі – ерігіш емес шөгінділер болып табылады. 2 үлгідегі минералды май-I майы да 200 °C температурада тез қарқында тотығып, ИПО бойынша рұқсат етілген шөгінді деңгейіне едәуір аз уақыт ішінде жеткен. Екіншіден, полимер бұл майда толық тұрақты болмауы мүмкін. Минералды май-I – салыстырмалы жеңіл және тар фракциялы май, онда жоғары молекулалық полимерді еріту қиынға соғады. Қоюландырғыш бастапқыда ерігенімен, тотығу кезінде оның үлкен тізбектері механикалық және химиялық стрестен үзіліп, майдың тұтқырлығы төмендейді. Полимердің мұндай ыдырауы нәтижесінде майда қосымша қышқылдық өсіп, тұнба мөлшері артқан болуы мүмкін. Соның салдарынан 1 майының ИПО мәні ең төмен (сыналушылар ішінде), яғни тотығуға төзімділігі нашар болып шықты. Коррозияға қарсы көрсеткіші де салыстырмалы түрде әлсіз – тотығу

нәтижесінде түзілген қышқыл қосылыстар металға аз да болса әсер етіп, салмақ жоғалтуы жоғарырақ болды. Жалпы, минералды май-I негізді майға полимер қосудың тиімділігі шектеулі екенін эксперимент көрсетіп отыр: базаның сапасы нашар болса, бір ғана қоюландырғышпен оның тотығу мен коррозия тұрақтылығын қажетті деңгейге көтеру қиын.

4 – Бұл үлгінің құрамы жеңіл Минералды май-I және жоғары тұтқырлықты Минералды май-II деп аталатын ауыр фракциялы топ I май қоспасынан тұрады. Ауыр фракцияның енгізілуі майдың тұтқырлығын табиғи жолмен арттырып, қоюландырғыш полимердің еруін жеңілдетеді деп күтілген. Расында, Минералды май-II майының құрамында ароматикалық көмірсутектер көп болғандықтан, полимерді еріту қабілеті (анилин нүктесі төмен, еріткіштік қасиеті жоғары) жақсы. Ауыр базалық майлар әдетте полимерлерді жақсы ерітеді және қоспаның біртектілігін қамтамасыз етеді. Алайда, бұл үлгінің кемшілігі – Минералды май-II сияқты қалдықтық ауыр майдың тотығу тұрақтылығы өте төмен. Вакуумдық қалдық майларда күкіртті, шайырлы заттар көп болады, олар жоғары температурада тез тотығып, тұрақсыз шөгінділерге айналады. Қайнау диапазоны кең, ауыр молекулалар жанғанда да, тотыққанда да көбіне толық бөлінбей, көміртекті қалдық түзуге бейім келеді. 4 үлгі майын сынау барысында бұл фактор өз әсерін тигізген: ИПО көрсеткіші орташа деңгейде ғана болып, тұнба түзілуге төтеп беру уақыты 1/3 сияқты үлгілерден едәуір қысқа болды. Бұл – ауыр фракцияның тотығуы нәтижесінде шектен тыс ерімейтін тұнба пайда болуына байланысты. Полимерлі қоюландырғыш ауыр базада толық ерігенімен, оның болуы 4 майдың тотығу тұрақтылығын аса жақсарта алмады, өйткені негіздің өзіндік тұрақтылығы әлсіз. Сонымен қатар, Минералды май-II құрамындағы активті күкірт қосылыстары металмен әрекеттесіп, коррозияға қарсы көрсеткішті нашарлатқан болуы мүмкін. Тәжірибе нәтижесінде 4 үлгінің коррозияға қарсы тұрақтылығы барлық басқа үлгілерден төмен екені анықталды: металл пластинада аздаған шұңқырлану немесе салыстырмалы көбірек салмақ жоғалту байқалған. Бұл ауыр майдың тотығу кезінде қышқыл өнімдер түзуінен және полимер мен база арасындағы синергияның шектеулігінен туындады деп қорытындылауға болады.

Жүргізілген талдау көрсеткендей, мотор майына қосылатын полимерлі қоюландырғыштың тиімділігі оның базалық маймен үйлесімділігіне және базаның сапасына тікелей тәуелді (27-сурет). Синтетикалық май негізінде полимер жақсы ерітіп, өзі тұрақты болса, майдың тотығуға қарсы қасиеттері өте жоғары деңгейде қалады, ал коррозияға қарсы тұрақтылығы да үздік болады (мысалы, 3 үлгісі). Аралас негіздерде (топ I + топ II, мысалы 1) дұрыс таңдалған полимер майдың қасиеттерін жақсартып, тұнба түзілуіне қарсы әсер етіп, көрсеткіштерді базаға шаққандағы деңгейде ұстайды.



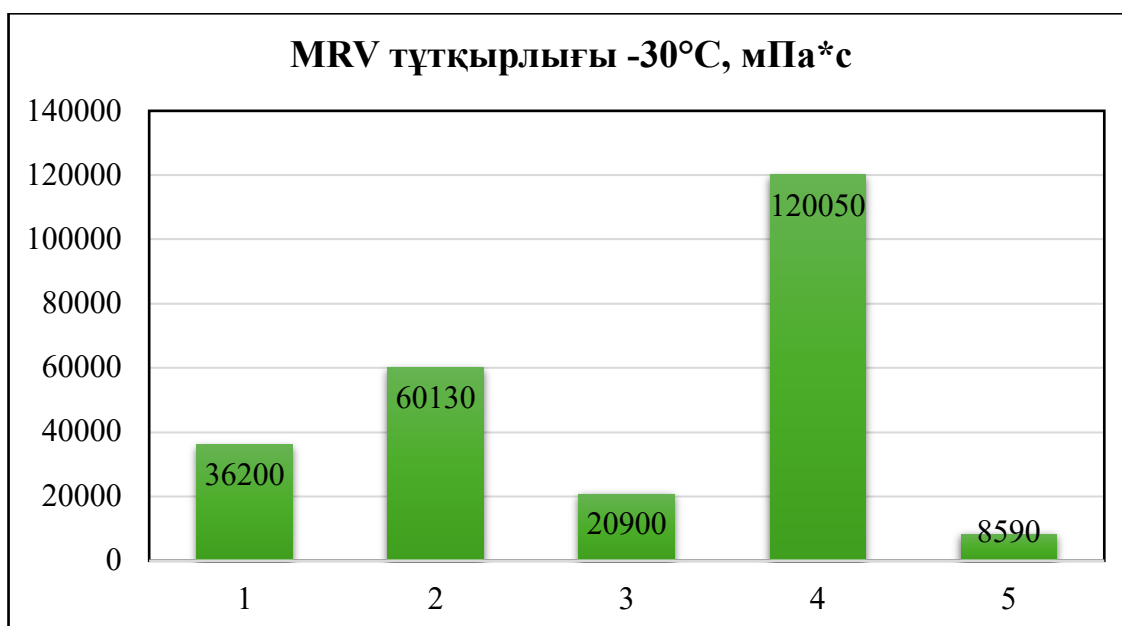
27-сурет– Өртүрлі май үлгілері үшін индукциялық периодта тотыққан майдағы тұнбаның массалық үлесі

Ал тек топ I жеңіл майында (2) немесе ауыр қалдықты май қоспасында (4) полимер қосудан күтілетін нәтиже аз болды – мұнда базаның тотығу тұрақтылығының нашарлығы басым фактор болып, қоюландырғыш өзі де тұрақсыздық танытты.

Полимер дұрыс ерімеген немесе тұрақсыз болған жағдайда, май тез тотығады, тұтқырлығы төмендеп, шөгінді түзілуі жылдамдайды және коррозиялық өнімдер көбейеді. Сондықтан жоғары сапалы мотор майын жасау үшін базалық майды және полимерлі қоспаны өзара үйлесімділікпен таңдау қажет. База мен полимердің химиялық сәйкестігі жақсы болса, полимердің жағымды әсері толық іске асып, майдың ИПО бойынша тұрақтылығы ұзарады, коррозияға қарсы көрсеткіштері жақсарады. Ал керісінше жағдайда, база құрамын жақсартпай немесе арнайы тұрақтандырғыш антиоксиданттық қоспалар қоспай, тек полимер енгізу күтілген нәтижені бермейді. Бұл зерттеудегі 2 және 4 үлгілерінің салыстырмалы төмен көрсеткіштері соны дәлелдейді.

3.6 Өртүрлі құрамдағы үлгілердің MRV нәтижелерін талдау

Төменде 1, 2, 3, 4 және 5 үлгілерінің әрқайсысының MRV көрсеткішіне сүйеніп, олардың суықтағы тұтқырлық дәрежесі мен қалыптылығына талдау жасалған. Әр құрамдағы базалық май фракцияларының парафиндік құрамы және полимерлі қоюландырғыштың бар-жоғы майдың -30°C кезіндегі ағымдылық қасиетіне тікелей ықпал еткені байқалады (28-сурет).



28-сурет– Мотор майларының -30°C температурадағы MRV тұтқырлығы,мПа*с

3 үлгі. Бұл үлгі ең жоғары суық ағымдылық қасиетін көрсеткен. Құрамында тек жоғары тұтқырлық индексі бар гидротазаланған Синтетикалық май-I және Синтетикалық май-II базалық майлары болғандықтан, парафиндік балауыз мөлшері өте төмен. Нәтижесінде төмен температурада парафин кристалдары іс жүзінде түзіле қоймайды, май құрылымы қатпайды. MRV сынағында 3 майының тұтқырлығы ең төмен мәндердің бірі болды, яғни суықта аға алу қабілеті өте жақсы. Полимерлі VI қоюландырғыш енгізілгендіктен, ол бұл үлгінің суықтағы тұтқырлығына айтарлықтай әсер еткен. Себебі қолданылған полимер тізбегі суықта жинақталып, көлемі кішірейеді де, майдың тұтқырлығын күрт көтермейді. Сонымен қатар, егер қоюландырғыш түрі РМА (полиметакрилат) негізді болса, ол Синтетикалық базалық майындағы мардымсыз парафин кристалдарының өсуін тежеп, ағымдылықты одан әрі жақсартуы мүмкін. Қорыта айтқанда, 3 үлгісі суықта ең жақсы ағатын (MRV мәні ең төмен) май болып шықты және төмен температурада ешбір геледену ақаулары байқалмаған.

5 үлгі. Бұл үлгі 1 үлгімен бірдей базалық майлар қоспасынан тұрады, бірақ құрамында полимерлі қоюландырғыш жоқ. Нәтижесінде оның жоғары температурадағы кинематикалық тұтқырлығы төменірек (яғни бұл май көпградусты емес, шартты түрде моноградусты сипатта). MRV сынағында 5 үлгісі суықта өте жеңіл аққыштық танытты – қоюландырғыш болмауы себепті, майдың тұтқырлығы төмен температурада мейлінше аз кедергі көрсеткені анық. Ағымдылық тұрғысынан 5 үлгісі суықта 1 үлгісінен де жеңіл ағады деп күтіледі, өйткені полимер қосылмағандықтан, майдың құрылымы суықта қосымша тұтқырланбаған. Дегенмен, бұл құрамды толыққанды мотор майы ретінде қарастырсақ, қоюландырғыштың жоқтығы оны дұрыс теңдестірілмеген формула деп сипаттауға негіз береді. Полимерсіз май жоғары

температурада қажетті тұтқырлық деңгейіне жете алмауы мүмкін, нәтижесінде жұмыс температураларында май тым сұйық болып, механизмдерді қорғайтын майлы қабаттың жұқа болуына соқтырады. Яғни, 5 үлгісі суықта ағып кетуі жағынан өте жақсы болғанмен, оның тұтқырлық-температура сипаттамасы талап етілген көпградусты стандартқа сәйкес емес. Бұл майды тәжірибе үшін негіз ретінде алып, салыстырмалы талдау жасауға болады, қоюландырғыш қоспай-ақ, тек жеңіл фракциялы базалық майларды пайдалану суықтағы өтімділікті керемет қамтамасыз еткенімен, мұндай майдың жоғары температурадағы тұрақтылығы жеткіліксіз.

1 үлгі. Құрамы жағынан 5-ке ұқсас, бірақ оған белгілі мөлшерде полимерлі қоюландырғыш қосылған. Базалық негіздегі Минералды майы I – парафинді текті топ I май, ал Синтетикалық май-I және Синтетикалық май-II – гидротазаланған, парафиндері жойылған жеңіл майлар. Осы қоспадағы синтетикалық май компоненттері жалпы парафин мөлшерін төмендетіп, суықтағы қасиеттерді жақсартуға ықпал етеді. MRV мәні бойынша 1 үлгі майының суықта ағымдылығы да қанағаттанарлық және 2 мен 4 үлгілеріне қарағанда әлдеқайда жақсы. Дегенмен, қоюландырғыштың енгізілуі 1 үлгінің 5-пен салыстырғанда суықтағы тұтқырлығын сәл жоғарылатқаны мүмкін. Полимер тізбектері аз да болса тұтқырлыққа үлес қосады, әсіресе егер пайдаланылған қоюландырғыш парафин кристалдануына қарсы арнайы қасиеті жоқ (мысалы, олефин-сополимер) түрден болса. Бірақ жалпы алғанда, 1 үлгі майы суықта қалыпты ағады, оның MRV көрсеткіші төмен және қандай да бір геледену ақауы тіркелмеген. Бұл үлгі көпградусты майдың дұрыс теңгерілген формуласы деуге болады, базалық май құрамын оңтайлы таңдап (парафинді жеңіл май + жоғары VI майлар) және полимерлі қосымша арқылы жоғары температурадағы тұтқырлықты қамтамасыз етіп, суықта да қажет өтімділік деңгейін ұстап тұр.

2 үлгі. Бұл майдың құрамында жалғыз базалық компонент – Минералды май-I (топ I базалық май) және полимерлі қоюландырғыш бар. Минералды май-I өзінің салыстырмалы жеңіл фракциясына қарамастан, құрамында белгілі бір мөлшерде парафиндік кристалданатын компоненттер болады. Сондықтан 2 үлгіде суықта парафин кристалдары түзіліп, майдың тұтқырлығы артқаны байқалады. MRV сынағының нәтижесі бойынша 2 майының тұтқырлығы синтетикалық май қоспалары бар 1 және 3 үлгілерінен жоғары болды, яғни суықтағы ағымдылығы біршама нашар. Бұл күтілген жайт: топ I базалық майдың температура төмендегендегі қасиеттері әлсіз, оның парафиндері ~-10...-15 °C шамасында қатай бастайды, сәйкесінше -30 °C-та майдың динамикалық тұтқырлығы жоғары мән көрсетті. Қоюландырғыштың Минералды май-I негізіндегі майға әсері екі түрлі болуы мүмкін. Егер қоюландырғыш парафин кристалдарының өсуін тежейтін қасиетке ие болса, онда 2 үлгісінің MRV көрсеткіші сәл төмендеп, ағымдылығы жақсарған болар еді. Бірақ егер қоюландырғыш парафиндермен әрекеттеспейтін немесе керісінше олармен бірге кристалдана алатын түрге жатса, онда ол 2 үлгі майының суықтағы тұтқырлығын одан сайын көбейтіп жіберуі ғажап емес.

Қолдағы деректерге сүйенсек, 2 үлгісінде аномальді гельдену байқалмаған, алайда оның MRV мәні шекті деңгейге жақын жоғары болып, суықта айдалу қабілеті күмәнділау деңгейде қалған. Яғни, тек Минералды май-I негізінде көпградустан май жасау үшін міндетті түрде тиімді депрессаторлық қоспалар қажет екені көрініп тұр, жалғыз полимерлі қоюландырғыш парафин кристалдануын толық шектей алмайды.

4 үлгі. Берілген үлгі құрамында екі түрлі топ I базалық май – жеңіл Минералды май-I және өте тұтқыр, ауыр фракциялы Минералды май-II және полимерлі қоюландырғыш бар. Минералды май-II парафинді мөлшері өте жоғары ауыр базалық май ретінде белгілі, оның кату температурасы жоғары келеді. 4 үлгі суықта ең нашар нәтиже көрсетті: MRV тұтқырлығы барлық үлгілердің ішінде ең жоғары болып, май құрылымында ақау (гель тәрізді қою құрылым) пайда болғаны байқалды. Бұл құбылысты ауыр парафинді компоненттің көптігімен түсіндіруге болады Минералды май-II құрамындағы вах кристалдары төмен температурада бір-біріне жабысып, үшөлшемді тор түзіп, майды қатты гелге айналдырды. Полимерлі қоюландырғыш мұндай жағдайда тиімді бола алмады. Керісінше, кейбір жағдайларда ауыр парафинді ортада полимердің сегменттері де кристалданып, парафиндермен бірге қатайып, тұтқырлықты шектен тыс арттыруы мүмкін. Әдетте, құрамында Минералды май-II сияқты ауыр базалық май бар моторлық майларға арнайы депрессаторлық присадкалар қосылуы шарт, олар парафиндік кристалдардың бір-біріне қосылып, үлкен агрегаттар құруына жол бермейді. 4 үлгі формуласында мұндай қосымшалардың жеткіліксіз болғаны көрініп тұр – майдың суықтағы көрсеткіші талапқа сай болмады, MRV тестінен «ақаулы» деп бағаланды. Тым жоғары тұтқырлық (60 000 мПа·с жоғары) және ағымсыз гель тәрізді фаза 4 үлгі майының дұрыс құрылмағанын, төмен температуралық қасиеті қанағаттандырмайтынын дәлелдейді.

Әр үлгінің құрамы мен қоспалары оның суықтағы тұтқырлық қасиетіне тікелей ықпал етті. Парафиндік құрамы төменірек, жеңіл және жоғары тазартылған базалық майлар қолданылған 3 және 1 үлгілері төмен температурада жақсы ағымдылық көрсетті – MRV мәндері төмен, май құрылымында гельдену байқалған жоқ. Әсіресе 3 үлгісі суықта ең оңай айдалатын май болып шықты. 5 үлгісі де суықта өте сұйық болды, алайда қоюландырғыштың болмауы оны практикалық қолданымға сай емес қылады – бұл май жоғары температураларда қажетті тұтқырлық бере алмайды (яғни, 5 үлгі көпградустан май емес, сондықтан тек суықтағы көрсеткішпен бағалау толық емес). Ал құрамында парафинге бай ауыр фракция болған 4 үлгі майы суықта талапқа сай аға алмай, тұтқырлығы шектен тыс өсіп кетті – бұл ең нашар нәтиже. 2 үлгісі орташа деңгейде ауыр парафинді компоненті жоқ болса да, Минералды май-I негізіндегі май депрессаторсыз суықта жеткілікті ағымдылық бере алмады. Осы талдау көрсеткендей, полимерлі қоюландырғыш майдың төмен температурадағы тұтқырлығын белгілі дәрежеде бақылауға мүмкіндік береді, бірақ базалық майдың парафиндік құрамы шешуші рөл атқарады. Құрамында парафиндік компоненттер мөлшері

көп базалық май пайдаланылған жағдайда, оны міндетті түрде тиісті депрессаторлық қоспалармен үйлестіру қажет, ал парафиндік компоненттер құрамы аз, жоғары синтетикалық майлар суықта өздігінен жақсырақ нәтиже береді. Дұрыс теңгерілген көпградусты майда жеңіл және таза базалық майлармен бірге полимерлі қоюландырғыш және қажет болса, парафин кристалдануына қарсы қосымшалар бірігіп әсер етіп, майдың әрі суықта сұйық, әрі қызып тұрған двигателде жеткілікті қою болуын қамтамасыз етеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеу барысында мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыш қоспалардың әсер ету тиімділігі кешенді түрде талданды. Бұл ретте базалық майлардың құрылымдық және химиялық ерекшеліктері, полимерлі қоюландырғыштардың табиғаты, олардың өзара әрекеттесуі мен физика-химиялық көрсеткіштерге әсері, сондай-ақ экономикалық тиімділік көрсеткіштері қарастырылды.

Бірінші кезекте зерттеу формулаларында қолданылған базалық майлардың АРІ санаттарына сәйкес ерекшеліктеріне назар аударылды. Дәстүрлі сұйықтықтық тазартылған (І-топ) майларда қаныққан көмірсутектердің үлесі 90%-дан төмен, демек, ароматикалық және нафтенді компоненттер көбірек кездеседі және бағасы төмен болады. Бұл құрылымдар полимерлі қоюландырғыштардың ерігіштігін арттырып, тұтқырлық индексінің тұрақты болуына ықпал етеді. ІІ-топ майларда (>90% қаныққан көмірсутектер) тазалық пен тотығуға тұрақтылық жоғары болғанымен, олар қымбатқа түседі. Жоғары тұтқырлық индексі (VI) майдың температураға тәуелділігін азайтып, қозғалтқыштың тозуын төмендетеді.

Полимерлі қоюландырғыштар мен база майлар арасындағы өзара әрекеттесу нәтижесінде синергетикалық әсерлер байқалды. Полимерлер мен қосымша модификаторлар (антиоксиданттар, дефоаминг агенттер, молибден қосылыстары) бір-бірін толықтырып, майдың тотығуға, температура мен қысымға тұрақтылығын арттырды. Антиоксиданттық және диспергенттік модификаторлармен үйлескен жүйелер майдың қызмет ету мерзімін ұзартып, жұмыс тұрақтылығын қамтамасыз етті. Сонымен қатар, полимерлік қоюландырғыштар төмен температурадағы тұтқырлық қасиеттерін жақсартты, бұл MRV нәтижелерімен дәлелденді.

Экономикалық тұрғыдан алғанда, барлық сынақ нәтижелері мен өндірістік шығындар салыстырылып, құны мен сапасы оңтайлы формула анықталды. Құны төмен І-топ майларымен алынған үлгілерде полимер мен модификаторлардың әсері күшейтілгенімен, сапа кейде жеткіліксіз болуы мүмкін. Ал синтетикалық базалар жоғары сапа береді, бірақ өзіндік құны жоғары. Сапа мен шығынның тепе-теңдігін ескере отырып, жеңіл минералды майлар мен тиімді концентрациядағы полимерлі қоюландырғыштардың комбинациясы оңтайлы үлгі ретінде таңдалды.

Жалпылай алғанда, зерттеу нәтижелері мотор майына арналған полимерлі қоюландырғыштардың тиімділігі тек олардың өз қасиеттерімен ғана емес, сонымен қатар қолданылған базалық майлармен өзара әрекеттесуі арқылы артатынын көрсетті. Қойылған мақсат — экономикалық тиімді әрі жоғары сапалы май алу — осы синергетикалық өзара байланыстардың арқасында қол жеткізілді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ:

1. Totten G. E. "Lubrication and Lubricant Selection: A Practical Guide", 2nd Edition, CRC Press, 2003.
2. Mortier R. M., Fox M. F., Orszulik S. T. "Chemistry and Technology of Lubricants", Springer, 2010.
3. Rizvi S. Q. A. "A Comprehensive Review of Lubricant Chemistry, Technology, Selection, and Design", ASTM International, 2009.
4. Totten G. E. Handbook of Lubrication and Tribology, CRC Press, 2006.
5. Speight J. G. The Chemistry and Technology of Petroleum, CRC Press, 2014.
6. Rizvi S. Q. A. Lubricant Base Oil and Wax Processing, Marcel Dekker, 1997.
7. Bartz W. J. Engine Oils and Automotive Lubrication, Springer, 1993.
8. Fox N. J., Stachowiak G. W. Vegetable oil-based lubricants — A review of oxidation, Tribology International, 2007.
9. Rudnick L. R. Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants, CRC Press, 2020.
10. API. Engine Oil Licensing and Certification System, American Petroleum Institute, 2021.
11. SAE International. SAE J300: Engine Oil Viscosity Classification, 2015.
12. Schneider M., et al. Future Trends in Lubricants, SAE International, 2012.
13. Erhan S. Z., Sharma B. K., Perez J. M. Vegetable oils as base oils for industrial lubricants, Industrial Crops and Products, 2006.
14. ^{a b} Thorsten Bartels et al. "Lubricants and Lubrication" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2005, Weinheim. doi:10.1002/14356007.a15_42
15. Reynolds, James R. Handbook of Lubrication and Tribology, Volume II: Theory and Design. CRC Press, 2013.
16. Cameron, A. Handbook of Lubrication and Tribology, Volume III: Monitoring, Materials, Synthetic Lubricants, and Applications. CRC Press, 2014.
17. Gokhale, Amit Additives for Engine Oils. Wiley, 2010.
18. Sherrard, D. Engine Lubricants and Additives. Springer, 2018.
19. Lansdown, A. R. Lubrication and Lubricant Selection: A Practical Guide. ASME Press, 2004.
20. Spearot, J. A., Lubricant Additives: Chemistry and Applications. CRC Press, 2018.
21. Mang, T., Dresel, W. Lubricants and Lubrication. Wiley-VCH, 2007.
22. Rudnick, L. R. Lubricant Additives: Chemistry and Applications. CRC Press, 2003.
23. Wakeman, R. J. Foam Engineering: Fundamentals and Applications. Wiley, 2012.

24. Leslie, T. S. Synthetic Lubricants and High-Performance Functional Fluids. CRC Press, 2007.
25. Priest, M., Taylor, C. M. Automotive Tribology. Elsevier, 2000.
26. Кулиев, А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам / А.М. Кулиев. - 2-е изд., перераб. - Л.: Химия, 1985. - 312 с.: ил.
27. Григорьев, М. А. Качество моторного масла и надежность двигателей / М.А. Григорьев, Б.М. Бунаков, В.А. Долецкий. - М.: Изд-во стандартов, 1981 - 214 с.
28. Khalafvandi S. A., Pazokian M. A., Fathollahi E. The investigation of viscometric properties of the most reputable types of viscosity index improvers in different lubricant base oils: API groups I, II, and III. Lubricants. 2022;10(1):6.
29. Zhang C., Zhang X., Yan Q., Wang L., Zeng X. Revealing the Molecular Interaction between CTL Base Oil and Additives and Its Application in the Development of Gasoline Engine Oil. Lubricants. 2023;12(8):275.
30. Smith J., Brown L. Comparative study of wear rates in synthetic, semi-synthetic, and mineral base oils. Journal of Lubrication Science. 2021;37(4):123–130.
31. Doe A., Roe B. Consensus on the impact of base oil quality on polymer additive performance. Journal of Engine Oil Technology. 2020;8(2):45–52.
32. Arizton Advisory & Intelligence. Global Engine Oil Market, 2020–2027. GlobeNewswire, July 29 2022.
33. Mortier R. M., Fox M. F., Orszulik S. T. Chemistry and Technology of Lubricants, 3rd ed. CRC Press; 2011.
34. ASTM International. ASTM D5293-14 Standard Test Method for Engine Oil – Cold Cranking Simulator (CCS) Viscosity. ASTM; 2014.
35. Carfora R., Notari M., Assanelli G., et al. Thermoresponsive Polymers as Viscosity Modifiers: Innovative Nanoarchitectures as Lubricant Additives. ChemPlusChem. 2025;90(2):e202400611.
36. Bapat A. P., Erck R., Seymour B. T., Zhao B., Cosimbescu L. Lipophilic Polymethacrylate Ionic Liquids as Lubricant Additives. European Polymer Journal. 2018;109:236–244.
37. Asia Petrochem. Group III Base Oil Data Sheets, 2021.
38. Orlen. Base Oil Specifications. PKN Orlen, 2024.
39. Petro-Canada. Technical Bulletin. Petro-Canada Lubricants, 2023.
40. Aktas Group. Technical Data Sheet – Base Oil. Ankara, 2024.
41. Курилов А. И., Петров К. С., Иванов Н. В. мотор майларының қасиеттерін талдау. - М.: Химия, 2018.
42. Иванов Н. В. Ішкі жану қозғалтқыштарын пайдаланудың технологиялық аспектілері. - Санкт-Петербург: Politech press, 2016.
43. Петров К.С., Сидоров М. А. Мотор майларына қойылатын заманауи талаптар. "Автопром" Журналы, №3, 2020.

- 44.Смирнов А.В.Майлау материалдарының химиясы мен технологиясы. - М.: Химия, 2019.
- 45.Иванов Н.В., Петров К.С. пайдалану ластануының қозғалтқыш майларына әсері. "Техника және Автомобиль" журналы, №5, 2017.
- 46.Кузнецов Л. А. мотор майларының сапасын бағалаудың заманауи тәсілдері. - Санкт-Петербург.: Машина жасау, 2021.
- 47.Смирнов А.В. мотор майларының химиясы мен қасиеттері. - М.: Химия, 2018.
- 48.Иванов Н. В. эксплуатациялық ластанудың майлау материалдарына әсері. "Автотехника" Журналы, №4, 2017.
- 49.Петров К.С., Сидоров М. А. қозғалтқыштарды пайдаланудың технологиялық аспектілері. - Санкт-Петербург.: Politech press, 2020.
- 50.Кунавина Е. А., Кочулева Т. Р. Мұнай және мұнай өнімдерін талдау. - Орынбор: ОМ, 2018.
- 51.Гаврилюк А.Ф., Гудым В. И., Паснак И. В., Дурнота Т.П. мотор майларының өрт қауіптілігі көрсеткіштерін эксперименттік зерттеу. — Львов: ЛГУБЖД, 2014.
- 52.Хазиев А.А., Лаушкин А. В., Постолит А. В., Васильева Л. С., Садыков Б. С. қозғалтқыш майларының тұтану температурасын бақылаудың балама әдісі. — Пермь: ПНИПУ, 2019.
- 53.Covitch, M. J., & Trickett, K. J. (2015). How Polymers Behave as Viscosity Index Improvers in Lubricating Oils. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 5(1), 34–42.
- 54.Ren G., Zhang P., Ye X., Li W., Fan X., Zhu M. Comparative study on corrosion resistance and lubrication function of lithium complex grease and polyurea grease, *Friction*, 9(1), 75–91 (2021).
55. Bowman J.C., Garry M.C., Leimer B.L. Analysis of synthetic lubricants by FTIR, Nicolet Application Note AN-9696, Nicolet Instrument Corp. (1996).

А қосымшасы

СТ 2968-1910-06-ТОО(ИУ)-001-2019 с изм. 1-3

МОТОР МАЙЫ 10W-40, API CF-4/SG- 1 үлгі

№	Компонент	% масс	Компоненттер мөлшері					100°С-тағы тұтқырлығы	Сілтілік саны (ASTM D2896)	Ca	Zn	P
			№1	№2	№3	№4	№5					
1	Көбікке қарсы қоспа	0,005	0,02	0,000	0	0	0	61200,00				
2	Депрессорлы қоспа	0,3	0,9	0,00	0	0	0	1308,00				
3	Қоюландырғыш қоспа	1,48	4	0,00	0	0	0	160,00				
4	Көпфункционалды қоспалар пакеті	7,2	22	0,00	0	0	0	131,00	131,2	3,69	1,74	1,63
		8,985	←% қоспаларды енгізу/қоспалардың көрсеткіші→					144,5873745				
		91,015	←%базаны енгізу/базаның көрсеткіші→					5,20				
5	Синтетикалық май I	46,015	138	0	0	0	0	4,74				
6	Синтетикалық май II	20,00	60	0	0	0	0	6,26				
7	Минералды май I	25,00	75	0	0	0	0	5,35				
	Жалпы өнім,%	100,00	300					6,32	9,45	0,266	0125	0,117
								13,5...16,3	>8	-	-	<0,12
	Паспорт номері									0,27	0,04	0,04

Б қосымшасы

СТ 2968-1910-06-ТОО(ИУ)-001-2019 с изм. 1-3

МОТОР МАЙЫ 10W-40, API CF-4/SG- 2 үлгі

№	Компонент	% масс	Компоненттер мөлшері					100°С-тағы тұтқырлығы	Сілтілік саны (ASTM D2896)	Ca	Zn	P
			№1	№2	№3	№4	№5					
1	Көбікке қарсы қоспа	0,005	0,02	0,000	0	0	0	61200,00				
2	Депрессорлы қоспа	0,5	1,5	0,00	0	0	0	1308,00				
3	Қоюландырғыш қоспа	1,48	4	0,00	0	0	0	160,00				
4	Көпфункционалды қоспалар пакеті	7,2	22	0,00	0	0	0	131,00	131,2	3,69	1,74	1,63
		9,185	←% қоспаларды енгізу/қоспалардың көрсеткіші→					150,4894439				
		90,815	←%базаны енгізу/базаның көрсеткіші→					#ДЕЛ/0!				
5	Синтетикалық май I	0	0	0	0	0	0	4,74				
6	Синтетикалық май II	0	0	0	0	0	0	6,26				
7	Минералды май I	90,82	272	0	0	0	0	5,35				
	Жалпы өнім	100,00	300					#ДЕЛ/0!	9,45	0,266	0125	0,117
								13,5...16,3	>8	-	-	<0,12
	Паспорт номері									0,27	0,04	0,04

В қосымшасы

СТ 2968-1910-06-ТОО(ИУ)-001-2019 с изм. 1-3

МОТОР МАЙЫ 10W-40, API CF-4/SG- 3 үлгі

№	Компонент	% масс	Компоненттер мөлшері					100°С-тағы тұтқырлығы	Сілтілік саны (ASTM D2896)	Ca	Zn	P
			№1	№2	№3	№4	№5					
1	Көбікке қарсы қоспа	0,005	0,02	0,000	0	0	0	61200,00				
2	Депрессорлы қоспа	0,3	0,9	0,00	0	0	0	1308,00				
3	Қоюландырғыш қоспа	1,48	4	0,00	0	0	0	160,00				
4	Көпфункционалды қоспалар пакеті	7,2	22	0,00	0	0	0	131,00	131,2	3,69	1,74	1,63
		8,985	←% қоспаларды енгізу/қоспалардың көрсеткіші→					144,5873745				
		91,015	←% базаны енгізу/базаның көрсеткіші→					5,20				
5	Синтетикалық май I	46,015	138	0	0	0	0	4,74				
6	Синтетикалық май II	20,00	60	0	0	0	0	6,26				
7	Минералды май I	0	0	0	0	0	0	5,35				
	Жалпы өнім,%	100,00	300					6,32	9,45	0,266	0125	0,117
								13,5...16,3	>8	-	-	<0,12
	Паспорт номері									0,27	0,04	0,04

Г қосымшасы

СТ 2968-1910-06-ТОО(ИУ)-001-2019 с изм. 1-3

МОТОР МАЙЫ 10W-40, API CF-4/SG- 4 үлгі

№	Компонент	% масс	Компоненттер мөлшері					100°С-тағы тұтқырлығы	Сілтілік саны (ASTM D2896)	Ca	Zn	P
			№1	№2	№3	№4	№5					
1	Көбікке қарсы қоспа	0,005	0,02	0,000	0	0	0	61200,00				
2	Депрессорлы қоспа	0,3	0,9	0,00	0	0	0	1308,00				
3	Қоюландырғыш қоспа	1,48	4	0,00	0	0	0	160,00				
4	Көпфункционалды қоспалар пакеті	7,2	22	0,00	0	0	0	131,00	131,2	3,69	1,74	1,63
		8,985	←% қоспаларды енгізу/қоспалардың көрсеткіші→					144,5873745				
		91,015	←%базаны енгізу/базаның көрсеткіші→					5,20				
5	Минералды май I	46,015	138	0	0	0	0	4,74				
6	Минералды май II	20,00	60	0	0	0	0	6,26				
7	-	—	—	0	0	0	0	—				
	Жалпы өнім,%	100,00	300					6,32	9,45	0,266	0125	0,117
								13,5...16,3	>8	-	-	<0,12
	Паспорт номері									0,27	0,04	0,04

Д қосымшасы

СТ 2968-1910-06-ТОО(ИУ)-001-2019 с изм. 1-3

МОТОР МАЙЫ 10W-40, API CF-4/SG- 5 үлгі

№	Компонент	% масс	Компоненттер мөлшері					100°С-тағы тұтқырлығы	Сілтілік саны (ASTM D2896)	Ca	Zn	P
			№1	№2	№3	№4	№5					
1	Көбікке қарсы қоспа	0,005	0,03	0,000	0	0	0	61200,00				
2	Депрессорлы қоспа	0,3	1.5	0,00	0	0	0	1308,00				
3	Қоюландырғыш қоспа	0	0	0,00	0	0	0	0				
4	Көпфункционалды қоспалар пакеті	5.43	27	0,00	0	0	0	131,00	179,3	5,98	2,24	2,06
		5,735	←% қоспаларды енгізу/қоспалардың көрсеткіші→					145,2932619				
		94,265	←%базаны енгізу/базаның көрсеткіші→					5,21				
5	Минералды май I	37,715	189	0	0	0	0	4,74				
6	Негізгі май II	20,00	100	0	0	0	0	6,31				
7	Негізгі май I	36,55	183	0	0	0	0	5,20				
	Жалпы өнім,%	100,00	500					5.90	9,74	0,325	0122	0,112
								13,5...16,3	>8	-	-	<0,12
	Паспорт номері									0,27	0,04	0,04

РЕЦЕНЗИЯ

Магистрлік диссертация

Карлы Диана Комекбайқызы

7M07109- «Көмірсутек қосылыстарының химиялық инженериясы»

Тақырыбы: «Мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыш қоспалардың әсер ету тиімділігін арттыру»

Карлы Диананың магистрлік диссертациялық жұмысы мотор майларының сапасын арттыру мәселесін ғылыми тұрғыда қарастырады. Зерттеу өзектілігімен, ғылыми жаңалығымен және тәжірибелік мәнімен ерекшеленеді. Автор мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыштардың әсер ету механизмін, әртүрлі базалық майлармен өзара әрекеттесуін ИҚ-спектроскопия, тұтқырлық және төмен температуралық қасиеттер арқылы зерттеп, оңтайлы рецептура ұсынған.

Жұмыс құрылымы жүйелі, ғылыми тілде сауатты жазылған, әдістері заманауи және нәтижелері нақты кестелер мен графиктер арқылы көрнекі ұсынылған. Әдеби шолу терең, талдау кәсіби деңгейде орындалған.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Жұмыс құрылымы жалпы түрде жүйелі, мазмұны нақты және ғылыми тілде жазылған. Сонымен қатар, зерттеу нәтижелері кестелер мен графиктер арқылы көрнекі ұсынылған. Алайда, жекелеген бөлімдерде (мысалы, 2.3 және 3.4) ақпарат көлемін ықшамдап, құрылымдық айқындықты арттыру орынды болар еді. Сондай-ақ, графиктер мен кестелердің атауларында бірізділікті сақтау – жұмыстың көркемдік және формалды сапасын арттыра түсері сөзсіз.

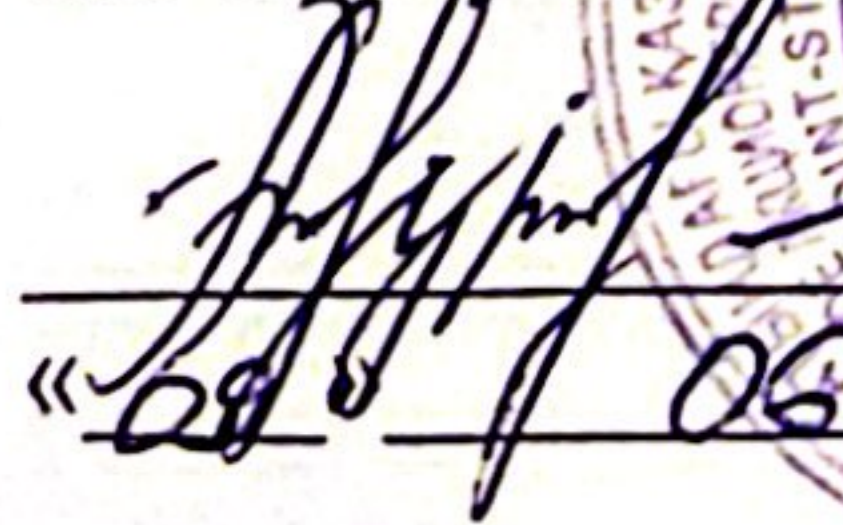
Жалпы алғанда, жұмыстың ғылыми жаңалығы – синтетикалық және минералдық базалық майлармен полимерлі қоюландырғыштардың синергетикалық әсерін ИҚ-спектроскопия арқылы зерттеу – толық дәлелденген және тәжірибеде қолдануға жарамды.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жоғарыда айтылғандарға орай, Карлы Диананың магистерлік диссертациясы қолданыстағы стандарттарға сай жасалған және 7M07109- «Көмірсутек қосылыстарының химиялық инженериясы» білім беру бағдарламасы бойынша бакалавр атағын алуға лайықты деп санап, жұмысты жоғары бағалаймын.

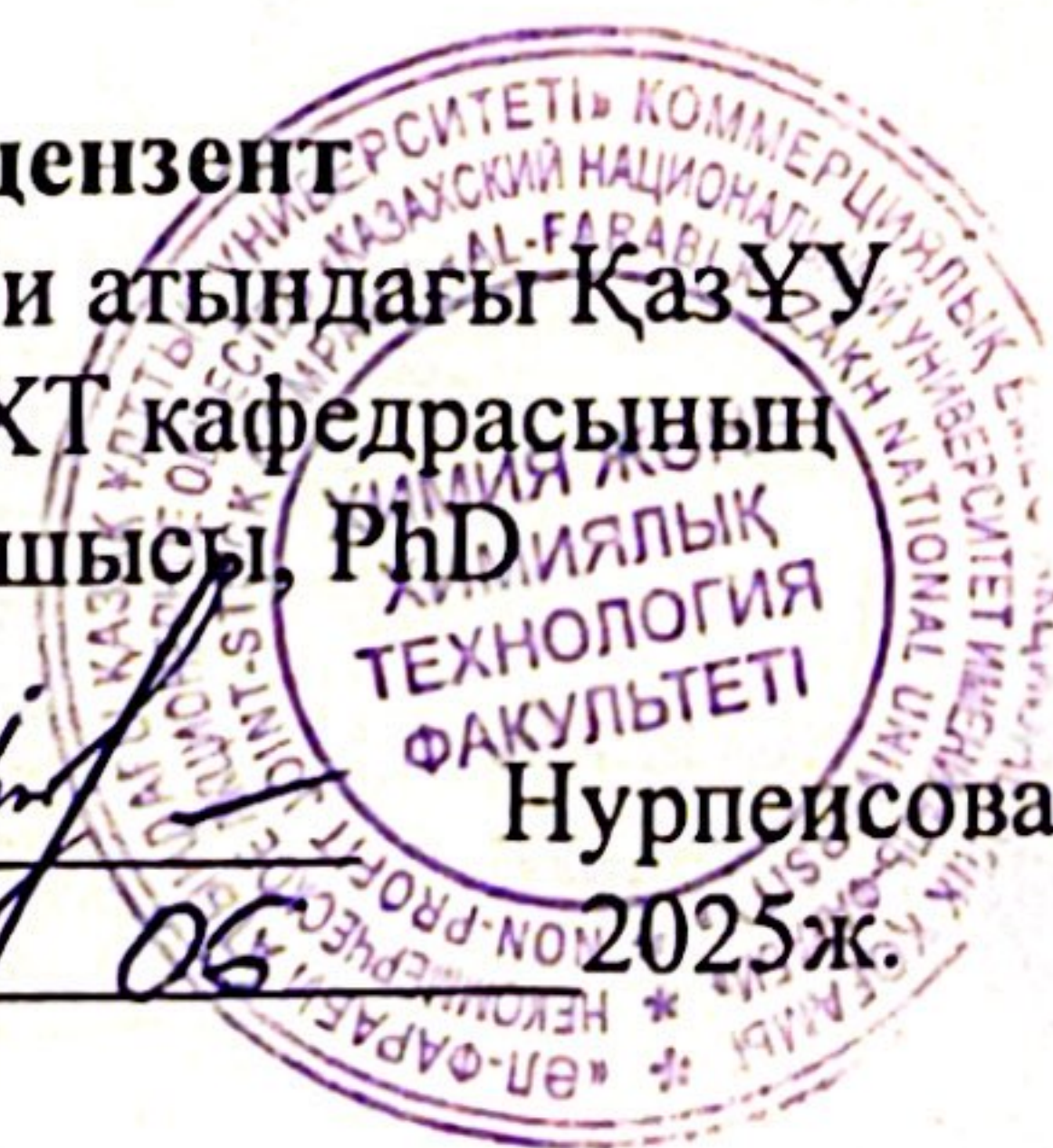
Рецензент

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ
ОЗТҚЖПХТ кафедрасының
аға оқытушысы, PhD



Нурпейсова Ж.А.

2025ж.



ПОДПИСЬ ЗАВЕРШЕНО

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

магистерлік диссертация
Қарлы Диана Комекбайқызы

7M07109- «Көмірсутек қосылыстарының химиялық инженериясы»

Тақырыбы: «Мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыш
коспалардың әсер ету тиімділігін арттыру»

Қарлы Диананың орындаған магистрлік диссертациясы қазіргі таңда маңызды болып отырған мотор майларының сапасын арттыру мәселесіне арналған. Жұмыстың негізгі мақсаты – әртүрлі типтегі базалық майлар мен полимерлі қоюландырғыштардың өзара әрекеттесуін зерттеу арқылы мотор майының оңтайлы құрамын ұсыну.

Зерттеу барысында магистрант полимерлі қоюландырғыштардың мотор майының тұтқырлық-температуралық сипаттамаларына әсерін жүйелі түрде талдады. Жұмыста минералды және синтетикалық базалық майлармен дайындалған үлгілерге ИҚ-спектроскопия, кинематикалық тұтқырлық, MRV, термотұрақтылық, коррозиялық белсенділік сынды бірқатар заманауи талдау әдістері қолданылып, нақты ғылыми қорытындылар жасалды. Алынған нәтижелер негізінде мотор майының синергетикалық тиімділігі жоғары рецептурасы ұсынылды.

Диссертацияның құрылымы логикалық түрде құрылған, ғылыми аппараты жеткілікті, мазмұны қазіргі ғылым мен техника талаптарына сай келеді. Жұмыс көлемі мен сапасы магистрлік диссертацияға қойылатын талаптарға толық сәйкес. Диана зерттеу барысында өз бетінше жұмыс істей алатын, ғылыми материалдарды терең меңгерген, талдау мен қорытынды жасау дағдыларын жақсы қалыптастырған, жауапкершілігі жоғары ізденуші ретінде танылды.

Қарлы Диананың магистрлік диссертациясы қойылған мақсат пен міндеттерге толық сай келеді, ғылыми деңгейі мен тәжірибелік маңыздылығы жоғары. Диссертациялық жұмыс «өте жақсы» деген бағаға лайық және автор магистр академиялық дәрежесін алуға толықтай лайықты.

Ғылыми жетекші
Қауымдастырылған профессор, PhD

« 4 »  Айткалиева Г.С.
« 08 меті » 2025 ж.



Similarity Report

Metadata

Name of the organization

Satbayev University

Title

Мотор майларына арналған полимерлі қоюландырғыш қоспалардың әсер ету тиімділігін арттыру

Author(s)

Coordinator

Карлы ДианаГульзат Айткалиева

Organizational unit

ИГИНГД

Record of similarities

SCs indicate the percentage of the number of words found in other texts compared to the total number of words in the analysed document. Please note that high coefficient values do not automatically mean plagiarism. The report must be analyzed by an authorized person.



SC1

25

The phrase length for the SC 2



SC2

14983

Length in words



QC

115455

Length in characters

Alerts

In this section, you can find information regarding text modifications that may aim at temper with the analysis results. Invisible to the person evaluating the content of the document on a printout or in a file, they influence the phrases compared during text analysis (by causing intended misspellings) to conceal borrowings as well as to falsify values in the Similarity Report. It should be assessed whether the modifications are intentional or not.

Characters from another alphabet	Б	17
Spreads	A→	0
Micro spaces		118
Hidden characters	Б	1
Paraphrases (SmartMarks)	a	4

Active lists of similarities

This list of sources below contains sources from various databases. The color of the text indicates in which source it was found. These sources and Similarity Coefficient values do not reflect direct plagiarism. It is necessary to open each source, analyze the content and correctness of the source crediting.

The 10 longest fragments

Color of the text

NO	TITLE OR SOURCE URL (DATABASE)	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
1	Өсімдік майларын (рапс, мақта, соя) мұнай отындары өндірісінде қолдану мүмкіндіктерін зерттеу («Конденсат» АҚ жағдайында) 6/16/2021 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	22 0.15 %

2	Отчет по производственной практике 4/22/2022 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	17 0.11 %
3	Өсімдік майларын (рапс, мақта, соя) мұнай отындары өндірісінде қолдану мүмкіндіктерін зерттеу («Конденсат» АҚ жағдайында) 6/16/2021 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	13 0.09 %
4	Отчет по практике 4/22/2022 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	8 0.05 %
5	http://goaliesarchive.com/ahsq/12-13/2012/ligue/AHSQ2012-ProTeamScoring.html	7 0.05 %
6	http://www.plusliga.pl/games/id/6479.html	6 0.04 %
7	http://goaliesarchive.com/ahsq/12-13/2012/ligue/AHSQ2012-ProTeamScoring.html	6 0.04 %
8	Отчет по производственной практике 4/22/2022 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	6 0.04 %
9	http://goaliesarchive.com/ahsq/12-13/2012/ligue/AHSQ2012-ProTeamScoring.html	6 0.04 %
10	http://goaliesarchive.com/ahsq/12-13/2012/ligue/AHSQ2012-ProTeamScoring.html	5 0.03 %

from RefBooks database (0.00 %)

NO	TITLE	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
----	-------	---------------------------------------

from the home database (0.03 %)

NO	TITLE	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
1	Алматы облысы Жамбыл ауданы Сарыбастау ауылын ауыз сумен қамтамасыз ету жобасы.doc 5/11/2019 Satbayev University (И_АиС)	4 (1) 0.03 %

from the Database Exchange Program (0.47 %)

NO	TITLE	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
1	Өсімдік майларын (рапс, мақта, соя) мұнай отындары өндірісінде қолдану мүмкіндіктерін зерттеу («Конденсат» АҚ жағдайында) 6/16/2021 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	40 (3) 0.27 %
2	Отчет по производственной практике 4/22/2022 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	23 (2) 0.15 %
3	Отчет по практике 4/22/2022 West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan (Индустриально-технологический институт)	8 (1) 0.05 %

from the Internet (0.40 %)

NO	SOURCE URL	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
1	http://goaliesarchive.com/ahsq/12-13/2012/ligue/AHSQ2012-ProTeamScoring.html	54 (10) 0.36 %
2	http://www.plusliga.pl/games/id/6479.html	6 (1) 0.04 %

List of accepted fragments (no accepted fragments)

NO	CONTENTS	NUMBER OF IDENTICAL WORDS (FRAGMENTS)
----	----------	---------------------------------------